



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA ENTRE ALTERNATIVAS DE
PAVIMENTO FLEXIBLES DE: CARPETA ASFÁLTICA Y ADOQUIN PARA EL
TRAMO DE CARRETERA EMPALME PORTILLO EL CUA”.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. María Virginia Cruz Sánchez
Br. Tirone José Barrios Pérez
Br. Ernesto José Salinas López

Tutor

Msc. Ing. Israel Morales

Managua, Octubre 2018



Managua, Jueves 11 de Octubre 2018.

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba

Decano de la F.T.C.

Su Despacho.

Estimado Dr. Gutiérrez:

Por este medio me complace poner en su conocimiento la culminación de la Monografía " **Evaluación Técnica-Económica entre alternativas de Pavimento Flexible: De Carpeta Asfáltica y Adoquín para el tramo de carretera Empalme El Portillo-El Cuá** ", realizada por los Brs. María Virginia Cruz Sánchez, Tirone José Barrios Pérez y Ernesto José Salinas López.

A la presente Monografía le he realizado las recomendaciones debidas y finales, doy mi aprobación para su presentación y defensa, confiando en que los sustentantes serán capaces de defender con seguridad el trabajo realizado.

Le reitero mi estimación y para constancia firmo la presente.

Atentamente,

Ing. Israel Morales

Tutor

UNI – RUPAP

CC: Archivo.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.1074
Managua, octubre 20 del 2014.

Bachilleres
MARIA VIRGINIA CRUZ SANCHEZ
TIRONE JOSE BARRIOS PEREZ
ERNESTO JOSE SALINAS LOPEZ
Presente

Estimados Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema Monográfico titulado “EVALUACION TECNICA-ECONOMICA ENTRE ALTERNATIVAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE: DE CARPETA ASFALTICA Y ADOQUIN PARA EL TRAMO DE CARRETERA, EMPALME EL PORTILLO- EL CUA.”, ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, de que el MSc. Ing. ISRAEL MORALES, sea el tutor de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el 30 abril del 2015.

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,



Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano

CC: Protocolo
Tutor
Archivo*Consecutivo
DIOGS*mary



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC.FTC.REF No. 920
Managua, septiembre 03 del 2015.

Bachilleres
MARIA VIRGINIA CRUZ S.
TIRONE JOSE BARRIOS PEREZ
ERNESTO JOSE SALINAS LOPEZ
Presente

Estimados Bachilleres:

En atención a su carta de solicitud de PRORROGA, para finalizar su trabajo de Monografía titulada: “EVALUACION TECNICA - ECONOMICA ENTRE ALTERNATIVAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE: DE CARPETA ASFALTICA Y ADOQUIN PARA EL TRAMO DE CARRETERA EMPALME EL PORTILLO - EL CUA.” Esta Decanatura aprueba la misma considerando los problemas planteados en su comunicación.

Deberán presentar concluida su Tesis debidamente revisada por el tutor guía el 05 de octubre del 2015.

Esperando de ustedes puntualidad en la entrega de su trabajo final, me despido.

Atentamente,


DR. ING. OSCAR GUTIERREZ SOMARRIBA
Decano

CC: Tutor
Archivo-Consecutivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

Managua, enero 29 de 2018

Ingeniero
JHORQUIN URIEL GAITAN
Coordinador Formas de culminación de Estudios
Su despacho

Estimado Ingeniero:

Sirva la presente para autorizarles a los Bres. MARIA VIRGINIA CRUZ SANCHEZ, ERNESTO JOSE SALINAS LOPEZ Y TIRONE JOSE BARRIOS PEREZ, continúen con su proceso de culminación de estudios con el tema monográfico titulado: "EVALUACION TECNICA-ECONOMICA ENTRE ALTERNATIVAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE CARPETA ASFALTICA Y ADOQUIN, PARA EL TRAMO DE CARRETERA EMPALME EL PORTILLO-EL CUA", ellos tendrán a partir de esta fecha dos meses para realizar Pre-defensa y Defensa.

Sin más a que referirme, me despido.

Atentamente,


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultada de Tecnología de la Construcción
DR. ING. OSCAR GUTIERREZ SOMARRIBA
Decano

CC: Interesados
Archivo.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios Todo Poderoso por habernos guiado por el camino de la felicidad hasta ahora, quién nos cubrió de fuerza y sabiduría para culminar una de nuestras más preciadas metas.

En segundo lugar a cada uno de los que son parte de nuestras familias, a nuestros PADRES por todo el amor, apoyo y consejos que nos han brindado en el trayecto de nuestras vidas.

A nuestro tutor Msc.Ing. Israel Morales por su excelente guía y encaminar en todos los aspectos de este proyecto y a lo largo de nuestra vida universitaria, que con su dedicación, dirección y orientación fue uno de los elementos claves por lo que hoy estamos aquí.

Al Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI)

Al Departamento de Transporte del Ministerio de Transporte e Infraestructura, por facilitarnos la información que sirvió de base para la realización del presente estudio.

Finalmente queremos agradecer a esta prestigiosa universidad quién abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien, de igual forma gracias a todas las personas que de una u otra forma estuvieron involucradas en este proyecto.

DEDICATORIA

Primero que todo quiero dedicar el presente trabajo a nuestro Dios y Salvador, nuestro Señor Jesucristo, por haberme encaminado e iluminado hasta esta etapa, por brindarme la fuerza necesaria para sobrellevar los problemas y no dejarme vencer, por la sabiduría y discernación que me regaló para hacer lo correcto, por la salud que siempre me ha dado y su protección.

A mi Madre: Lic. Virginia Sánchez Avellán, por todo el amor, entrega, sacrificio, aliento, luz guiadora y apoyo incondicional que me ha brindado durante el transcurso de mi vida y este duro proceso.

Muy especialmente a Mi Hermano (Q.E.D) Leonardo Callejas Sánchez, quien fue mi modelo de inspiración y lucha, representando mi espada guerrera que me trajo hasta este momento, por brindarme todo su amor, confianza, espíritu de lucha y superación, sin sus consejos, comprensión y alientos jamás habría podido llegar hasta donde me encuentro, gracias por ser como siempre lo hiciste.

A mi abuelita María Sabas Montiel Avellán y a mi abuelito Teófilo Sánchez Moya, por ser los iniciadores de mi formación personal y académica; por inculcarme sus valores y protegerme y aconsejarme siempre que lo necesite.

A mis familiares (en especial a mi prima Kate Virgilia Rojas Durán, quien permaneció a mi lado en las etapas más complejas y siempre tenía una voz de aliento que dar en medio de tantas vicisitudes) y amigos, por brindarme todo su apoyo y mano amiga cuando más la necesitaba, jamás lo olvidaré, gracias por ser parte de este mérito.

A mi Tía Prof. Gloria Argentina Sánchez, por brindarme su ayuda cuando más la requería, por sus enseñanzas, consejos y ejemplos vivenciales. Siempre lo recordaré.

A mi Padre José Ramón Cruz, por ser el ejemplo a seguir de lucha y surgimiento, por su mano de protección y sus consejos.

A mi tutor, M.S.C. Ing. Israel Morales, por brindarme siempre su valiosa ayuda y sus sabias enseñanzas que me ayudarán en cada momento de mi vida.

María Virginia Cruz Sánchez.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a JEHOVÁ DIOS todopoderoso, a nuestro Señor Jesucristo, y al Espíritu Santo de Dios, por haberme permitido llegar a éste momento, por darme la fuerza necesaria para sobrellevar los problemas y no dejarme vencer, por la sabiduría que me regalaron para hacer lo correcto, por la salud que siempre me han brindado y por toda la protección en todo el camino de mi vida.

A mi abuelito, Juan Francisco López (QDEP); por todo su apoyo, ánimo y consejo, te llevare siempre en mi corazón y después de Dios, éste trabajo es dedicado a tu memoria. Hasta pronto mi querido TOBUELO.

A mis Padres: Sr. Roberto Antonio Barrios Paiz y a mi Madre Sra. María Auxiliadora Pérez, por todo el amor, la entrega, sacrificio y apoyo incondicional que me han brindado durante el transcurso de mi vida. Al Sr. Eduardo José Pérez Munguía por actuar como un segundo padre y brindarme todo su apoyo, sin su ayuda jamás habría podido llegar hasta donde me encuentro, gracias por todo.

A mi esposa Lic. Dionicia del Socorro Marchena Castillo, por ser desde el día que te conocí tan incondicional, por todas esas palabras de ánimo que tuviste para mi persona, por tener tu hombro siempre a la par del mío, por no dejarme caer y por ser en estos tres años de linda relación, mi compañera y mi amiga, que Dios te bendiga amor.

A mi tutor, M.S.C. Ing. Israel Morales, por brindarme siempre su valiosa ayuda y sus sabias enseñanzas que me ayudarán en cada momento de mi vida. A mis hermanos Roberto de Jesús Barrios Pérez y Saúl Azael Pérez Pérez, porque en su momento me llenaron de ánimo para seguir adelante.

Br. Tirone José Barrios Pérez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo monográfico a Dios nuestro padre celestial que a través de su Santo Espíritu me ha obsequiado sabiduría, inteligencia y entendimiento para realizar exitosamente la culminación de este gran propósito.

A mi familia por servir de medio como un terreno fértil donde como buena semilla germine, crecí y otorgue un fruto a su debido tiempo.

A mis Maestros y mis amigos con los cuales viví ideales compartidos y también a aquellos que en algún instante mostraron su luz sin saberlo.

A mis Padres, por su gran amor, entrega, sacrificio y apoyo incondicional que me brindaron durante el transcurso de mi vida.

A mi tutor, M.S.C. Ing. Israel Morales, por brindarme siempre su valiosa ayuda y sus sabias enseñanzas que me ayudarán en cada momento de mi vida.

A mis hermanos, porque en su momento me llenaron de ánimo para seguir adelante.

Br. Ernesto José Salinas López

RESUMEN DEL TEMA

El presente estudio fue realizado al tramo de carretera Empalme El Portillo-El Cuá, localizado en el departamento de Jinotega, el cual tiene una longitud de 11.59 kilómetros. El tramo de carretera inicia en la intersección con el camino Santa Rosa-La Mora, en el kilómetro 195 de la carretera NN-66, estableciéndose como inicio del Proyecto (Est. 0+000).

El principal objetivo de este estudio fue determinar los espesores de las capas de pavimento flexible a través del método de la ASSHTO 1993, cabe mencionar que se estableció que la capa de rodamiento del pavimento fuese de bloques de concreto (Adoquín), la decisión de usar adoquín como superficie de rodamiento se debió a las características que posee el camino en mención y por el bajo costo que este presenta.

Es importante recalcar que para lograr este objetivo se requirió del análisis del estudio de tránsito, a través del uso de la información histórica de los conteos vehiculares realizados por el Sistema de Administración de Pavimentos (SAP), de la División General de Planificación-DGP, del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), por lo que, se utilizaron los datos históricos del tránsito promedio diario anual (TPDA), correspondiente a la estación de conteo N°. 300, del tramo Sébaco-Quebrada Honda, esta información fue utilizada para determinar el tránsito de diseño de la carretera, elemento fundamental para determinar los Ejes Equivalentes de carga. Así mismo se hizo uso del análisis del estudio de suelos.

En general a lo largo de la vía la sub-rasante del camino está conformada en su estructura estratigráfica, por suelos estables cuyos componentes presentan principalmente suelos gravo areno-limoso de media-alta plasticidad con clasificación HRB de A-1-b (0), como también existen suelos tipo A-1-a (0), A-2-4 (0), A-2-6 (0), A-2-5 (0), A-2-7 (0) y A-7-5 (1). La mayoría con coloración café. Con

respecto a las fuentes de materiales, se encontraron 03 bancos de préstamos cercanos al proyecto.

Para conformar la base del pavimento se utilizará material del banco N° 3, mejorándolo al estabilizarlo con cemento. En algunos tramos del camino el material de la sub-rasante existente no son de buena calidad según los ensayos obtenidos a los sondeos de línea. Es importante subrayar que los estudios de tránsito y de suelos fueron fundamentales para la determinación de los espesores de la estructura de pavimento, estos espesores fueron determinados mediante el uso del Software de análisis de pavimento en su última versión del programa PASS en ambiente Windows (WINPASS).

Con respecto a otro aspecto, se realizó la evaluación y diseño del drenaje existente en el camino en estudio, compuesto por 35 alcantarillas de distintos diámetros, cabe señalar que en el estudio hidrológico, la delimitación de las áreas de las cuencas se hizo a través de los planos geodésicos proporcionados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), para posteriormente llevarlos al programa Autocad 2013 y así determinar el área de las cuencas requeridas y la longitud de las mismas.

Finalmente se realizó la identificación de los posibles impactos ambientales durante las fases de: Construcción y mantenimiento de la obra, partiendo de criterios técnicos y sensibilidad humana. Para eliminar, neutralizar, reducir o compensar los impactos ambientales principales del presente proyecto se recomendaron una serie de medidas de mitigación que ayudaran a proteger al medio ambiente de la acción humana.

ÍNDICE

CAPITULO I.....	1
1. GENERALIDADES.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 OBJETIVOS	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
CAPÍTULO II.....	7
2. CONCEPTOS GENERALES DEL ESTUDIO DE TRÁNSITO	7
2.1 ESTUDIO DE TRÁNSITO.....	7
2.1.1 MÉTODOS DE MUESTREO	8
2.1.2 MODALIDADES UTILIZADAS PARA AFOROS DE TRÁNSITO.....	9
2.1.3 ESTACIONES DE CONTEO VEHICULARES EN NICARAGUA.....	10
2.1.3.1 ANTECEDENTES.....	10
2.1.3.2 SITUACIÓN ACTUAL.....	10
2.1.4 TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (TPD).....	11
2.1.5 TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA).....	11
2.1.5.1 FACTORES DE AJUSTE.....	12
2.1.6 CLASIFICACIÓN VEHICULAR.....	14
2.2 ESTIMACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO DEL TRÁNSITO.....	15
2.3 PERÍODO DE DISEÑO	17
2.4 DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO TOTAL	18
2.5 PROYECCIONES DEL TRÁNSITO	18
2.6 TRÁNSITO DE DISEÑO	19
2.7 INFORMACIÓN RECOPIADA PARA REALIZAR EL ESTUDIO DE TRÁNSITO AL TRAMO DE CARRETERA EMPALME EL PORTILLO-EL CUÁ.....	22
2.7.1 CONTEO VEHICULAR.....	22

2.7.2 REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE DEL TRAMO EMPALME EL PORTILLO-EL CUÁ.....	22
2.7.3 CÁLCULO DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA).....	26
2.7.3.1 TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (TPD).....	26
2.7.3.2 TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL (TPDS).....	26
2.7.3.3 TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA).....	26
2.7.4 DETERMINACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO PARA EL TRAMO EN ESTUDIO.....	27
CAPÍTULO III	33
3. CONCEPTOS GENERALES DE ESTUDIO DE SUELO	33
3.1 ESTUDIO DE SUELO.....	33
3.1.1 ESTUDIO DE SUELOS.....	33
3.1.1.1 MÉTODOS DE MUESTREO.....	34
3.1.1.2 BANCOS DE MATERIALES.....	34
3.1.2 PERFIL DEL SUBSUELO.....	35
3.1.3 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE UN SUELO.....	35
3.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS	36
3.2.1 CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR AASHTO.....	36
3.3 ENSAYES DE LABORATORIO FUNDAMENTALES PARA PROYECTOS DE CARRETERAS.....	37
3.4 ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS, CALLES Y PUENTES: NIC-2000.....	38
3.4.1 CAPA SUB-RASANTE.....	38
3.4.1.1 AGREGADOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE.....	38
3.4.2 ESPECIFICACIONES PARA LA BASE Y SUB-BASE.....	39
3.4.2.1 ESPECIFICACIONES PARA LA CAPA BASE DEL PAVIMENTO.....	39
3.4.2.2 ESPECIFICACIONES PARA LA CAPA SUB-BASE DEL PAVIMENTO.....	39
3.4.3 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.....	39
3.5 INFORMACIÓN RECOPIADA ESTUDIO DE SUELOS EMPALME EL PORTILLO-EL CUÁ	41
3.5.1 TRABAJOS DE CAMPO.....	41
3.5.1.1 SONDEOS EN LÍNEA.....	44
3.5.1.2 SONDEOS EN BANCOS DE MATERIALES.....	44

3.5.2 TRABAJOS DE LABORATORIO.....	45
3.5.2.1 RESULTADO DE LOS ENSAYOS SOBRE LA LÍNEA.....	46
3.5.2.2 RESULTADO DE LOS ENSAYES DE LOS BANCOS.....	47
3.5.3 ESTABILIZACIÓN DE MATERIALES DE BANCO CON CEMENTO.....	51
3.5.4 RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL USO EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.....	52
CAPITULO IV	55
4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	55
4.1 GENERALIDADES DEL PAVIMENTO.....	55
4.1.1 PAVIMENTO.....	55
4.1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE UN PAVIMENTO.....	55
4.1.1.2 ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO.....	55
4.1.1.3 SUB-BASE.....	56
4.1.1.4 BASE.....	57
4.1.1.5 CARPETA DE RODAMIENTO.....	58
4.1.1.6 CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS.....	59
4.1.2 PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	59
4.1.2.1 MEZCLA DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE.....	60
4.1.2.2 ADOQUINES.....	65
4.2 METODO DE DISEÑO AASHTO-93 PARA PAVIMENTO FLEXIBLE.....	68
4.2.1 VARIABLES DE DISEÑO.....	68
4.2.2 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.....	74
4.2.2.1 DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO.....	75
4.2.3 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO.....	76
4.2.3.1 NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO.....	78
4.2.3.2 COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE LAS DIVERSAS CAPAS QUE FORMAN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO:.....	78
4.2.3.3 DETERMINACIÓN DE LOS ESPESORES DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.....	80
4.2.3.4 CONSIDERACIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL POR EL MÉTODO ASSHTO 93.....	82
4.3 VARIABLES DE DISEÑO DETERMINADAS PARA EL PRESENTE ESTUDIO	83

4.3.1	CBR DE DISEÑO.....	87
4.3.2	MÓDULO RESILIENTE DE LA SUB-RASANTE (MR).....	88
4.3.2.1	COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.....	89
4.3.2.2	SOLUCIÓN DE LA ECUACIÓN DEL MÉTODO AASHTO 93.....	90
4.3.2.3	SOLUCIÓN ALTERNATIVA 1: CARPETA DE RODAMIENTO DE MEZCLA ASFÁLTICA.....	91
4.3.2.4	SOLUCIÓN ALTERNATIVA 2: CARPETA DE RODAMIENTO.....	93
CAPITULO V		96
5	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	96
5.1	GENERALIDADES	96
5.2	BENEFICIOS DEL PROYECTO.....	97
5.3	INDICADORES DE RENTABILIDAD.....	99
5.4	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	103
5.4.1	RED MODEL.....	103
5.4.1.1	HOJAS DE ENTRADA DEL RED.....	104
5.4.1.2	HOJAS DE SALIDA DEL RED.....	105
5.4.1.3	INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA CORRIDA DEL SOFTWARE RED.....	106
5.4.2	INFORMACIÓN RECOPIADA CARRETERA EMPALME EL PORTILLO-EL CUÁ.....	111
5.4.3	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	117
5.4.3.1	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	119
CAPITULO VI		121
6	DISEÑO Y EVALUACIÓN DEL DRENAJE MENOR (ALCANTARILLADO)	121
6.1	CONCEPTOS FUNDAMENTALES DEL DISEÑO DE DRENAJE.....	121
6.1.1	DRENAJE.....	121
6.1.2	ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	121
6.1.2.1	CONCEPTOS GENERALES DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	121
6.1.2.2	MÉTODO DE CÁLCULO PARA REALIZAR EL ESTUDIO HIDROLÓGICO...123	
6.1.2.2.1	MÉTODO RACIONAL.....	123

6.1.3 ESTUDIO HIDRÁULICO.....	129
6.1.3.1 CONCEPTOS GENERALES DEL ESTUDIO HIDRÁULICO.....	129
6.1.4 ALCANTARILLAS.....	130
6.1.4.1 DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS ALCANTARILLAS.....	131
6.1.4.2 FÓRMULAS BÁSICAS PARA REALIZAR EL DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA ALCANTARILLA DE SECCIÓN CIRCULAR SEMI-LLENA.....	132
6.1.4.3 PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLAS.....	136
6.2 DRENAJE DE LA CARRETERA EMPALME EL PORTILLO (ESTACIÓN 0+000) – EL CUÁ (ESTACIÓN 11+590).	137
6.2.1 ESTUDIO HIDROLÓGICO AL TRAMO DE CARRETERA EN ESTUDIO.....	138
6.2.2 DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES PARA CALCULAR EL CAUDAL DE DISEÑO (QD) PARA CADA CUENCA.....	139
6.2.3 ESTUDIO HIDRÁULICO AL TRAMO DE CARRETERA EN ESTUDIO.....	141
6.2.3.1 CÁLCULO HIDRÁULICO PARA LAS ALCANTARILLAS EN EL PRESENTE ESTUDIO.....	141
6.2.3.2 EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS ALCANTARILLAS EXISTENTES ENCONTRADAS EN EL TRAMO DE CARRETERA EN ESTUDIO.....	142
6.2.4 RESULTADOS FINALES OBTENIDOS PARA EL DRENAJE MENOR DEL TRAMO DE CARRETERA EN ESTUDIO.....	143
CAPITULO VII.....	145
7 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	145
7.2 CONCEPTOS GENERALES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	145
7.1.1 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA).....	145
7.1.2 OBJETIVOS DE LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.....	145
7.1.3 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA QUE SE EMPLEA.....	146
7.2 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL TRAMO DE PROYECTO EMPALME EL PORTILLO – EL CUÁ (11.59 KM).....	152
7.2.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO:.....	152
7.2.2 ACCESO AL ÁREA DE INTERÉS:.....	152
7.2.3 ESTADO ACTUAL DEL CAMINO.....	152
7.2.4 ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA AMBIENTAL DEL PROYECTO:.....	153
7.2.5 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MEDIO FÍSICO, BIOLÓGICO, SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL (LÍNEA BASE).....	153

7.3 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO.....	153
7.4 MATRICES DE VALORACIÓN DE IMPORTANCIA DE LOS IMPACTOS DEL PROYECTO.....	155
7.5 MEDIDAS AMBIENTALES.....	156
CAPITULO VIII.....	157
8 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y BIBLIOGRAFÍA.....	157
8.1 CONCLUSIONES.....	157
8.2 RECOMENDACIONES	162
8.3 BIBLIOGRAFÍA.....	164
ANEXOS.....	165

CAPITULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Introducción

Hoy por hoy nuestro país está forjándose un camino a través de un nuevo orden económico mundial, el cual requiere del aumento de las exportaciones y esfuerzo público donde deberá volcarse a modernizar y dinamizar el comercio con otras naciones; para esto es indispensable asegurar las inversiones en infraestructura vial, y así obtener un sistema de organización social orientado hacia la productividad, que permita generar los primeros incentivos que promuevan la competitividad.

La red vial de Nicaragua refleja que las condiciones de servicio actual no presentan un estándar de seguridad vial favorable, debido al rápido aumento de la flota vehicular y la composición del tráfico entre vehículos, peatones y animales.

De acuerdo al Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), la red vial nacional tiene una extensión de aproximadamente 24000 km, de los cuales solo 3100 Km están pavimentados, partiendo de lo anterior se propone el uso de uno de los métodos aplicados a la construcción de carreteras, el pavimento a base de asfalto conocido también como pavimento flexible, debido a su comportamiento ante las cargas ocasionadas por los vehículos que lo transitan. Dicho comportamiento se presenta de un modo plástico.

Sabiendo que este método constructivo es vital para la realización de una carretera, se considera de suma importancia realizar un análisis comparativo de costos entre su división, en este caso: carpeta asfáltica y adoquín. Deduciéndose de dicha comparación la conveniencia de la realización de un proyecto.

1.2 Antecedentes

Los seres humanos han tenido siempre la necesidad de comunicarse, trasladarse de un lugar a otro, transportar mercancías y otros objetos. Los medios de transporte y comunicación han evolucionado a lo largo de la historia para cumplir con estas necesidades. Esta evolución ha ayudado a que el mundo sea un lugar sin distancias y en el que, cada vez más, la información está al alcance de todos.

El número de vehículos que circulan por vía terrestre y la gran extensión de las ciudades actuales hacen necesaria la construcción de complejas redes de autopistas y carreteras.

En el año de 1940, época en la cual fue creado el Departamento de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas, hoy Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), existían en Nicaragua 201 Kilómetros de carreteras de los cuales 52 Kilómetros eran pavimentados. A partir del año 1955, los financiamientos aumentaron y las inversiones ajustadas a presupuestos particulares trajeron como resultado un nuevo empuje a la expansión de la red vial. A esa fecha existían 3,687 Kilómetros de carreteras, contando con 280 Kilómetros de carreteras pavimentadas; diez años después ya se contaba con 6,475 Kilómetros de los cuales 811 Kilómetros eran pavimentados.

De acuerdo con datos y experiencia del estudio que el Banco Mundial realiza para países en vías de desarrollo, Nicaragua presenta como indicador de la densidad de la red vial un valor de $15.7 \text{ km}/100 \text{ km}^2$, dato que evidencia el desarrollo gradual que ha tenido la infraestructura vial durante los últimos años.

Para el año 2012 los datos globales reflejan un total de 23,897.115 Kilómetros de carreteras de los cuales 3,282.083 Kilómetros (13.7%) son pavimentados (Adoquinado, Asfalto y Concreto Hidráulico), y 20,615.032 Kilómetros (86.3%)

corresponden a no pavimentados. Datos que al compararse con la del año 2011 reflejan un aumento de la red pavimentada en un 4.16 % (131.322 Kilómetros) y la red no pavimentada aumento en un 0.6 % (118.707kms).

Según las estadísticas, actualmente Nicaragua tiene una población de 6 millones 32 mil habitantes, y los estimados consideran que al 2033 se elevará a 7 millones 257 mil personas. Eso representará también un incremento de la población vehicular, de los actuales 523 mil automotores a 1 millón seis vehículos en 20 años.

“La competitividad industrial, agrícola y comercial de Nicaragua se ven influenciada de la efectividad y la eficiencia del sistema de transporte”, el transporte vial es indispensable para la integración de las regiones productivas a la economía nacional y el vínculo principal entre los sectores productivos y los mercados de exportación.

En la actualidad se logra constatar que gran parte de las carreteras principales y secundarias de nuestro país, que incurren en las diversas actividades cotidianas, tales como, ganadería, agricultura, turismo y minería reflejan un buen comportamiento, caso contrario a las vías de acceso rural, que se encuentran en un estado intermedio, ante tal situación el gobierno central en coordinación con los gobiernos locales se han propuesto brindarle la atención adecuada a la estructura vial, sobre todo en sitios de mucho tránsito e importancia económica.

La ejecución de esta alternativa a generado que el trabajo de construcción y reparación de vías terrestres lleven buen ritmo, generando, se estimen clave para el desarrollo económico del país; con lo que beneficiará no solo a los agropecuarios, sino también a industriales, comerciantes y en especial el sector turístico, el cual podrá aprovechar para ampliar instalaciones en más regiones de la geografía nicaragüense.

El empalme El Portillo-El Cuá ha servido de vía de acceso para unir la cabecera del municipio con la cabecera departamental y otras comunidades, lo mismo que le sirve de ruta de salida para la producción agropecuaria de los municipios hacia los mercados de consumo, así como, para viajes desde otros departamentos hacia el municipio y otros departamentos.

La red vial hacia las diferentes comunidades se encuentra en mal estado. La situación del camino troncal El Cuá–Jinotega sigue siendo crítica, y aunque se hacen las gestiones necesarias para su reparación, aún no se han conseguido los fondos necesarios. El mal estado de este camino afecta la integridad departamental, ya que la población opta por hacer sus gestiones comerciales en Matagalpa, ya que los caminos en esa dirección están en buen estado. La vía frecuentemente es obstaculizada por las fuertes crecidas del río Gusanera a la altura de la comunidad de Abisinia. Se hace necesaria la construcción de un puente cuyo costo se estima en 3 millones de Córdoba.

Este proyecto ayudará a tener mejores oportunidades de negocio, los que les generará mayor grado de dinamismo a la actividad productiva, económica y social que les propiciará el desarrollo en todos sus órdenes, mejorando la calidad de vida de los pobladores de las comunidades localizadas en la zona de influencia directa e indirecta a la vía, lo cual le da un gran empuje al desarrollo económico social de los territorios localizados a lo largo del tramo y a aquellos que la utilizarán como tránsito hacia otros destinos; integrándolos de forma ágil junto con otros corredores viales que conforman la red de carreteras que dan servicio a éstos; mejorando considerablemente las condiciones del transporte en general y reduciendo los riesgos de accidentes de tránsito para el transporte vehicular en su conjunto.

1.3 Justificación

Con el análisis se proporcionará una estructura que cumpla con el objetivo principal de brindar una superficie sobre la que se pueda desplazar con un índice de servicio y soporte de cargas apropiado durante un período determinado.

Los beneficios económicos que conlleva la implementación futura de la construcción del tramo de carretera empalme El Portillo/El Cuá, mejorará y facilitará la comunicación entre las comunidades de este municipio pertenecientes al Departamento de Jinotega.

Es evidente que con la construcción de esta carretera se ayudará a mejorar significativamente la calidad de vida de los habitantes de las comunidades localizadas en los sectores aledaños a ella, integrándolos de forma expedita a la economía regional; de forma que este corredor servirá como otra alternativa para el desplazamiento de los pobladores y bienes que se generan o atraen, formando parte de las facilidades de la vía y que por su localización la transforma en una vía estratégica.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- ✓ Efectuar la evaluación técnica-económica de pavimento de carpeta asfáltica y adoquín para el tramo de carretera empalme El Portillo-El Cuá (11.59 Km), el cual permita adoptar la opción más viable para su construcción; así como, el análisis de impacto ambiental.

1.4.2 Objetivos Específicos

- ✓ Elaborar el Estudio de Tránsito que permita determinar los volúmenes de tráfico actuales y futuros que propicien definir los niveles de servicio de la vía y cargas de diseño para la estructura de pavimento.
- ✓ Conocer mediante el estudio de suelo presente a lo largo del camino y de los bancos de materiales cercanos al proyecto, las características físico-mecánicas de éste.
- ✓ Determinar los espesores de las diversas capas de pavimento (Adoquín y Mezcla Asfáltica).
- ✓ Realizar un levantamiento de las alcantarillas existentes en el tramo de estudio y proponer el diseño para su mejoramiento.
- ✓ Estimar el costo económico de las estructuras de pavimento a diseñar para el mejoramiento de la carretera empalme El Portillo-El Cuá.
- ✓ Desarrollar el estudio de Impacto Ambiental de la propuesta seleccionada durante las etapas de construcción del proyecto.

CAPÍTULO II

2. CONCEPTOS GENERALES DEL ESTUDIO DE TRÁNSITO

2.1 Estudio de Tránsito

El tránsito es la variable más importante en el diseño de una vía, si bien es cierto el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de éstos son factores determinantes en el diseño de la estructura de pavimento.

El comportamiento del tránsito es complejo, con varios factores que afectan en forma simultánea las decisiones de cómo, cuántos y dónde se deben hacer los viajes, por lo cual el efecto del desarrollo urbano en el comportamiento del tránsito no está bien entendido, lo que ha generado un incremento en el interés de usar la planeación del uso del suelo para orientar los problemas de desarrollo del sistema de transporte y calidad del aire.

Un estudio de Tránsito permite analizar el comportamiento y las características de la circulación vial sobre un tramo de carretera, donde a la vez éstos propician un estudio exhaustivo que determinan el cálculo o diseño geométrico para una vía, donde se evidencia el punto de partida para la planeación, estructuración, diseño y operación de carreteras y obras suplementarias para atender un sistema de transporte.

Por medio de este estudio se logra determinar el volumen de tránsito que en la actualidad presenta una determinada carretera, dividido por tipología vehicular, para estimar el volumen de tránsito futuro que tendrá la vía. Estos elementos muestran una gran importancia en el diseño de una carretera, ya que datos obtenidos en este análisis son fundamentales para determinar las características estructurales de una carretera. Por tal razón es de vital importancia su adecuada

cuantificación para obtener óptimos resultados en la ejecución de un proyecto de infraestructura vial.

La información requerida para la determinación del tránsito en una determinada vía, con el objetivo del diseño de la estructura de pavimento; es su promedio diario y su discriminación por tipo de vehículo.

Un parámetro importante que se debe de manejar a la hora del diseño de una carretera es contar con la información más precisa posible del tránsito, de lo contrario, con datos imprecisos y erróneos, se obtendrían diseños pocos confiables o con un grado significativo de sobre diseño, lo que elevarían los costos de construcción de la alternativa de pavimento que se haya elegido ejecutar. Por lo que se requiere que el personal encargado del trabajo de levantamiento de información en campo y del trabajo posterior en gabinete esté capacitado para ello; ya que esto determinara en gran medida si el proyecto será exitoso o no.

2.1.1 Métodos de Muestreo

Los métodos de muestreo del tránsito se enfocan principalmente en medir la cantidad de vehículos que circulan por un determinado punto de una carretera, así como, establecer las características específicas de los vehículos (composición vehicular del tránsito). Esta composición consiste en indicar la cantidad de vehículos total de tránsito perteneciente a cada una de las categorías vehiculares.

De acuerdo al tipo de proyecto que se desee ejecutar, ya sea la construcción de una nueva carretera, mejoramiento o rehabilitación de esta, se elige el método de muestreo que se empleara en el proyecto.

En el caso que sea una carretera ya existente, lo que se procede es efectuar un conteo o aforo vehicular, el cual consistirá en determinar la cantidad de vehículos,

discriminado por tipo, que circulen sobre esta en un determinado tiempo. Estos conteos o aforos que se realizan en las carreteras constituyen un insumo muy importante a la hora de realizar proyecciones en el crecimiento futuro del tránsito, además sirven de base para un plan de desarrollo e inversiones en infraestructura vial.

2.1.2 Modalidades utilizadas para aforos de tránsito

Entre las modalidades que comúnmente se emplean para la realización de aforos de tránsito, tenemos:

⇒ Aforos Manuales: Se emplean por lo general para contabilizar volúmenes de giro y volúmenes clasificados. La duración del aforo varía con el propósito del aforo, algunos aforos clasificados pueden durar hasta 24 horas.

⇒ Aforos de Cordón: Se entiende por este tipo de aforo a la contabilización de todos los vehículos y las personas que entran o salen de una zona (área acordonada) durante un día típico.

⇒ Contadores Mecánicos: Son aquellos que emplean instrumentos para realizar el registro de vehículos, sin que se requiera de personal permanente. Estos instrumentos se basan en principios como el de la célula fotoeléctrica, presiones en planchas especiales o por medio de detectores magnéticos o hidráulicos.

⇒ Contadores Portátiles: Toman nota de los volúmenes aforados cada hora y 15 minutos, dependiendo del modelo.

⇒ Método del vehículo en movimiento: Este método se emplea para obtener volúmenes de tránsito en un tramo de la vía urbana, sirviendo además para determinar tiempos y velocidades de recorrido medias.

2.1.3 Estaciones de Conteo vehiculares en Nicaragua

2.1.3.1 Antecedentes

En el año 2008 existían 574 estaciones de conteo en el país y estaban clasificadas generalmente en base a la estructura de pavimento y el rodamiento presente en la carretera donde se encontraba la estación.

2.1.3.2 Situación Actual

Actualmente existen un total de 589 estaciones de conteo de tránsito nque maneja el Ministerio de Transporte e Infraestructura **(MTI)** y se clasifican de la siguiente manera:

- a) Estación de Mayor Cobertura
- b) Estaciones de Corta Duración
- c) Estaciones de Conteo Sumarios.

⇒ **Estaciones de Mayor Cobertura:**

Son las estaciones de conteos continuos los 365 días al año con conteos clasificados de 24 horas por día.

⇒ **Estaciones de Corta Duración:**

Se aplica a un conjunto de estaciones donde los flujos vehiculares reportados son mayores de 300vpd (TPDA).

⇒ **Estaciones de Conteo Sumaria:**

Son las estaciones con volúmenes menores a 300 TPDA.

Tanto para las estaciones de corta duración y de conteo sumaria, se realizan conteos clasificados por 12 horas continuas por 3 días consecutivos con un intervalo de un conteo a cada dos años.

2.1.4 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. El TPD se calculará mediante la ecuación 1, mostrada a continuación:

Ecuación 1:

$$TPD = \frac{N}{T}$$

Donde:

N: representa el número de vehículos que pasan durante **T** días. ($1 < T \leq 365$), de acuerdo al número de días del período; se presentarán los volúmenes de tránsito promedio diario, dado en vehículos por día.

TPD: Tránsito promedio diario.

2.1.5 Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

El tránsito promedio diario anual se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera durante un año, dividido entre los 365 días del mismo.

El TPDA se calcula mediante la ecuación 2 (ver **pág. 12**):

Ecuación 2:

$$TPDA = \frac{TA}{365}$$

De lo anterior:

TA: Volumen de tránsito anual

Es de suma importancia enfatizar que el tránsito promedio diario anual (TPDA) constituye un indicador numérico de gran valor para el diseño de carreteras, por constituir una medida característica de la circulación de vehículos, como por su facilidad de obtención. Así mismo el TPDA indica la cantidad de vehículos por tipología (livianos y pesados) y funciones (transporte de personas y de mercancías), que hacen uso de la carretera y que continuarán haciendo uso de dicha carretera una vez sea mejorada o ampliada.

2.1.5.1 Factores de Ajuste

Con el fin de poder estimar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) partiendo de los datos obtenidos de los conteos realizados en las estaciones de Corta Duración o Conteo Sumaria, de acuerdo a la nueva metodología utilizada por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), la cual se encuentra en detalle en el Anuario de Tránsito del año 2014 del MTI; se aplicarán los factores correspondientes de los valores de volúmenes de tránsito encontrados en las estaciones de mayor cobertura, en base a la dependencia de las estaciones de corta duración o conteo sumaria.

Hay factores de ajustes diferentes para cada cuatrimestre del año: enero-abril, mayo-agosto y septiembre-diciembre, los cuales se usarán de acuerdo al período de levantamiento de datos que se hayan realizado en las estaciones de corta duración o conteo sumaria.

Los factores utilizados en el cálculo del TPDA por parte del MTI para las estaciones de corta duración (ECD) y estaciones de conteo sumaria (ECS), son los siguientes:

- a. Factor Día: Corresponde a expandir el tránsito diurno de 12 horas a tránsito diario de 24 horas. Se obtiene mediante los resultados correspondientes a las estaciones de mayor cobertura de 24 horas, siendo la fórmula para calcular:

Ecuación 3:

$$Fd = 1 + \frac{T_n}{T_d}$$

Donde:

Fd: Factor Día

Tn: Tránsito Nocturno

Td: Tránsito Diurno

- b. Factor Semana: Es el factor para expandir el resultado obtenido para un período corto de 3 días de la semana (martes a jueves) a promedio semanal de 7 días (lunes a domingo), siendo la fórmula para calcular:

Ecuación 4:

$$F_s = \frac{T_{lab} * 5 + T_{fs} * 2}{T_{lab} * 7}$$

Donde:

Fs: Factor Semana

Tlab: Tránsito levantado en campo durante el período lunes a viernes.

Tfs: Tránsito levantado en campo durante el período sábado a domingo.

c. Factor Fin de Semana: Es el factor para expandir un conteo realizado durante el fin de semana a los 7 días de la semana, siendo la fórmula para calcular:

Ecuación 5:

$$F_{fs} = \frac{T_{lab} * 5 + T_{fs} * 2}{T_{fs} * 7}$$

Donde:

Ffs: Factor Fin de Semana

Tlab: Tránsito levantado en campo durante el período lunes a viernes

Tfs: Tránsito levantado en campo durante el período sábado a domingo.

d. Factor de Expansión: Es el factor para expandir el tránsito diario semanal al tráfico promedio diario anual (TPDA).

2.1.6 Clasificación Vehicular

Actualmente transitan por las carreteras de nuestro país una gran variedad de vehículos, con diferentes características cada uno de ellos, ya sea en materia de tamaño, peso o velocidades.

Para simplificar su estudio se han agrupado en 4 grandes categorías. A continuación se detalla brevemente a cada categoría vehicular:

a) Vehículos de Pasajeros: Incluye todos aquellos vehículos diseñados para el transporte de pasajeros y algunos acondicionados para la realización de tal actividad.

b) Vehículos de Carga: Son aquellos vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores o iguales a tres toneladas y que tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, ocho y más ejes.

c) Equipo Pesado: En esta categoría se incluyen vehículos agrícolas o vehículos de construcción.

d) Otros: En esta categoría entran los remolques y/o tráiler. Estos pueden ser halados por cualquier vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (semovientes).

Las características de los distintos tipos de vehículo que transitan en nuestro país son presentadas en el **Anexo B, Tabla 1**.

El conocer la composición del tránsito que circula por las diferentes carreteras discriminado de acuerdo a su tipología vehicular es muy importante dado que los efectos que ejercen los vehículos entre sí dependen de sus características. De igual forma las cargas que ejercen los vehículos de grandes dimensiones (C2, C3, C4, C2R2, C3R2, T3S2, T3S3), determinarán en gran medida las características de la estructura de pavimento a construir.

2.2 Estimación de la tasa de crecimiento del tránsito

Cuando se diseña una estructura de pavimento es necesario conocer el volumen de tránsito que circula en la actualidad por la carretera, sin embargo, conocer esta información del tránsito inicial no es suficiente, también debe de determinarse un estimado del tránsito total a que estará sometida la estructura durante el lapso de tiempo que se fije como período de diseño. Para realizar esta estimación del tránsito futuro es necesario determinar una tasa de crecimiento que se cree experimentará el tránsito actual.

Existen varios métodos para la estimación de las tasas de crecimiento, que van desde los más complejos a base de modelos econométricos hasta los que se caracterizan por su extrema simplicidad en el cálculo o dependen simplemente del juicio y criterio del diseñador. En la actualidad hay dos procedimientos que son universalmente aceptados, el primero que se basa en datos de series históricas de los volúmenes de tránsito de las carreteras, mientras que el segundo relaciona el tránsito con variables socioeconómicas. Es muy importante señalar que ninguno de los procedimientos es exacto, por tanto al momento de evaluar la factibilidad del proyecto se debe realizar un análisis de sensibilidad que incluya, además de los costos de construcción, las variables de tránsito, es decir el tráfico normal y las tasas de crecimiento. Todo esto con el objetivo de brindar un mayor margen de seguridad a los inversionistas que financien el proyecto, sean organismos internacionales o bien con recursos propios del estado.

El primer procedimiento se basa en realizar un análisis de los datos de conteo vehicular durante un período mínimo de diez años, con el fin de poder identificar una tendencia de este registro histórico la cual sirva para pronosticar un comportamiento futuro del tránsito que sea muy probable de ocurrir durante los años subsiguientes. Este análisis se realiza por cada una de las tipologías vehiculares.

El segundo procedimiento afirma que existe una relación directa entre el tránsito y algunos indicadores socioeconómicos, así se busca establecer relaciones razonables entre el comportamiento del tránsito de una determinada carretera (variable dependiente) y el de estos indicadores socioeconómicos (variables independientes). Se realiza entre diferentes variables que de alguna forma se ha comprobado, modifican los flujos de tránsito de forma directa o indirecta. Entre las principales se mencionan: El crecimiento económico medido a través del Producto Interno Bruto (**PIB**), los Crecimientos Sociales, medidos a través de los crecimientos Poblacionales, crecimiento de la Población Económicamente Activa (**POA**). Otras variables son el crecimiento del tránsito a nivel país, los consumos de

combustibles, cuantificados por medio de los combustibles consumidos por el sector transporte y mediante la cuantificación del parque automotor que se tiene en el país.

2.3 Período de Diseño

Se define como el tiempo elegido al iniciar el diseño, para el cual se determinan las características del pavimento, evaluando su comportamiento para distintas alternativas a largo plazo, con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el período de diseño elegido, a un costo razonable.

Generalmente el período de diseño será mayor al de la vida útil del pavimento, porque incluye en el análisis al menos una rehabilitación. La tabla N°2 (ver **pág. 17**) muestra los períodos de diseño recomendados por el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las carreteras regionales.

Tabla 2
Períodos de diseño para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales.

Tipo de Carretera	Período de Diseño (años)
Autopista Regional	20-40
Troncal Suburbana	15-30
Troncal Rurales	15-30
Colectoras Suburbanas	10-20
Colectoras Rurales	10-20

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, 2001.

2.4 Determinación del Tránsito Total

Cuando se pavimenta una carretera o existe una rehabilitación de la misma, además del tránsito normal que actúa en la carretera el cual crece como consecuencia de la dinámica económica del país, independientemente de la mejora que se le haga a la vía, se generan dos tipos de tránsitos los cuales son:

a) Tráfico Atraído

Es el tráfico que se induce cuando la vía representa una mejor alternativa de viaje a un destino determinado. Por ser la única vía de comunicación existente hacia los municipios del Abisinia, El Cuá y San José de Bocay, este tramo es una vía de enlace y que forma parte de una sola ruta de movimiento, por tanto no se considerará tráfico atraído para el proyecto.

b) Tráfico Desarrollado

Es el tráfico adicional que se produce, por efecto de la introducción de procesos productivos y nuevas tecnologías que permita a los productores obtener incrementos de producción, lo que a su vez generaran mayor cantidad de viajes. Por lo tanto el tráfico Total lo conforma la suma del tráfico normal, más la adición de los tráficos desarrollado y atraído.

2.5 Proyecciones del Tránsito

Para proyectar el tránsito actual de una carretera hacia cualquier año “n” futuro se realizará mediante la ecuación 6 (ver **pág.19**):

Ecuación 6:

$$T_F = T_o(1 + i)^n$$

Donde:

TF: Tránsito Futuro

To: Tránsito Actual

i: Es la tasa de crecimiento que se estimó para proyectar el tránsito al año deseado.

n: Es el período de diseño para el cual se pretende estimar el tránsito.

2.6 Tránsito de Diseño

Un elemento básico para realizar el diseño de la estructura de pavimento es contar con el tránsito de diseño, el cual se define como el número de viajes que realiza cada tipo de vehículo en el carril de diseño.

El tránsito de diseño lo podemos obtener mediante la ecuación 7, realizando el cálculo para cada tipo de vehículo:

Ecuación 7:

$$T_D = T_o * F_d * F_{ca} * F_C$$

Donde:

TD: Es el tránsito de diseño.

To: Es el tránsito base con que se estimará el tránsito de diseño.

Fd: Factor direccional

Fca: Factor de carril

FC: Factor de Crecimiento.

Factor direccional (Fd): Este factor representa la forma del comportamiento del tránsito y el sentido en que este se distribuye por los carriles que la conforman, su valor generalmente es **0.5**.

Cabe señalar que en una carretera de dos sentidos de flujo (carretera rurales), la distribución por sentido tiene un impacto importante en la operación, la acción de rebase se realiza invadiendo el carril contrario, siendo las oportunidades de rebase limitadas dado que transitan vehículos por el carril contrario.

Para condiciones ideales la relación direccional 50/50, en una gran mayoría de las carreteras nacionales, la relación de esta distribución oscila entre 52/48 y 55/45 y en muy pocos casos la relación direccional del tránsito es 60/40.

El Factor direccional también estará en dependencia de vías alternas que tenga el tránsito para retornar al origen. Estas vías deben de ser similares en términos de distancia, condición, etc., con el fin de que los usuarios la consideren factible para su uso.⁶

Factor de carril (Fca): Se le denomina factor de carril a la forma de distribución de tránsito en un solo sentido de circulación, dicho factor está en dependencia de la cantidad de carriles que constará la carretera que se pretenda diseñar. Se debe de tomar en cuenta que en las carreteras colectoras rurales (Ver tabla 2, pág.21) los volúmenes de tránsito son muy bajos y generalmente este tipo de carreteras se diseñan para dos carriles.

En la tabla N°3 (ver **pág. 21**), se muestran los factores de distribución según el número de carriles recomendados por la AASHTO.

Tabla 3 Factores de Tránsito en el carril de Diseño

Factores de Tránsito en el carril de Diseño Recomendadas por AASHTO	
N° de Carriles por sentido	Porcentaje de los ejes simples equivalentes de 18 Kip en el carril de diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Fuente: Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO, 1993. 18 Kip≈ 80KN ≈8.2 Ton.

Factor de Crecimiento (FC): El factor de crecimiento permite obtener el tránsito total esperado, durante el período de análisis y se determina estimando una tasa de crecimiento “i” al tránsito promedio en toda la vida útil del proyecto.

La ecuación 8 permite calcular el factor de crecimiento:

Ecuación 8:

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

Donde:

FC: Factor de crecimiento

i: Tasa de crecimiento

n: Es el período de años hasta donde se pretende pronosticar el tránsito que hará uso de la vía a construirse.

2.7 Información recopilada para realizar el estudio de tránsito al tramo de carretera Empalme El Portillo-El Cuá.

2.7.1 Conteo Vehicular

Para la elaboración del presente estudio de tránsito que corresponde al tramo Empalme El Portillo-EL Cuá se realizó un conteo vehicular a fin de determinar el volumen real de tránsito que circula actualmente sobre la carretera.

El tipo de aforo realizado fue el manual, utilizando formatos de campo que permiten acumular la cantidad de vehículos que transitan por la carretera cada hora, discriminados por tipo. Este conteo fue realizado durante cinco (5) días consecutivos de 6:00 a.m. a 6:00 p.m. Los días que fueron realizados los conteos fueron el Viernes 02, Sábado 03, Domingo 04, Lunes 05 y Martes 06 de enero del año 2015. El punto de ubicación del conteo fue la Estación 0+000 Empalme Peñas Blancas. El formato que se empleó para realizar el conteo se encuentra en el **Anexo B, Tabla 4.**

La ubicación de las estaciones donde se realizaron estos conteos de tráfico se muestra en el **Anexo A** (Ver ubicación geográfica en **imagen 1.3** y **1.4**).

2.7.2 Revisión de la Información Existente del Tramo Empalme El Portillo-El Cuá.

Dado que uno de los alcances de este estudio es realizar un conteo vehicular durante cinco (5) días en este tramo de carretera, era necesario identificar, en base a la nueva metodología utilizada por el MTI para la obtención del TPDA, en que clasificación de Estación se ubica esta carretera, ya sea Estación de Mayor Cobertura, Estación de Corta Duración o Estación de Conteo Sumaria.

De acuerdo a información brindada por la División de Administración Vial del MTI el dato de TPDA más reciente que se tiene del tramo Empalme El Portillo-El Cuá es del año 2014, y es de 472 vpd. En base a que el TPDA más reciente de esta carretera es mayor de 300 vpd y de acuerdo a lo plasmado en el punto **2.1.3.2** (ver pág.10) de este documento, el tramo Empalme El Portillo-El Cuá corresponde a una estación de Conteo Corta Duración.

Luego de haber determinado el tipo de estación que corresponde a ésta carretera, era necesario conocer a que estación de Mayor Cobertura tenía dependencia, con el fin de poder conocer los factores de ajustes que nos permitan obtener el TPDA del tramo. En el **Anexo B, Tablas 5, 6 y 7**; se observa que este tramo de Carretera depende de la Estación de Mayor Cobertura 300, que está ubicada en el tramo **Sébaco-Quebrada Honda**. En este mismo anexo se muestran las dependencias de la estación de Mayor Cobertura 300.

En la tabla **8 y 8.1** (ver **pág.24-25**) se muestran los datos del TPDA de la composición vehicular del Año 2014 de la estación N° 300 correspondiente al cuatrimestre de enero a abril y los factores de ajustes para esta Estación de Mayor Cobertura 300. Estos Factores de Ajustes está dividido en cuatrimestre: de enero-abril. Ya que el conteo para este estudio a la carretera Empalme El Portillo-El Cuá fue realizado en el mes de enero del año 2015.

TABLA 8 Composición Vehicular año 2014 y Factores de Ajustes Estación de mayor cobertura N° 300

Composición Vehicular año 2014 y Factores de Ajustes Estación de mayor cobertura N° 300																
TPDA	Motos	Vehículos Livianos			Vehículos de Pasajeros			Vehículos de Carga					Equipo Pesado		Otros	TOTAL
Enero-Abril		Autos	Jeep	Camionetas	McBus (<15 Pas.)	MnBus (15-30 Pas.)	Bus (>30 Pas.)	Liv. 2-5 Ton	Carga 2.5 + Ton	C3	TxSx≥4 ejes	TxSx≥5 ejes	VA	VC		
TP (D) Vpd	492	797	434	1638	71	23	220	497	455	82	1	173	0		16	4906
		Vehículos Livianos			Vehículos de Pasajeros			Vehículos de Carga					Equipo Pesado		Otros (T3-S2)	
Grupos	Motos	Autos	Jeep	Camionetas	McBus	MnBus	Bus	Liv. 2-5 Ton	Carga 2.5 + Ton	C3		TxSx≥5 ejes	VA	VC	Otros	
Factor Día	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	
Factor Semana	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	
Factor de Ajuste o expansión	0.96	0.94	0.86	0.91	0.84	0.83	0.99	0.85	0.97	0.94	1	0.99	1	1	0.54	
TPDA (Ene-Abr)	472	746	371	1487	59	19	216	422	442	77	1	171			0	4500

Fuente: Anuario de Aforo de Tráfico 2014. (Oficina de Diagnóstico y Evaluación de Pavimentos y Puentes-División de Administración Vial).

TABLA 8-1 Factores de Ajustes Estación de mayor cobertura N° 300

Factores de Ajustes Estación de mayor cobertura N° 300 Sébaco-Quebrada Honda																
TPDA	Motos	Vehículos Livianos			Vehículos de Pasajeros			Vehículos de Carga					Equipo Pesado		Otros	
		Autos	Jeep	Camionetas	McBus (<15 Pas.)	MnBus (15-30 Pas.)	Bus (>30 Pas.)	Liv. 2-5 Ton	Carga 2.5 + Ton	C3	TxSx≥4 ejes	TxSx≥5 ejes	VA	VC		
(Primer Cuatrimestre) Enero-Abril 2014																
Factor Día	1.32	1.38	1.38	1.31	1.33	1.22	1.23	1.35	1.44	1.33	1.00	1.47	1.50	1	1.76	
Factor Semana	0.98	1.05	1.03	0.97	1.03	1.20	1.00	0.91	0.92	0.91	1.00	0.87	2.14	1	1.59	
Factor Fin de Semana	1.06	0.89	0.93	1.07	0.93	0.71	0.99	1.34	1.29	1.32	1.00	1.63	0.43	1.00	0.52	
Factor de Ajuste o expansión a TPDA	0.96	0.94	0.86	0.91	0.84	0.83	0.99	0.85	0.97	0.94	1.00	0.99	1	1	0.54	

Fuente: Anuario de Aforo de Tráfico 2014. (Oficina de Diagnóstico y Evaluación de Pavimentos y Puentes-División de Administración Vial).

2.7.3 Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

2.7.3.1 Tránsito Promedio Diario (TPD)

Como un primer paso para la determinación del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), se procedió al procesamiento de los datos que se levantaron en el campo, haciendo uso de hojas electrónicas creadas en Microsoft Excel, de donde se obtuvo el resumen diario del tránsito por tipo de vehículo. De estos volúmenes de tráfico diario se cuantificó el promedio diario del período; este procedimiento no es más que la suma de los volúmenes diarios sumados y divididos entre la cantidad de día que duro en conteo. Los volúmenes horarios adquiridos durante totales obtenidos de los conteos en ambos sentidos de cada una de las estaciones se muestran en el **Anexo B, Tabla 9,10,11 y 12**.

2.7.3.2 Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS)

Una vez determinado el TPD, cuyo resultado fue basado en los conteos hechos durante cinco (5) días (Viernes a Martes), se requiere expandir este dato a un Tránsito Promedio Diario Semanal de siete días (Lunes a Domingo). Esto se logra al aplicar al TPD el factor semana (ver tabla 8 y 8.1, pág.23-24) y (**Anexo B, Tabla 13, 14,15 y 16.**)

2.7.3.3 Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

Determinado el TPDS, se requiere aplicarle a este dato un factor de expansión (ver tabla 8, pág.24) y se obtendrá el TPDA para el tramo de carretera Empalme El Portillo-El Cuá (**Ver Anexo B, Tabla 17 y 18**).

De los dos sentidos analizados, el sentido Empalme Cerro Verde–El Cuá, el cual comprende en su totalidad al tramo Empalme Portillo–El Cuá, es el de mayor representación en cuanto a la cantidad de vehículos que circulan por este tramo. Por tanto el valor a usar como TPDA del tramo Empalme El Portillo–El Cuá, será el TPDA de **378 vpd (Anexo B, Tabla 17 y 18)**, por ser este el mayor valor obtenido del conteo realizado.

2.7.4 Determinación de la tasa de crecimiento para el tramo en estudio

Las tasas de crecimiento fueron estimadas de la siguiente manera:

Para los vehículos de carga, se correlacionó el crecimiento histórico desde el año 2002 hasta el año 2014 del PIB con el crecimiento histórico del TPDA de la estación permanente N° 300 Sebaco-Quebrada-Honda. A continuación, se presentan los datos históricos del PIB y TPDA de la estación 300.

TABLA 19
Producto Interno Bruto

Producto Interno Bruto (PIB) de Nicaragua, 2002-2010.									
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PIB (mill C\$)	28,087.50	28,795.50	30,325.20	31,623.90	32,936.90	34,136.90	35,078.80	34,563.40	36,112.00
TPDA Est. 300	2,642.00	2,678.00	2,649.00	2,677.00	2,627.00	2,629.00	2,917.00	3,403.00	3,538.00
Año	2011	2012	2013	2014					
PIB (mill C\$)	37085.80	43876.30	50503.70	58340.30					
TPDA Est. 300	3701	4203	4042	4500					

Fuente: Principales Indicadores Macro-económicos Banco Central de Nicaragua y Anuario de Aforos MTI, 2014.

Cabe mencionar que los datos históricos del TPDA los años 2003, 2005, 2006 y 2007 fueron determinados analizando el comportamiento de crecimiento de los otros años, para poder crear una serie histórica confiable.

A continuación se presentan los valores que fueron correlacionados (Tabla 20):

TABLA 20

Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PIB (Mill C\$)	28,087.50	28,795.50	30,325.20	31,623.90	32,936.90	34,136.90	35,078.80	34,563.40	36,112.00
TPDA Est. 300	2,642.00	2,678.00	2,649.00	2,677.00	2,627.00	2,629.00	2,917.00	3,403.00	3,538.00
LN PIB	10.24	10.27	10.32	10.36	10.4	10.44	10.47	10.45	10.49
LN TPDA	7.88	7.89	7.88	7.89	7.87	7.87	7.98	8.13	8.17
Año	2011	2012	2013	2014					
PIB (Mill C\$)	37085.80	43876.30	50503.70	58340.30					
TPDA Est. 300	3701	4203	4042	4500					
LN PIB	10.52	10.69	10.83	10.97					
LN TPDA	8.22	8.34	8.30	8.41					

Fuente: Principales Indicadores Macro-económicos Banco Central de Nicaragua y Anuario de Aforos MTI, 2014.

A continuación se presentan las tasas a usar (ver tabla 21):

TABLA 21 Factor de Crecimiento

Años	Tasa de Crecimiento Vehículos de Carga (%)
2015-2017	4.3
2017-2022	4.8
2022-2026	5.3
2026-2030	5.8
2030-2035	6.3

Fuente: Estudio de Tráfico (Cálculos propios).

Para estimar las tasas de crecimiento de los vehículos livianos y de pasajeros, se correlacionó el crecimiento poblacional con el crecimiento del TPDA de la estación permanente N° 300. Se han correlacionado ambas variables ya que el crecimiento histórico poblacional está íntimamente ligado a la movilización de personas que mayoritariamente los hacen en vehículos de pasajeros y livianos en el caso de las personas que cuentan con un ingreso discretamente aceptable para acceder al uso del vehículo particular, a continuación se presentan los datos históricos poblacionales y de tráfico en la tabla 22.

TABLA 22

Históricos Poblacionales y de Tráfico, 2002-2010.									
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
POA (mil C\$)	5244.7	5312.7	5380.5	5450.4	5522.6	5595.5	5668.9	5742.3	5815.5
TPDA Est. 300	2642	2678	2649	2677	2627	2629	2917	3403	3538
Año	2011	2012	2013	2014					
POA (mil C\$)	5881.90	6071.00	6134.30	6198.20					
TPDA Est. 300	3701	4203	4042	4500					

Fuente: Principales Indicadores Macro-económicos Banco Central de Nicaragua y Anuario de Aforos 2014.

A continuación se presentan las tasas a usar (ver **tabla 23, pág. 29**)

Cabe mencionar que ambos tramos del proyecto depende de la misma estación permanente, por tanto tienen el mismo comportamiento de crecimiento ya que los procedimientos de correlación entre las variables es igual. Con las tasas de crecimiento propuestas y los resultados del TPDA, se utilizó la ecuación N° 8 (ver **pág. 21**). Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 23.

Tabla 23

Tasas de Crecimiento de Vehículos de Carga Liviano y Pasajeros.

Años	Tasa de Crecimiento Vehículos Livianos y Pasajeros (%)
2015-2017	4.1
2017-2022	4.6
2022-2026	5.1
2026-2030	5.6

Fuente: Estudio de Tráfico

Tabla 24
Tráfico Total Empalme Portillo-El Cuá

TRÁFICO TOTAL												
TRÁFICO TOTAL EMPALME EL PORTILLO-EL CUÁ												
AÑOS	Motos	Vehículo Livianos			Vehículos pesados (Pasajero)			Vehículos pesados (Carga)				TOTAL
		Automóviles	Jeep	Camionetas	Mbuses	Mbus>15 P	Bus	Livianos C2	C2	C3	Otros (T ₃ -S ₂)	
2015	149	8	16	94	3	3	22	26	47	3	7	378
2016	155.00	8.00	16.00	97.00	3.00	3.00	23.00	27.00	49.00	3.00	7.00	391
2017	161	8	16.00	100.00	3.00	3.00	24.00	28.00	52.00	3.00	7.00	405
2018	168	8	17	105	3	3	25	29	54	3	7	424
2019	176	9	18	109	3	3	26	31	57	3	8	444
2020	184	9	18	114	3	3	28	32	60	3	8	464
2021	193	10	19	120	4	4	29	34	63	4	8	486
2022	202	10	20	125	4	4	30	35	66	4	9	508
2023	212	11	21	132	4	4	32	37	69	4	9	534
2024	223	11	22	138	4	4	34	39	73	4	10	562
2025	234	12	23	145	4	4	35	41	76	4	10	591
2026	246	12	24	153	5	5	37	43	81	5	11	621
2027	260	13	26	161	5	5	39	46	85	5	11	656
2028	274	14	27	170	5	5	42	49	90	5	12	694
2029	290	14	29	180	6	6	44	51	95	6	13	733
2030	306	15	30	190	6	6	47	54	101	6	14	774

Fuente: Cálculos Propios.

De acuerdo a la proyección del tráfico normal, al final del período de diseño de los **15 años** será de **774 vpd**. Este resultado infiere un crecimiento moderado del Tránsito de Diseño Diario Anual (TPDA) a lo largo de periodo de diseño. En congruencia con las características económicas de la zona, los principales vehículos en la composición del TPDA durante todo el período de diseño del proyecto, son las motocicletas, camionetas doble cabina (con tina) y los principales vehículos de movimiento de carga representados por los camiones tipo C-2.

Los resultados obtenidos del Tránsito de Diseño se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 25

Tránsito de Diseño de la Carretera Empalme Portillo-El Cuá

Tipo de Vehículo	Peso por Eje	TPD Actual	Factor de Crecimiento	Tránsito de Diseño
A2	2,200	8	7,363	29,453
	2,200			
Jeep	2,200	16	7,363	58,905
	2,200			
Camionetas	2,200	100	7,363	368,158
	4,400			
Mbus <15 Pasaj.	4,400	3	7,838	11,757
	8,800			
Mbus >15 Pasaj.	8,800	3	7,838	11,757
	17,600			
Bus	11,000	24	7,838	94,059
	22,000			
C2 Liv.	8,800	28	7,838	109,736
	17,600			
C2	11,000	52	7,838	203,795
	22,000			
C3	12,000	3	7,838	11,757
	36,300			
OTROS (T3-S2)	11,000		7,838	27,434
	35,200			
	35,200			
		244		926,811

Fuente: Cálculos Propios.

CAPÍTULO III

3. CONCEPTOS GENERALES DE ESTUDIO DE SUELO

3.1 Estudio de Suelo

El suelo es la capa más superficial de la corteza terrestre, que resulta de la descomposición de las rocas por los cambios bruscos de temperatura y por la acción del agua, el viento y los seres vivos. Esta capa puede tener hasta varios cientos de metros y se distinguen dos sub-capas:

- ✓ Sub-capa superficial: Presenta una intensa actividad biológica (contiene microorganismos, raíces, materia orgánica, etc.). Este es el suelo edáfico y no es apto como material de construcción ni para soportar cargas significativas. La retirada de esta capa es necesaria para construir y se realiza mediante la operación de desbroce.

- ✓ Sub-capa profunda: Está constituida por materiales totalmente inertes y es el objeto de la Mecánica de Suelos.

3.1.1 Estudio de Suelos

Antes de iniciar con el diseño de un proyecto vial se debe recopilar y analizar muestras representativas del suelo donde se desea realizar el proyecto, con el fin de determinar sus propiedades físico-mecánicas, las cuales determinarán su resistencia o capacidad para soportar cargas externas. El estudio de los suelos en los proyectos es imprescindible para poder adoptar la mejor alternativa de inversión, tanto técnica como financiera.

Las muestras de los suelos se reúnen a través de sondeos hechos en campo, estas muestras luego son llevadas al laboratorio en donde se realizan pruebas o ensayos, con el fin de determinar las condiciones actuales de éstos.

Los resultados del estudio de suelos constituyen una fuente de información esencial para el diseño del proyecto, ya que con estos datos se procede a determinar los espesores de las diferentes capas de la estructura de pavimento.

El análisis también se realiza a las posibles fuentes o bancos de materiales que se localicen en las cercanías del proyecto.

3.1.1.1 Métodos de Muestreo

Para determinar las características físico-mecánicas del suelo donde se desea cimentar una determinada obra se deben extraer muestras del mismo, estas muestras deben ser luego analizadas y ensayadas en laboratorio.

El proceso de obtención de estas muestras es de vital importancia, pues requiere no solo conocimientos de suelos y materiales, sino experiencia para seleccionar el o los sitios donde deberán tomarse las muestras y determinar, además la profundidad a la cual deberá extraerse dichas muestras. En dependencia de la información que se necesite y de los ensayos de laboratorio se define la forma de muestreo de los suelos, tales como, pozo a cielo abierto, sondeos manuales, ensayo de penetración estándar (SPT) o métodos rotativos en roca.

3.1.1.2 Bancos de Materiales

Se deben de ubicar todas las fuentes de materiales posibles que pudieran suplir los volúmenes suficientes para la construcción de las diferentes capas de la estructura de pavimento que se requieren en los proyectos.

A estas posibles fuentes de materiales se les debe de analizar las cualidades y características requeridas para los fines estructurales procurando el mínimo costo en procesamiento y/o estabilización.

Se procurará en la medida de lo posible que los bancos de materiales estén lo más cercano al proyecto, y generalmente se realizan en cada banco 5 sondeos a una profundidad de 3 metros para conocer sus características.

3.1.2 Perfil del Subsuelo

Una vez conocidos los perfiles topográficos de la zona, es necesario conocer el perfil del subsuelo, es decir, conocer las clases de materiales que forman el subsuelo a diferentes profundidades.

Cualquiera que sea el tipo de perforación que se ejecute, a medida que se va profundizando en ella se deben anotar los espesores de los distintos estratos atravesados, el color y olor de los materiales. Con estos datos y los resultados obtenidos en el laboratorio a los materiales de la línea, se realiza un perfil de suelo.

3.1.3 Principales Características de un Suelo

Entre las características principales del suelo se pueden mencionar:

Densidad: Es la cantidad de materia sólida presente por unidad de volumen.

Cohesión: Es la atracción entre partículas, originada por las fuerzas moleculares y las películas de agua. Por lo tanto, la cohesión de un suelo variará si cambia su contenido de humedad.

Permeabilidad: Es la propiedad que tienen los suelos de permitir el paso del agua a través de sus vacíos.

3.2 Clasificación de los Suelos

Un sistema de clasificación de suelo consiste en un ordenamiento de los diferentes suelos en grupos que tienen propiedades similares, siendo su propósito dar facilidades para estimar las propiedades o aptitudes de un suelo por comparación con otros de la misma clase, cuyas propiedades se conocen y facilitan un método preciso para su descripción.

En la actualidad los sistemas más utilizados para la clasificación de los suelos, en estudios para diseño de pavimentos de carretera y aeropistas son el de la American Association Of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el Unified Soil Classification System, conocido como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

3.2.1 Clasificación de Suelos por AASHTO

De acuerdo al sistema AASHTO los suelos están clasificados en ocho grupos, designados por los símbolos A-1 hasta el A-8, basándose en la composición granulométrica, el límite líquido y el índice de plasticidad de los suelos. A su vez los grupos A-1, A-2 y A-7 se subdividen en dos (2), 4 y 2 subgrupos respectivamente.

A cada una de estas clasificaciones se determina igualmente su “Índice de Grupo”, el cual es calculado mediante una fórmula empírica.

Índice de Grupo: La clasificación de un suelo en un determinado grupo se basa en su límite líquido, grado de plasticidad y porcentaje de material fino que pasa por el tamiz N° 200. Los índices de grupo de los suelos granulares están

generalmente comprendidos entre 0 y 4; los correspondientes a los suelos limosos, entre 8 y 12 y de los suelos arcillosos, entre 11 y 20, o más. El índice de grupo se calcula con la fórmula siguiente:

Ecuación 9:

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15) * (IP - 10)$$

Donde:

IG: Índice de Grupo

F: Porcentaje del suelo que pasa por el tamiz N° 200, expresado como número entero.

LL: Límite Líquido.

IP: Índice de Plasticidad

La categoría de suelos granulares la forman los grupos A-1, A-2 y A-3, mientras que la categoría de suelos finos la constituyen los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Los suelos orgánicos corresponden al grupo A-8.

3.3 Ensayes de Laboratorio fundamentales para proyectos de carreteras

Una vez recolectadas las muestras de los sondeos de línea y de los posibles bancos de préstamo a utilizarse, se le deberá realizar los siguientes ensayos de laboratorio, para determinar si estos materiales pueden ser empleados en la estructura de pavimento, según los requerimientos de la normativa correspondiente a utilizar.

- a. Humedad
- b. Análisis Granulométrico de los suelos
- c. Límites de Atterberg o Límites de Consistencia

- d. Determinación de la resistencia de los suelos por medio del ensaye CBR.

3.4 Especificaciones Generales para la construcción de caminos, calles y puentes: NIC-2000

La NIC-2000 constituye las normativas que rigen la administración y construcción de obras viales en Nicaragua, y debe de ser incorporada a cualquier contrato de construcción, cualquiera que sea el contratante.

En estas normativas se encuentran detalladas las especificaciones técnicas que deben cumplir los diferentes tipos de materiales que se usaran en la estructura de pavimento. Específicamente en la **sección 1003** de estas normas se encuentran los requerimientos para la selección de los materiales para cada capa de la estructura de pavimento.

3.4.1 Capa sub-rasante

El ensayo de CBR mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, además se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y sub-rasantes bajo el pavimento de carreteras. Está normado en la AASHTO con el número T-193.

3.4.1.1 Agregados para el mejoramiento de la sub-rasante

La NIC-2000 recomienda que el material esté constituido por partículas duras y durables, o fragmentos de escoria, piedra o grava, cribadas o trituradas al tamaño y graduación que se requieran. A la vista, el material estará exento de material vegetal y de terrones de arcilla.

3.4.2 Especificaciones para la base y sub-base

Los materiales que podrán ser utilizados para la Base y Sub base deben de cumplir con ciertos requisitos. Uno de ellos es que el Límite Líquido (AASHTO T 89) debe ser máximo de 25. Además deben de cumplir con la graduación que se plasma en **Anexo C, Tabla N° 26**.

3.4.2.1 Especificaciones para la capa base del pavimento

Los requisitos que debe cumplir el material para la Base, después de ser colocado y compactado, (incluyendo material estabilizado mecánicamente), según las Especificaciones Generales para la construcción de caminos, calles y puentes (NIC-2000), Detallados en **Tabla N° 27, Anexo C**.

3.4.2.2 Especificaciones para la capa sub-base del pavimento

Los requisitos que debe cumplir el material, después de colocado y compactado, (incluyendo material estabilizado mecánicamente), según las Especificaciones Generales para la construcción de caminos, calles y puentes (NIC-2000), son los mostrados en la **tabla 28, pág. 40**.

3.4.3 Estabilización de Suelos

Cuando se trata de construir una estructura de pavimento, en muchas ocasiones se encuentra que el suelo que está presente a lo largo del proyecto, o en su defecto el que ocuparemos como fuente de material para la constitución de las diferentes capas de la estructura de pavimento, no reúne las características adecuadas para ello. Con el fin de poder utilizar estos suelos se debe modificar algunas de sus características indeseables. Para lograr este resultado se debe realizar una estabilización de los suelos.

Tabla 28

Ítem	Propiedad	Gravas	Arena, limos y arena arcillosa	Designación
1	% que pasa malla de 3 in.	75 máximo		AASHTO T 27
2	% que pasa malla No.10		95 máximo	
3	% que pasa malla No.200		10% mínimo-30% máximo	AASHTO T 11
4	Límite Líquido		35% máximo	AASHTO T 89
5	Índice Plástico	15% máximo	5% mínimo-12% máximo	AASHTO T 90
6	CBR al 95% de ASSHTO Modificado (AASHTO T 180)	40% mínimo	40% mínimo	AASHTO T 180

Fuente: NIC-2000, Subdivisión 1000, Sección 1003.

Se entiende como proceso de la estabilización de suelos, al conjunto de fenómenos mecánicos físicos, químicos y físico-químicos, tendientes a modificar las propiedades de los suelos que interesan, para una determinada aplicación en ingeniería, haciendo que el material suelo sea adecuado para el uso y diseño previsto, reemplazando a otros materiales no disponibles o más costosos.

La estabilización de un suelo produce un incremento en la resistencia del mismo, además de que disminuye su compresibilidad y aumenta su durabilidad, al presentar una mayor resistencia a los agentes atmosféricos y al tránsito que debe soportar durante el periodo de diseño del proyecto.

Provee asimismo una base impermeable, evitando que se produzcan cambios volumétricos. Sin embargo se debe garantizar que existe cierta permeabilidad para evitar que la presión de los poros dañe las capas de pavimento en caso que se produzca una saturación de las mismas.

La aplicación de la estabilización de suelos es muy amplia y depende entre otras cosas, de la clasificación de la carretera y del tipo de estructura a diseñar. Se puede utilizar tanto en la Sub – rasante como en la Sub - base y Base.

3.5 Información recopilada Estudio de Suelos Empalme El Portillo-El Cuá

El objetivo del Estudio Geotécnico es conocer las características físico-mecánicas del sub-suelo a lo largo del camino, por medio de la realización de ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas de los sondeos, la investigación incluye también conocer las características de los Bancos de Materiales, cuyos resultados constituyen la información base para la determinación de los espesores de la estructura de pavimento que se pretende realizar.

3.5.1 Trabajos de Campo

Los trabajos de campo corresponden básicamente en la realización de sondeos manuales a lo largo del rodamiento del camino, ubicados cada 100 m uno del otro (alternadamente). Igualmente, la toma de muestras de dos (3) bancos de materiales.

Una vez tomadas las muestras de suelo de los sondeos de línea y de los bancos de materiales, éstas fueron resguardadas y llevadas al Laboratorio (ubicado en el Municipio de El Cuá – Jinotega), donde se analizaron de acuerdo con los métodos mostrados en la tabla 29 Y 30 (ver **pág. 42 y 43**, respectivamente).

TABLA 29
ENSAYE DE LABORATORIOS EN SONDEOS DE LÍNEA

N°	ENSAYO	NORMA
1	Granulometría	ASTM D-422 ó AASHTO T-88
2	Límite líquido	ASTM D-423 ó AASHTO T-89
3	Límite plástico e Índice de Plasticidad	ASTM D-424 ó AASHTO T-90
4	Clasificación HRB	ASTM D-3282 ó AASHTO T-145
5	Próctor estándar	ASTM D-698 ó AASHTO T-99
6	CBR	ASTM D-1883 ó AASHTO T-193
7	Humedad natural	ASTM D-2216

Fuente: Pruebas de laboratorio efectuada, CONDISA- TOPONORT.

TABLA 30
ENSAYE DE LABORATORIOS EN BANCOS DE MATERIALES

N°	ENSAYO	NORMA
1	Granulometría	ASTM D-422 ó AASHTO T-88
2	Límite líquido	ASTM D-423 ó AASHTO T-89
3	Límite plástico e Índice de Plasticidad	ASTM D-424 ó AASHTO T-90
4	Clasificación HRB	ASTM D-3282 ó AASHTO M-145
5	Próctor estándar	ASTM D-698 ó AASHTO T-99
6	Próctor modificado	ASTM D-1557 ó AASHTO T-180
7	Pesos volumétricos y varillado	ASTM C-29 ó AASHTO T-19
8	CBR	ASTM D-1883 ó AASHTO T-193
9	Humedad natural	ASTM D-2216
10	Desgaste de los Ángeles	ASTM C-131 ó AASHTO T-96
11	Absorción	ASTM C-45 ó AASHTO T-25
12	Intemperismo acelerado	ASTM C-88 ó AASHTO T-104

Fuente: Pruebas de laboratorio efectuada, CONDISA- TOPONORT.

3.5.1.1 Sondeos en Línea

Para dicho estudio, se efectuaron un total de ciento treinta y tres (133) sondeos manuales, en el Tramo de Empalme El Portillo-El Cuá, con profundidades máximas de 1.50 m. La ejecución de los sondeos fue a cada cien metros, ubicados alternadamente al centro, izquierda y derecha de la sección de la carretera.

El muestreo de los sondeos de línea se hizo con barras, posteadoras (palines dobles) y palas. Una vez extraídas, las muestras fueron clasificadas en el sitio visualmente y al tacto. Luego las muestras de los sondeos en número de trescientas (300) fueron trasladadas al Laboratorio, con el objeto de su clasificación definitiva una vez realizados los análisis y ensayos correspondientes.

En el caso de los ensayos CBR (AASHTO T-193), previa clasificación de los suelos típicos, se realizaron con una frecuencia de 500 m. El criterio de la agrupación de los suelos para los ensayos de CBR, fue el de formar grupos con suelos similares que tengan igual clasificación HRB. De esta manera salieron siete (7) grupos de CBR. Los resultados de los ensayos de CBR con 0.2" de penetración fueron en general similares o un poco mayor que con los obtenidos con 0.1" de penetración del pistón. Los resultados de CBR seleccionados fueron el promedio de ambas penetraciones.

3.5.1.2 Sondeos en Bancos de Materiales

A fin de contar con las fuentes de materiales necesarias para la conformación de la estructura de pavimento, fundamentalmente, se llevó a cabo un reconocimiento de la zona a fin de detectar las potenciales fuentes o bancos de materiales existentes para su utilización.

Se tomaron muestras de tres (3) Bancos de Materiales, los cuales se ubican, según tabla N°19. (Del banco N°3, no se contaba con la información general, solo se tomaron muestras).

El primero de los Bancos es de uso conocido en la zona y está en condición de explotado, por lo que presenta cortes. Se realizaron cinco (5) sondeos manuales de 1.5*1.5*3.0 m de profundidad debido a que es material de préstamo. En el caso del Banco Darío Gurdían se efectuaron un total de siete (7) sondeos manuales, distribuidos representativamente. Este aún no ha sido explotado. Por otra parte, se realizaron muestreos de material para efectuarles Ensayos de Desgaste de los Ángeles (AASHTO T-96), Intemperismo Acelerado (AASHTO T-104) y Absorción (AASHTO T-25) en el Laboratorio de Managua.

3.5.2 Trabajos de Laboratorio

Mediante los sondeos realizados, las muestras obtenidas se sometieron a ensayos de laboratorio que se detallan en la tabla N°31 y N°32 (ver pág. 46); conforme a las normas AASTHO.

Tabla 31

Resumen de los Bancos de Materiales Investigado							
N°	Nombre Banco	Propietario	Pozo y/o Perforación	Clasificación H.R.B	Ubicación	Coordenadas UTM	
						X	Y
1	La Laguna	Sr. René Tinoco	1	A-2-5 (0)	Est 1+500,75 m Lado Izquierdo	639266.51	1470147.22
			2	A-7-5 (5)		639258.69	1470137.11
			3	A-7-5 (5)		639278.14	1470147.22
			4	A-7-5 (5)		639288.46	1470131.45
			5	A-1-a (0)		639222.75	1470183.53
2	Darío Gurdían	Sr Darío Gurdían & Sra. Juana Tinoco	1	A-2-5 (0)	Est 12+100, 700 m Lado Izquierdo	643607.77	1477041.89
			2	A-7-5 (2)		633462.86	1477085.41
			3	A-7-5 (4)		643585.88	1477055.42
			4	A-2-7 (0)		643485.11	1477089.97
			5	A-2-7 (0)		643456.52	1477042.1
			6	A-2-5 & A-2-7 (0)		643572.3	147699.4
			7	A-7-5 (12) (20)		643535.24	1476977.32

Tabla 32

Información de Bancos de Materiales					
BANCO	TIPO DE MATERIAL	USO PROBABLE	VALOR APRÓX. NETO (m3)	VOL. DESCAPOTE (m3)	VOL. A EXPLOTAR (m3)
La Laguna	Cascajoso & Préstamo	Sub-Base, Terraplén. Relleno de Alcantarillas	21,590	4,080	17,510
Darío Gurdían	Cascajoso & Préstamo	Sub-Base, Terraplén. Relleno de Alcantarillas	108,958	6,283	102,675

Fuente: Resultados de ensayos de laboratorio.

3.5.2.1 Resultado de los Ensayos sobre la línea

Los suelos existentes a lo largo del Proyecto, de acuerdo a los sondeos realizados y a los ensayos de Laboratorio efectuados, presentan de manera general las características siguientes:

Superficialmente como capa de rodamiento con espesor mínimo de 20 cm y hasta el final de los sondeos de 1.50 m de profundidad, existen principalmente suelos gravo areno-limoso de media-alta plasticidad con clasificación HRB de A-1-b (0), como también existen suelos tipo A-1-a (0), A-2-4 (0), A-2-6 (0), A-2-5 (0), A-2-7 (0) y A-7-5 (1). La mayoría con coloración café.

La plasticidad de estos suelos varía desde 37 % a hasta 59 % de Límite Líquido (AASHTO T-89), obteniendo como valor media 38 %. En cuanto al Índice de Plasticidad (AASHTO T-90), este varía de 6 % hasta un 14 %, con valor promedio de 8 %.

El valor de los ensayos C.B.R. (AASHTO T-193) obtenidos de las muestras de rodamiento, compactadas al 90 %, 95 % y 100% del Próctor Estándar (AASHTO T-99), fue del orden de 13% a 27 %, de 21% a 38 % y de 30 % a 45 %, respectivamente.

Entre los suelos de rodamiento, existe un caso que presenta una plasticidad de 59 % en el Límite Líquido y 14 % en el Índice de Plasticidad, este corresponde al **Sondeo manual No. 57 (Est. 5+600) con una profundidad de 1 m.**

En el **Anexo C, 3.3** Resumen de Ensayos sondeos de Línea, se presentan los resultados respectivos de los ensayos de laboratorio efectuados en las muestras de suelo provenientes de los sondeos manuales de línea. El Anexo contiene Ensayos de Granulometrías (AASHTO T-88), Límites de Atterberg (AASHTO T-89 y T-90) y Porcentajes de Humedades Naturales, por otro lado, Ensayos de Próctor Estándar (AASHTO T-99) y CBR (AASHTO T-193).

3.5.2.2 Resultado de los Ensayes de los Bancos

- **Banco N° 1: La Laguna**

El Banco de Materiales N°. 1 se ubica en la Estación 1+500, 75 m, lado izquierdo de la carretera. Esta fuente de material es de uso conocido en la zona y su propietario es el Sr. René Tinoco.

Inicialmente se realizaron tres sondeos manuales (1.5*1.5*3.0 m) en la sección derecha, el primero ubicado al pie del talud, resultando la muestra con clasificación (H.R.B.) A-2.5 (0), en tanto los dos siguientes se efectuaron en la parte superior (2 y 3), encontrándose suelo de granulometría fina con propiedad arcillosa de alta plasticidad del tipo A-7-5 (5). Posteriormente y en esa misma parte, se sondeó una cuarta muestra, obteniéndose el mismo tipo de suelo A-7-5 (5). Además, se notó un leve desvanecimiento de este material arcilloso en la parte frontal del talud producto de la inadecuada forma de explotación del que ha sido objeto dicho sector del banco en mención. Seguidamente, se procedió a muestrear la parte izquierda del Banco a través de un quinto sondeo manual en forma de escalera, en donde se localizó una grava areno-limosa del tipo A-1-a (0).

En cuanto a las propiedades plásticas de los materiales muestreados, tenemos que el Limite Líquido (AASHTO T-89) varía de 47 a 65 %, el Índice de Plasticidad (AASHTO T-90) oscila entre el 4 y 12 %. Sus partículas pasan de 72 a 100 % en el tamiz de 2", de 23 a 68 % el tamiz N°.4 y de 9 a 49 % el tamiz N°.200. Gravedad Específica y Absorción promedio de 2.497 y 5.40 %, respectivamente.

Los Pesos Volumétricos Secos Suelto y Varillado son de 1,039 y 1,213 kg/m³, respectivamente. El Peso Volumétrico Seco Máximo es de 1,262 kg/m³ (estándar) y 1,468 kg/m³ (modificado), su Factor de Abundamiento es de 1.41. Los resultados del ensayo CBR realizado corresponde a 20, 50 y 80 % (90, 95 y 100 %). El Ensayo de Desgaste de los Ángeles (AASHTO T-96) da como resultado 17.6 %. El ensayo de Intemperismo Acelerado dio como resultado 1.50 %.

El Banco tiene un volumen aproximado de 17,510 m³. En promedio la capa de descapote (vegetación) es de unos 16 cm. A como se mencionó la capa de descapote de material arcilloso (A-7-5) es de más de 3 m (Hemisferio derecho).

Este banco de material esta propuesto para la capa de Base, por lo que se procedió a muestrearlo nuevamente para realizar ensayos de resistencia a la compresión de cilindros moldeados de suelo-cemento, de acuerdo a la Norma ASTM D-1633 – Método “A”. (Ver en **Anexo C, Tabla 33, 34 y 35**, resultados obtenidos).

- **Banco N° 2: Darío Gurdían**

El segundo Banco de Material se ubica en la Estación 12+100 (Empalme El Cuá-San José de Bocay), 700 m, lado izquierdo (300 m Norte y 400 m Oeste). Actualmente, está en condición de no explotado. El propietario de la primera zona de estudio es el Sr. Darío Gurdían, luego se procedió al muestreo de una propiedad adjunta izquierda, de la cual su propietaria es la Sra. Juana Tinoco.

El camino de acceso se encuentra en buen estado de tránsito los primeros 300 m y regular el resto. Los sondeos manuales de 1.5*1.5*3.0 m (7 en total) se realizaron en tres regiones, en la primera (Este) se efectuaron dos (N°. 1 y 3), resultando suelos del tipo A-2-5 (0) (cascajoso) y A-7-5 (4), respectivamente. En la región Norte-Oeste los sondeos N°. 2, 4 y 5, del primero de estos se obtuvo un suelo arcilloso A-7-5 (2), de los otros resultaron grava-arena arcillosas del tipo A-2-7 (0). Finalmente, se consideró ampliar la zona de estudio a una propiedad adjunta (Sur) en la cual se realizaron los dos últimos sondeos manuales, en el N°. 6 se localizaron gravas arena limosas y arcillosas de los tipos A-2-5 y A-2-7 y en el N°. 7 se obtuvo suelos arcillosos A-7-5 (20) (12).

En cuanto a las propiedades plásticas de los materiales muestreados, tenemos que el Limite Liquido (AASHTO T-89) varía de 42 a 73%, el Índice de Plasticidad (AASHTO T-90) oscila entre el 10 y 27 %. Sus partículas pasan de 70 a 100 % en el tamiz de 2”, de 10 a 100 % el tamiz N°.4 y de 5 a 91 % el tamiz N°.200. Gravedad Especifica y Absorción promedio de 1.841 y 14.60 %, respectivamente.

Los Pesos Volumétricos Secos Suelto y Varillado son de 995 y 1,158 kg/m³, respectivamente. El Peso Volumétrico Seco Máximo es de 1,518 kg/m³ (estándar) y 1,612 kg/m³ (modificado), su Factor de Abundamiento es de 1.52.

Los resultados del ensayo CBR (A-2-5) realizado corresponde a 30 %, 42 % y 48 % (90 %, 95 % y 100 %). El Ensayo de Desgaste de los Ángeles (AASHTO T-96) da como resultado 15.2 %. El ensayo de Intemperismo Acelerado dio como resultado 1.21 %.

El Banco tiene un volumen aproximado de 102,675 m³. La capa de descapote promedio es de 33 cm. En cuanto a la manera explotación de esta fuente de material de préstamo, no presenta alguna dificultad debido a la topografía del terreno, únicamente considerándose el empleo de tractor y cargadora frontal, previo retiro de la capa de suelo orgánico.

En el **Anexo C, Tabla 36**, se presenta de manera consolidada las principales características de los Bancos de Materiales estudiados en el Proyecto y en el **Anexo C, 3.6**, se presentan los resultados respectivos de los ensayos de laboratorio efectuados en las muestras de suelo provenientes de los sondeos manuales de los Bancos de Materiales. El anexo contiene Ensayos de Granulometría (AASHTO T-88), Límites de Atterberg (AASHTO T-89 y T-90) y Humedad Natural, por otro lado, Ensayos de Próctor Estándar (AASHTO T-99), Modificado (AASHTO T-180), Pesos Volumétricos (AASHTO T-19) y CBR (AASHTO T-193), ambos con sus respectivos cuadros resumen.

- **Banco N° 3: Las Perlitas**

No se cuenta con información general exhaustiva de este banco, pero, en **Anexo C, Tabla 37**, se refleja los resultados obtenidos de los ensayos practicado a la muestra obtenida del sitio.

En cuanto a las propiedades plásticas de los materiales muestreados, tenemos que el Limite Líquido (AASHTO T-89) es de 36%, el Índice de Plasticidad (AASHTO T-90) de 12 %. Sus partículas pasan de 85 a 100 % en el tamiz de 3/4", de 78 a 100 % el tamiz de 3/8", de 70% en el tamiz N°.4 y de 14 % el tamiz N°.200.

El Peso Volumétrico Seco Máximo es de 1,887 kg/m³ (estándar).

Los resultados del ensayo CBR (A-2-6) realizado corresponde a 16 %, 23 % y 35 % (90 %, 95 % y 100 %).

Este banco de material esta propuesto para la capa de Base, por lo que se procedió a muestrearlo nuevamente para realizar ensayos de resistencia a la compresión de cilindros moldeados de suelo-cemento, de acuerdo a la Norma ASTM D-1633 – Método "A". (Ver en **Anexo C, Tabla 38**, resultados obtenidos).

3.5.3 Estabilización de Materiales de Banco con Cemento

Debido que los resultado de los ensayos realizados a los materiales que poseen los diferentes bancos analizados en este estudio de suelos, arrojan que los materiales no cumplen con las especificaciones técnicas requeridas por la **NIC-2000** para ser utilizados como materiales para la base de la estructura de pavimento (Ver **Anexo C, tabla 27**), por lo que, se utilizará la estabilización del suelo con cemento como mecanismo para incrementar su resistencia.

La experiencia nos demuestra que en los proyectos viales de nuestro país, la estabilización de los suelos utilizando cemento ha dado buenos resultados y tomando en cuenta que las propiedades de los suelos existentes del camino, así como de los materiales contenidos en los bancos de materiales no reúnen totalmente los requisitos para ser utilizados en la construcción de la estructura del pavimento, se realizaron ensayos con muestras de material de banco

combinándolas con una pequeña proporción de cemento, buscando mejores resultados y obtener los índices de resistencia requeridos para la conformación de una capa de base estabilizada con cemento.

De las pruebas realizadas de ensayo de resistencia de compresión , a los materiales de los bancos (“La Laguna” y “Las Perlitas”) con cemento en proporciones de 4%, 6% y 8%.(Ver **Anexo C, Tabla 33,34, 35 y 38**).

La tabla N° 39 muestra la Resistencia de materiales de banco mezclado con cemento (en PSI).

Tabla 39
Resistencia de mezcla suelo cemento (PSI)

Banco N°	Proporción de Cemento		
	4%	6%	8%
1	112.70	145.54	168.25
3	170	262	357

Fuente: Ensayos de Laboratorio.

3.5.4 Resultados Obtenidos para el uso en la estructura de Pavimento

La carencia de fuentes de materiales que contengan las cualidades y propiedades mecánicas aceptables que les permita ser utilizadas en la conformación de una estructura de pavimento, constituyen una limitante para la determinación del abastecimiento de materiales que se requerirá en el proyecto.

Pese a que se detectaron 2 bancos para ser posiblemente utilizados, no resultó ser suficiente dado que las condiciones de los materiales contenidos en ellos no son totalmente satisfactorias en su estado natural para el uso que se requiere y otros no pueden ser utilizados ya que están destinados a otros fines.

Según los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorios realizados a los distintos materiales (Ver **Anexos C, 3.3, Anexo C, Tabla 33, 34,35 y Anexo C, 3.6**) y debido a limitantes de carácter económico, se determinó **que los materiales a utilizar según el requerimiento del diseño de pavimento para formar las distintas capas de pavimento serán los siguientes:**

➤ **Para la base:**

Se empleará material del banco **N° 3 (Las Perlitas)** y se estabilizará con cemento debido a que este posee un CBR de **23** al 95% de la densidad Próctor estándar y de **35** al 100% de la densidad Próctor estándar, que según las especificaciones técnicas requeridas por la **NIC-2000**, se considera que el material es no adecuado, ya que el CBR mínimo que debe poseer el material usado en esta capa debe ser de **80** al 95% de la densidad Próctor estándar y por lo tanto se debe mejorar, incrementando su resistencia, estabilizándolo con cemento. (Ver **Anexo C, Tabla 38**).

Cabe mencionar que este material al ser estabilizado cumple con los requerimientos de las especificaciones técnicas de la **NIC-2000** y según los ensayos practicados en laboratorio, este material alcanzará una resistencia mínima de **357 psi** a proporción del **8%** de cemento, que según lo expuesto en la **NIC-2000** la resistencia mínima requerida es de **261 psi**.

De lo anterior, es necesario señalar que la cantidad de cemento se determinará mediante la siguiente ecuación.

Ecuación N° 10:

$$\text{Bolsas de Cemento} = \frac{\text{Peso Volumétrico} * \text{proporción de cemento}}{\text{Peso del Cemento}}$$

Donde:

Peso volumétrico del material del banco N° 3, suelo A-2-6 (0) = 1,887 kg/m³

Peso del cemento = 42.5 kg/Bolsa

Proporción del cemento a utilizar = 8%

Sustituyendo estos valores en la ecuación, se obtiene:

$$\text{Bolsas de Cemento} = \frac{1887 \text{ Kg/m}^3 * 0.08}{42.5 \text{ Kg}}$$

Por lo que, se utilizarán 3.552 bolsas \approx **4 bolsas de cemento por cada m³** de material del banco **N° 3 (LAS PERLITAS)**, para ser utilizado como base de la estructura de pavimento.

➤ **Para la sub base:**

Se empleará material en su forma natural del banco **N° 1**, cuyo tipo de suelo es A-2-5 (0). Cabe señalar que este material cumple con los requerimientos de la **NIC-2000**, la cual requiere de un CBR mínimo de **40** al 95% de la densidad Próctor estándar, por lo que a este material al practicarle la prueba de CBR cumple con este requerimiento. (Ver **Anexo C, Tabla 36**).

Cabe mencionar que este material cumple en gran parte con los requerimientos de granulometría requeridos por la **NIC-2000**. Como se había enfatizado anteriormente a falta de encarecer los costos de la obra se usará material de este banco para conformar la sub-base en su forma natural.

CAPITULO IV

4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

4.1 GENERALIDADES DEL PAVIMENTO

4.1.1 Pavimento

Pavimento es una estructura compuesta por un conjunto de capas superpuestas, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados, con el fin de distribuir y transmitir las cargas aplicadas por el tránsito a la sub rasante. Las diferentes capas de la estructura de pavimento se apoyan sobre la sub-rasante de la vía y también comprende la superficie de rodamiento sobre la cual los diferentes tipos de vehículos transitarán durante el período para el cual sea diseñada dicha estructura del pavimento.

4.1.1.1 Características de un Pavimento

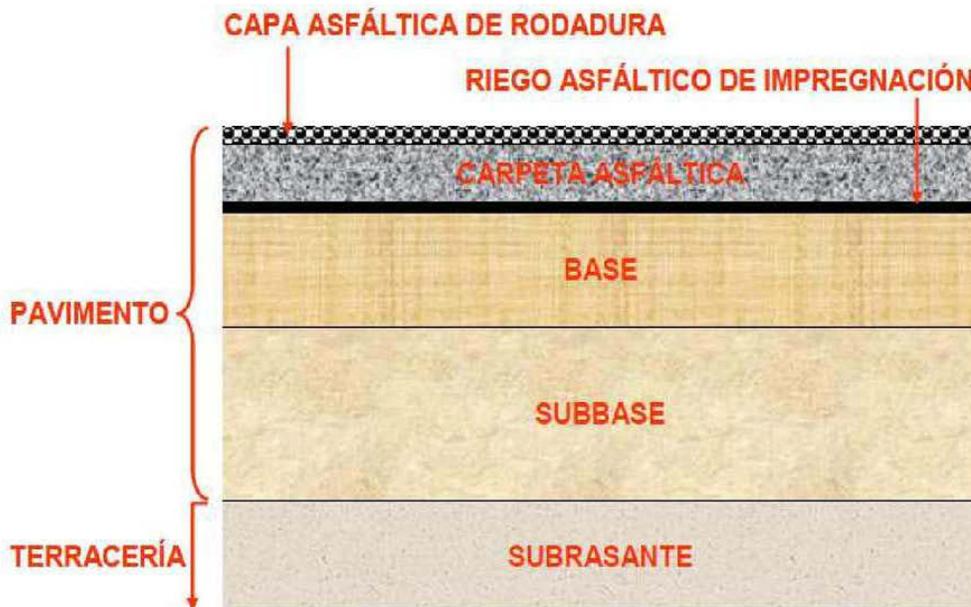
Las funciones con las que debe cumplir un Pavimento se muestran en el **Anexo D, Fig. 1.1**.

4.1.1.2 Estructura de un Pavimento

La estructura de un pavimento la constituyen tres capas, en orden ascendente tenemos: Sub base, Base y Carpeta de Rodamiento. Estas capas se colocan sobre la sub rasante del terreno y están formadas por materiales de mejor calidad que ésta.

En el Gráfico # 1 (ver **pág.56**), se muestra un ejemplo de cómo, genéricamente, se conforma una Estructura de Pavimento.

Gráfico # 1



Estructura de Pavimento

4.1.1.3 Sub-Base

Es la capa granular localizada entre la sub-rasante y la base. Generalmente la sub base suele ser una capa necesaria en una estructura de pavimento, sin embargo en dependencia de los resultados que arroje el diseño de pavimento, esta capa puede no ser necesaria, principalmente cuando la capacidad de soporte de la sub rasante es buena.

Aun cuando se emplean para absorber los esfuerzos generados por los vehículos, debido a que se encuentran algo alejadas de la superficie en donde se aplican las cargas, no se requieren materiales tan resistentes como los exigidos en las capas de base.

Las funciones principales de una Sub base se muestran en el **Anexo D, 4.2.**

4.1.1.4 Base

La capa Base se define como aquella capa de material que está colocada debajo de la capa de rodamiento. Debido a su ubicación, muy cercana a la superficie en donde se aplican las cargas de los vehículos, deben poseer una alta resistencia a la deformación, siendo capaces de soportar los esfuerzos aplicados sobre ellas.

Normalmente se construyen con materiales de Módulos Elásticos altos, con lo cual se logra absorber parte de los esfuerzos y distribuirlos a las capas inferiores en una magnitud tal que estos puedan ser soportados por materiales de menor calidad, como son los que conforman las capas de sub-base o de sub-rasante.

Una segunda función de la capa base está asociada con la facilidad de drenar las aguas provenientes de la superficie, o de evitar la ascensión capilar de aguas inferiores. Por último, persiguen un fin económico, ante la posibilidad de emplear materiales de menor costo que los utilizados en la capa de rodamiento.

Normalmente son construidas con mezclas de fragmentos de piedra o grava, y materiales finos de relleno, pudiendo también emplearse suelos locales estabilizados mediante la incorporación de cal hidratada o cemento Portland, en cantidades suficientes para incrementar en forma sustantiva su capacidad de resistencia

Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, y todas estas propiedades dependerán de la proporción de finos con respecto al agregado grueso.

4.1.1.5 Carpeta de Rodamiento

Es la capa que se coloca sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos.

Las carpetas de rodamiento tienen como función principal: proporcionar una superficie de rodamiento adecuada que permita en todo tiempo un tránsito fácil y cómodo de los vehículos, además de Resistir a la acción de desgaste que ejerce el tránsito de los vehículos y de los agentes climáticos.

Las superficies de rodadura de los pavimentos flexibles se dividen en:

- 1) Bloques de concretos (Adoquines):** son elementos construidos con material pétreo y cemento, pudiendo tener varias formas, todas ellas regulares, y que son colocados sobre una cama de arena de 3 a 5 centímetros de espesor, la que tiene como función primordial absorber las irregularidades que pudiera tener la base, proporcionando a los adoquines un acomodamiento adecuado y ofreciendo una sustentación y apoyo uniforme en toda su superficie. Además, sirve para drenar el agua que se filtra por las juntas, evitando que se dañe la base.
- 2) Capas Asfálticas:** están constituida por un material pétreo al cual se le adiciona un producto asfáltico que tiene por objeto servir como aglutinante.

4.1.1.6 Clasificación de los pavimentos

De acuerdo con el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, los pavimentos se clasifican en Pavimentos Rígidos y Pavimentos Flexibles en el cual se basa nuestro diseño de pavimento.

4.1.2 Pavimentos Flexibles

Este tipo de pavimentos están formados por una capa bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, base y sub-base. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.

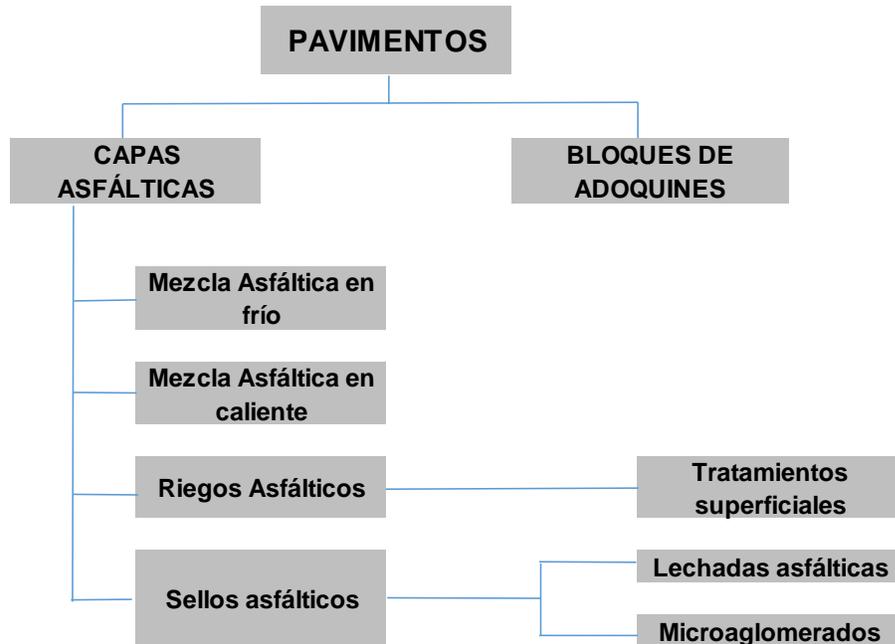
Las características de resistencia y deformabilidad son necesarias para la distribución de esfuerzos, de modo que lleguen a la sub-rasante a niveles tolerables que no produzcan fallas, asentamientos u otras deformaciones perjudiciales.

La base en los pavimentos flexibles, estará constituido por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. Todos estos materiales deben ser clasificados para formar una base integrante de la estructura de pavimento. Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, y todas estas propiedades dependerán de la proporción de finos con respecto al agregado grueso.

De acuerdo al Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos las posibles carpetas de rodamiento para constituir un pavimento flexible se muestran en el Flujo grama siguiente (ver **pág. 60**).

Flujograma

Carpetas de Rodamiento en Pavimentos Flexibles



Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. 2002.

4.1.2.1 Mezcla de Concreto ASFáltico en Caliente

Una mezcla ASFáltica está formada por dos elementos básicos: el cemento ASFáltico y los agregados pétreos. Estos materiales, que deben cumplir con requisitos específicos, se mezclan mediante procedimientos controlados en caliente, dando como resultado un material con propiedades y características definidas.

Las propiedades físicas del asfalto de mayor importancia para el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras se muestran en el **Anexo D, fig. 1.2 y 1.3.**

Materiales

a) Cemento Asfáltico

Los cementos asfálticos utilizados en trabajos con Mezclas Asfálticas en Caliente, se clasifican bajo tres sistemas diferentes:

- **Viscosidad**

Este es el sistema más utilizado para clasificarlos. En este sistema de viscosidad, el Poise es la unidad normal de medida para la viscosidad absoluta. Cuanto más alto es el número de poises, más viscoso es el asfalto. En la Tabla 40 del **Anexo D**, se muestran los requisitos para cementos asfálticos clasificados por tipos de Grados de Viscosidad.

De acuerdo a información brindada por las compañías ESSO y SHELL, quienes distribuyen el asfalto en Nicaragua, el tipo de asfalto que se comercializa en el país es el tipo **AC-30** cuyas pruebas del mismo cumplen con lo requerido en las normas Nic-2000. (Penetración, viscosidad, etc.) Fuente Nic-2000-sección 1002.

- **Viscosidad después del envejecimiento**

En la clasificación de acuerdo a su viscosidad después de envejecido, se identifican las características de viscosidad después que se ha colocado la carpeta del pavimento. Para poder simular el envejecimiento, el asfalto debe ser ensayado en el Laboratorio utilizando un patrón de envejecimiento. La unidad normal es también el Poise.

En la **Tabla 41 del anexo D**, se muestran los requisitos para cementos asfálticos clasificados por la Viscosidad después del envejecimiento.

- **Penetración**

Para este método se realiza un ensayo con el cemento asfáltico a 25°C, midiéndose la penetración de una carga de 100 gramos luego de 5 segundos. La unidad de medida es la décima de milímetro.

En la **Tabla 42 del anexo D**, se muestran los requisitos para cementos asfálticos clasificados por Penetración.

En resumen, de acuerdo al Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, el material asfáltico, tipo, grado, y especificación del cemento asfáltico a utilizar, puede ser cualquiera de los establecidos en la tabla 43.

Tabla 43 Especificaciones del Cemento Asfáltico

Tipo y Grado de Cemento Asfáltico	Especificación
Graduación por Viscosidad	AASHTO M 226
AC-10	
AC-20	
AC-40	
Graduación por Penetración	AASHTO M 20
40-50	
60-70	
85-100	
120-150	

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. 2002.

b) Agregados pétreos

Para los requerimientos de la Mezcla Asfáltica, se adoptará el método Marshall según AASHTO T-245, que sirve para verificar las condiciones de vacíos y estabilidad que deben satisfacer los valores indicados en el Manual

Centroamericano de Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales, 2001.

La porción de agregados minerales gruesos retenida en la malla No. 8 se denominará agregado grueso y se compondrá de piedras o gravas trituradas. Sólo se podrá utilizar un tipo único de agregado grueso. La piedra o grava triturada debe ser limpia, compacta y durable, carente de suciedad u otras materias inconvenientes y debe tener un desgaste no mayor de 40% a 500 revoluciones al ensayarse por el método de AASHTO T-96.

Al ser sometidas a ensayos alternativos de resistencia mediante sulfato de sodio empleando el método de AASHTO T-104, no podrá tener una pérdida en peso mayor de 12%. Cuando se utilice grava triturada, no menos de 50% en peso de las partículas retenidas en el tamiz No. 4, debe tener dos caras fracturada como mínimo.

El agregado grueso no debe contener más de 8% en peso, de partículas planas o alargadas, considerándose partículas alargadas aquellas cuya relación de largo entre ancho es mayor que 5.0 y plana cuando la relación de ancho entre espesor es mayor que 5.0, según AASHTO T-11 y T-27.

La porción de agregados minerales que pasa la malla N° 8 se denominará agregado fino y podrá estar compuesto por arena natural, tamizados de piedra o de una combinación de ambos. Los agregados finos deben tener granos limpios, compactos, angulares y de superficie rugosa, carentes de terrones de arcilla u otras sustancias inconvenientes.

El material de relleno de origen mineral (filler) que sea necesario emplear, se compondrá de polvo calcáreo, roca dolomítica, cemento Portland u otros elementos no plásticos. Los filler se utilizan para rellenar vacíos en la mezcla asfáltica, para espesarla o para mejorar la adherencia.

Estos materiales deben carecer de materias extrañas y objetables, serán secos y libres de terrones, y cuando sean ensayados en el laboratorio deben cumplir las siguientes exigencias granulométricas.

Tabla 44
Granulometría del relleno mineral

Tamiz	% que pasa
0.60 mm N° 30	100
38.1 mm N° 100	95-100
25.0 mm N° 200	65 - 100

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. 2002.

Carpeta de Concreto Asfáltico en Caliente

De acuerdo a las Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes (NIC 2000), específicamente en la sección 405, las carpetas de concreto asfáltico en caliente deben cumplir con los requisitos establecidos en la **Tabla 45 del Anexo D**.

Los métodos más utilizados para el diseño de mezclas de concreto asfáltico en caliente son el método Marshall y el método HVEEM. En el método Marshall se utiliza el “Estabilómetro Marshall” y mide la estabilidad, el flujo, porcentaje de vacíos de aire, porcentaje de vacíos en el agregado mineral y la compactación. En el método HVEEM se mide la estabilidad, el porcentaje de vacíos de aire y el porcentaje de vacíos en el agregado mineral. **(Ver Tabla 46 Anexo D)**.

4.1.2.2 Adoquines

Los adoquines son elementos contruidos con material pétreo y cemento, pudiendo tener varias formas, todas ellas regulares, y que son colocados sobre una cama de arena de 3 a 5 centímetros de espesor, la que tiene como función primordial absorber las irregularidades que pudiera tener la base, proporcionando a los adoquines un acomodamiento adecuado y ofreciendo una sustentación y apoyo uniforme en toda su superficie. Además sirve para drenar el agua que se filtra por las juntas, evitando que se dañe la base.

a) Materiales

El adoquín a ser usado según la norma técnica nicaragüense denominada NTON 12 009-10 Adoquines de concreto, norma preparada por el Comité Técnico de Transporte, Construcción e Infraestructura en Nicaragua, Esta norma fue aprobada por el Comité Técnico en su última sesión de trabajo el día martes 13 de julio del 2010. Cuyo objeto es Establecer los requisitos físicos y mecánicos de los adoquines de concreto que se utilizan como superficie de rodamiento en carreteras, caminos secundarios, calles y estacionamientos según el NIC-2000, así como para los adoquines que se utilizan en andenes peatonales.

b) Adoquines de Concreto.

El adoquín y medio adoquín a usarse, incluyendo las “cuchillas” Será del denominado tipo tráfico, cuya resistencia característica a los 28 días no deberá ser menor que los siguientes valores (Ver **pág. 66**):

Tipo 1 para Tráfico Pesado: 24.22 MPa (3,505.8 PSI)

Tipo 2 para Tráfico Liviano: 20.60 MPa (2980.64PSI)

TIPO 1: Es el adoquín que se utiliza como superficie de rodamiento en caminos, carreteras, calles y estacionamiento de todo tipo de vehículos, con un espesor mínimo de 8 cm.

TIPO 2: Es el adoquín que se utiliza como superficie en andenes peatonales y ciclo vías.

Fuente: NTON 12-009-10

El adoquín no deberá presentar en su superficie fisuras ni cascaduras ni cavidades, ni tener materiales extraños tales como piedras, trozos de madera o vidrio, embebidos en su masa. Las aristas deberán ser regulares y la superficie no deberá ser extremadamente rugosa. El tamaño de los adoquines deberá ser uniforme para evitar irregularidades o juntas muy anchas al ser colocados. El tamaño máximo del agregado a usar en el concreto es de 19 milímetros.

c) Cama de arena:

La arena que servirá de colchón a los adoquines deberá ser arena lavada, dura, angular y uniforme y no deberá contener más del 3% (en peso) de limo, arcilla o de ambos. Su graduación será tal que pase totalmente por el tamiz No. 4 y no más del 15% sea retenido en el tamiz No. 10. El espesor de esta capa no deberá ser menor de 3 cm ni mayor de 5 centímetros.

d) Capa de Apoyo:

El adoquinado se apoyará en una capa de terracería mejorada, sub-base o base de espesor calculado. La construcción de la capa requerida, ya sea de Préstamo Seleccionado, sub-base o base, será hecha de acuerdo con las especificaciones, según corresponda. El perfil de la superficie de apoyo del adoquinado deberá ser igual al requerido para la superficie final del pavimento, con una tolerancia de 20 mm del nivel de diseño.

e) Arena de sello:

Los adoquines se colocarán directamente sobre la arena, de manera que las juntas entre ellos no excedan los 5 milímetros. La arena para sello de las juntas entre adoquines deberá ser dura, uniforme y no plástica. La arena de sello entre juntas de adoquines puede ser, de la misma usada para su lecho, cribada por el tamiz N°8.

f) Ensayos de laboratorio del adoquín

Después de construido el adoquín, será necesario hacerle determinadas pruebas para comprobar si el diseño de la mezcla cumple los requisitos de resistencia y propiedades requeridas.

f.1) Examen visual, forma y medidas: para este análisis, las medidas se deben tomar con una aproximación de +/- 1 milímetro.

f.2) Absorción: Debido a la correlación existente con la resistencia del adoquín, se indica que si aumenta la absorción, disminuye la resistencia a la compresión. El porcentaje de absorción determinado en una muestra, será comparado con un porcentaje patrón, el cual haya sido determinado de un adoquín del cual se ha obtenido una alta resistencia a la compresión.

f.3) Resistencia al desgaste: se indica que en el ensayo normal, la pérdida volumétrica no debe exceder de $15 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$ y la disminución de espesor no debe ser mayor de 3 centímetros.

4.2 METODO DE DISEÑO AASHTO-93 PARA PAVIMENTO FLEXIBLE

La Asociación de Administradores de Carreteras de los Estados Unidos, AASHTO por sus siglas en inglés, realizó desde octubre del año 1958 hasta octubre de 1960 una serie de experimentos viales sobre 6 circuitos construidos especialmente para tal fin. Luego de analizar la información recopilada en las pruebas, a finales de 1962 se publican las primeras Guías Provisionales para el Diseño de Pavimentos.

Desde la publicación de la primera guía AASHTO, se han efectuado modificaciones en la ecuación de diseño con la finalidad de mejorar su uso y su confiabilidad.

El método AASHTO para diseño de pavimentos flexibles, el cual fue publicado en el año de 1993, es el usado actualmente para el diseño de pavimentos flexibles, este método incluye importantes modificaciones dirigidas a mejorar su confiabilidad.

4.2.1 Variables de Diseño.

Las variables de diseño que requiere el método AASHTO 93 para el diseño de la estructura de pavimento flexible son las siguientes:

a) Tiempo: Incluye la escogencia de los datos de entrada para los períodos de análisis que afectarán o restringirán el diseño del pavimento. Es decir, permite seleccionar diversas estrategias de diseño, desde estructuras construidas para que dure todo el período de análisis hasta construcciones por etapas.

➤ **Período de Diseño:** Es el tiempo que dura una estructura inicial de pavimento antes de que requiera rehabilitación. También se refiere al lapso entre dos rehabilitaciones sucesivas.

➤ **Período de Análisis:** Es el lapso de tiempo que debe ser cubierto por cualquier estrategia de diseño.

b) Tránsito: Consiste en el número de ejes equivalentes de 18 kips (Wt18) en el carril de diseño y se determina mediante la ecuación N° 11.

Ecuación 11:

$$Wt_{18} = T_{\text{diseño}} * \text{Factor equivalente de carga}$$

Donde el T diseño se refiere al tránsito de diseño, el cual fue calculado en el capítulo 2 de esta monografía (Ver **Tabla 25, pág.32**).

El Factor equivalente de carga (LEF), se define como el valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por la carga de un tipo de eje de 80 KN (18 kips) y la producida por un eje estándar en el mismo eje.

La ecuación N° 12 permite obtener los factores de equivalencia.

Ecuación 12:

$$LEF = \frac{N^{\circ} \text{ ESAL'S de 80 KN que producen una pérdida de serviciabilidad}}{N^{\circ} \text{ de ejes de 80 KN que producen la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

Como cada tipo de pavimento responde de manera diferente a una carga, los LEFs también conocidos como factores ESAL's, cambian en función del tipo de pavimento. En los pavimentos flexibles cambia según el SN (Structural Number, número estructural), además que también cambian según el valor del índice de serviciabilidad asumido para el diseño. Cabe señalar que este factor convierte los diferentes tipos de cargas por eje vehicular de magnitud variable a ejes equivalentes o eje sencillo de 18,000 libras (18 Kips).

Para calcular los W18 o ESAL's de diseño que se aplicarán a una estructura de pavimento flexible es necesario asumir en primera instancia, el número estructural (SN) que se considere adecuado a las cargas.

También se tiene que asumir el índice de serviciabilidad final aceptable, de acuerdo con los programas de mantenimiento que se considere necesario según el tipo de carretera. En la **Tabla 47 Anexo D**, se muestran los LEF para ejes simples y tándem de acuerdo a la guía AASHTO 93.

c) Confiabilidad (R):

La Confiabilidad se refiere al grado de certidumbre (seguridad) de que una determinada alternativa de diseño alcance a durar, en la realidad, el tiempo establecido en el período seleccionado. La confiabilidad también puede ser definida como la probabilidad de que el número de repeticiones de cargas que un pavimento pueda soportar para alcanzar un determinado nivel de servicio, no sea excedido por el número de cargas que realmente estén siendo aplicadas sobre ese pavimento.

La **tabla 48** (ver **pág. 71**), presenta niveles de confiabilidad recomendables, para diferentes carreteras.

Tabla 48

Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras

Clasificación funcional de la vía	Nivel recomendado de confiabilidad (%)	
	Urbana	Rural
Autopistas	85 – 99.9	80 - 99.9
Arteria Principales	80 – 99	75 - 95
Colectoras	80 – 95	75 - 95
Locales	50-80	50 - 80

Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993.

d) Desviación Estándar Total (So):

En los tramos de prueba de AASHTO no incluyeron errores en la estimación del tránsito; sin embargo, el error en la predicción del comportamiento de las secciones en tales tramos, fue de 0.25 para pavimentos rígidos y 0.35 para los flexibles, lo que corresponde a valores de la desviación estándar total debidos al tránsito de 0.35 y **0.45**, para pavimentos rígidos y flexibles respectivamente.

e) Serviciabilidad (PSI):

Se define como la habilidad que posee el pavimento de servir al tipo de tráfico que lo utiliza. La medida fundamental de esta variable, tal como fue establecida en el Experimento Vial de la AASHO, es el Índice de Serviciabilidad Actual (PSI), y que puede variar entre los rangos de cero (0) -vía intransitable- a cinco (5) vía con un pavimento perfecto.

Los índices de serviciabilidad inicial (po) y final, o terminal, (pt), deben ser establecidos para calcular el cambio total en la serviciabilidad que será incorporado en la ecuación de diseño.

El Índice de Serviciabilidad Inicial (po) es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción.

El valor establecido de P_o en el Experimento Vial de la AASHO para los pavimentos flexibles fue de **4.2**.

El Índice de Serviciabilidad Final (P_t), es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento se diseña.

El Índice de servicio terminal (P_t), para el cual AASHTO maneja en su versión 1993 valores de 3.0, 2.5 y 2.0, recomendando 2.5 ó 3.0 para caminos principales y **2.0** para secundarios.

La ecuación 13 del índice de servicio presente (ΔPSI) es:

Ecuación 13:

$$\Delta PSI = P_t - P_o$$

f) Drenaje

En el método AASHTO 93 han sido definidos diferentes niveles de calidad del drenaje. Estos dependen del tiempo que se considera que el pavimento puede encontrarse con una cantidad de agua cercana a la saturación.

Este método deja en libertad al Ingeniero que diseña identificar cual nivel de drenaje se logra bajo una serie específica de condiciones de drenaje.

En la tabla 50 (Ver **pág. 73**), se muestran los diferentes niveles de drenaje de la estructura del pavimento.

Tabla 50 Niveles de drenaje

NIVEL DE DRENAJE	AGUA ELIMINADA DENTRO DE
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy Pobre	El agua no drena

Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993.

El efecto de la calidad del drenaje sobre la estructura del pavimento se toma en cuenta a través de un "factor de ajuste (m)", por el cual se multiplican los coeficientes estructurales de la base y sub-base.

El factor de ajuste (m) es función de las características de drenaje del suelo de fundación, y del tiempo durante el cual la sub-rasante podrá estar en condiciones de saturación (ver tabla 51, **pág.73**).

Tabla 51

Valores m_i recomendados para modificar los coeficientes estructurales de capa de bases y sub-bases sin tratamiento, en pavimentos flexibles.

Porcentaje de tiempo al cual está Expuesta la Estructura del pavimento a Niveles de Humedad próxima a la saturación				
Calidad del Drenaje	Menor del 1%	1-5%	5-25%	Mayor del 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Buena	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0-60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993.

4.2.2 Propiedades de los materiales

Características de la sub rasante o fundación:

El valor soporte de la sub rasante o fundación del pavimento debe caracterizarse en términos de Modulo Resiliente (Mr) en función de las condiciones de humedad a que estaría sometido el suelo a lo largo del año, ya que esta condición afecta su valor soporte, en especial en suelos finos arcillosos.

El Mr se obtiene efectuando ensayos en laboratorio (Método AASHTO T-274) sobre muestras representativas, bajo condiciones de esfuerzo y humedad similares a aquellas de las épocas predominantes en el año, es decir las estaciones climatológicas durante las cuales se obtendrán valores significativamente diferentes. Estos resultados permitirán establecer relaciones entre diferentes módulos resilientes y contenidos de humedad, que puedan ser utilizadas conjuntamente con estimaciones de "humedades en sitio" bajo el pavimento, para establecer valores de módulo resiliente para las diversas estaciones climatológicas.

El ensayo se realiza en una celda triaxial equipada con sistemas capaces de transmitir cargas repetidas. La briqueta de ensayo tiene generalmente 10 cm de diámetro por 20 cm de altura.

No obstante y considerando que el equipo requerido para este ensaye es de un costo bastante alto y de operación compleja, la misma guía ofrece alternativas para determinar este parámetro de diseño. Por esta razón recomienda el uso de ecuaciones de correlación en función del CBR.

Empleando Ecuación N° 14:

$$Mr = 1500 * CBR \text{ para } CBR < 10\%, \text{ sugerida por la AASHTO}$$

Ecuación N° 15:

$$Mr = 3000 * (CBR)^{0.65}; \text{ Para CBR de 10\% a 20\%, esta ecuación fue desarrollada en Sudáfrica. (Concilio Sur Africano de investigaciones científicas e industriales).}$$

Ecuación N° 16:

$$Mr = 4,326 * \ln CBR + 241; \text{ Para CBR } > 20\% \text{ (Administración federal de autopistas FHWA PL-98-029).}$$

4.2.2.1 Determinación del CBR de diseño.

Para determinar el CBR de diseño, es necesario realizar varias pruebas, teniendo en cuenta la longitud del proyecto. Todas estas pruebas son de esperar, que den resultados diferentes a causa de las variaciones naturales de los suelos y a las imprecisiones que pueden cometerse al efectuar los ensayos.

El valor a tomar de los materiales existentes, debe ser representativo en el tramo de camino a considerar en el diseño de pavimento, por lo que existen varios criterios para seleccionar el CBR de diseño, siendo el más utilizado el del **Instituto del Asfalto**, quien recomienda tomar un valor tal, que el 60%, el 75% o el 87.5% de los valores individuales sea mayor o igual que él, de acuerdo con el tránsito que se espere que circule sobre el pavimento, tal y como se indica en la tabla N°52 (ver **pág. 76**).

Tabla 52 Límites para la Selección del CBR de Diseño

Numero de Ejes de 8.2 Toneladas en el Carril de Diseño	Percentil a Seleccionar para hallar el CBR de Diseño
< 10 ⁴	60
10 ⁴ a 10 ⁶	75
> 10 ⁶	87.5

Fuente: Instituto de Asfalto (MS-1) 1,991.

La metodología para la selección del CBR de diseño a utilizar consiste en:

- 1) Se ordenan los valores de CBR obtenidos de menor a mayor y para cada valor numérico de CBR se determina el número y el porcentaje de valores de CBR que son iguales o mayores que él.
- 2) Se dibujan los resultados en un gráfico que represente los valores de CBR contra los porcentajes de valores mayores o iguales anteriormente calculados y con la curva que se obtenga, se determina el CBR de diseño para el percentil elegido, de acuerdo al número de ejes equivalentes en el carril de Diseño.

4.2.3 Diseño Estructural del Pavimento.

El método AASHTO es aplicable para vías con un tránsito superior a $0.05 * 10^6$ ejes equivalentes a 8.2 toneladas. La ecuación de diseño utilizada para pavimentos flexibles, toma la siguiente forma (ver **pág. 77**).

Ecuación N° 18:

$$\log_{10} Wt_{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.20 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

Dónde:

Variables independientes:

Wt18: Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 KN acumuladas en el periodo de diseño (n).

ZR: Valor del desviador en una curva de distribución normal, función de la Confiabilidad del diseño (R) o grado confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento. Estos valores se encuentran en la **Tabla 49 Anexo D**.

So: Desviación estándar del sistema, función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio.

ΔPSI: Pérdida de Serviciabilidad (Condición de Servicio) prevista en el diseño, y medida como la diferencia entre la calidad de acabado del pavimento al concluirse su construcción (po) y su calidad al final del periodo de diseño (pt).

MR: Módulo Resiliente de la sub rasante y de las capas de bases y sub-bases granulares, obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante (CBR) de los materiales (suelos y granulares).

Variable dependiente:

SN: Número Estructural, o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones (variables independientes) de diseño.

4.2.3.1 Número Estructural Requerido

El número estructural requerido (SN) se puede obtener por medio de la ecuación de diseño de la AASHTO (ver **pág. 79, ecuación 19**). Asimismo, se puede determinar por medio del nomograma de diseño recomendado por la AASHTO (Ver **Anexo D, Gráfica #2**), en base a los parámetros de: Confiabilidad (R), Desviación Estándar (S_o), Tránsito estimado (Wt_{18}), Modulo Resiliente de la Sub rasante (MR) y Pérdida de Serviciabilidad (ΔPSI).

Existen diversos programas informáticos para determinar el Número Estructural Requerido en un diseño de Pavimento Flexible. Uno de estos programas es el Programa PAS (Pavement Analysis System) desarrollado por la Asociación de Pavimentadores de Concreto de los Estados Unidos (ACPA).

4.2.3.2 Coeficientes Estructurales de las diversas capas que forman la Estructura de Pavimento:

El coeficiente estructural (a_i) es una medida de la habilidad relativa de una unidad de espesor de un material/mezcla determinado, para servir como un componente estructural de un pavimento.

Los coeficientes estructurales (a_i) que son empleados en el Método AASHTO '93, para los diversos materiales/mezclas que forman las distintas capas de la estructura de pavimento son los señalados en la **pág. 79**.

a) Sub-base:

Para la capa de sub-base requiere del empleo de un coeficiente de capa **a3** para convertir su espesor (d_3) en su número estructural (SN), que es el indicativo del espesor total requerido del pavimento.

b) Base:

Puede ser granular o estabilizada. Está representada por un coeficiente de capa **a2** que permite convertir su espesor real (d_2) a su número estructural.

c) Carpeta de rodamiento:

En el caso de la carpeta de rodamiento depende del material que esté constituida, ya sea Adoquín o Concreto Asfáltico. Está representada por un coeficiente de capa **a1**, que permite convertir su espesor real (d_1) a su número estructural. En el caso del Concreto Asfáltico este coeficiente se puede determinar mediante el Modulo Elástico o bien a partir de la Estabilidad Marshall. La ecuación general que relaciona el número estructural (SN) con los coeficientes estructurales y espesores de capa es la siguiente:

Ecuación N° 19:

$$SN = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

Dónde:

ai = Coeficiente estructural de la capa "i".

di = Espesor de la capa "i" en pulgadas.

mi = Coeficiente de drenaje de la capa "i". Valor a criterio del Ingeniero diseñador. (Ver **Tabla 51, pág. 73**).

Por razones técnicas y económicas la colocación de una capa de pavimento muy delgada no es práctica, por tal motivo la Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993 recomienda espesores mínimos para la carpeta de rodamiento y base granular mostrados en la tabla 53.

Tabla 53 Espesores mínimos requeridos

Numero de ESAL´s	(pulgadas)	
	Capas Asfálticas	Base Granular
Menos de 50,000	1(o trat. superficial)	4
50,001 – 150,000	2	4
150,001 – 500,000	2.5	4
500,001 – 2,000,000	3	6
2,000,001 – 7,000,000	3.5	6
Más de 7,000,000	4	6

Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993.

4.2.3.3 Determinación de los espesores de las capas de la Estructura de pavimento.

Siendo el pavimento flexible un sistema multicapa, basado principalmente en los valores mecánicos de las diferentes capas que forman la estructura; el Número Estructural (SN) para cada capa de la estructura de pavimento se determinará en base a la ecuación 20.

a) Carpeta de rodamiento: Se evaluarán dos alternativas, una estará compuesta por adoquines y la otra por concreto asfáltico.

El SN para esta capa se determinará por medio de la ecuación N° 20 (ver **pág.81**):

Ecuación 20:

$$SN_1 = a_1 * d_1$$

Donde:

a1 = Coeficiente estructural del adoquín/concreto asfáltico.

De acuerdo al método AASHTO 93 plasmado en el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, el coeficiente estructural del Adoquín es de 0.45.

Para el caso del Concreto Asfáltico hay dos variantes para determinar el coeficiente estructural **a1**. Si se conoce el Modulo de Elasticidad del Concreto O bien, si se conoce la Estabilidad Marshall se hará uso del modelo previsto en el **Anexo D, Fig.1.4**.

d1= Espesor de la carpeta de rodamiento, adoquín/concreto asfáltico.

b) Base

El SN para esta capa se determinará por medio de la ecuación N° 21:

Ecuación 21:

$$SN_2 = a_2 * d_2 * m_2$$

Donde:

a2 = Coeficiente estructural de la base

d2 = Espesor de la capa de base

m2 = Coeficiente de drenaje de la capa de base

Esta capa puede estar compuesta por:

➤ **Bases granulares:**

En el **Anexo D, Fig. 1.5**, se muestra el modelo a emplearse para estimar el coeficiente estructural **a2** para un material granular de base.

➤ **Bases estabilizadas:**

En el **Anexo D, Fig. 1.6** se muestra el modelo a emplearse para estimar el coeficiente **a2** de una base de suelo cemento a partir de su módulo resiliente o de su compresión a los siete días.

c) Sub-bases Granulares:

El SN para esta capa se determinará por medio de la presente ecuación N° 22:

$$SN_3 = a_3 * d_3 * m_3$$

Dónde:

a3 = Coeficiente estructural de la sub-base

d3 = Espesor de la capa de sub-base

m3 = Coeficiente de drenaje de la capa de sub-base

En el **Anexo D, Fig. 1.7** se muestra el modelo a emplearse para estimar el coeficiente **a3**.

4.2.3.4 Consideraciones de diseño estructural por el método ASSHTO 93.

De acuerdo a la guía ASSHTO 93, se requiere determinar el número estructural (SN) requerido para proteger cada capa inferior de la estructura de pavimento, con el fin de que éste resista las cargas de tránsito a que será expuesto.

Se debe cumplir que en el diseño de la estructura de pavimento el Número estructural SN efectivo (Calculado) deberá ser mayor o igual que el Número estructural SN requerido (Diseño).

SN efectivo (Calculado) \geq SN requerido (Diseño)

Al calcular el SN efectivo (calculado) se deberá cumplir los siguientes parámetros recomendados por el método AASHTO 93:

4.3 Variables de diseño determinadas para el presente estudio

En el presente trabajo monográfico se diseñarán dos estructuras de pavimento, una con carpeta de rodamiento a base de adoquines y otra de concreto asfáltico. Es importante señalar que ambas alternativas corresponden al tipo de Pavimento Flexible.

Para este diseño se aplicarán los criterios establecidos por el Método AASHTO 93 el cual fue expuesto en el marco teórico de este capítulo.

A continuación se especifican las variables que son requeridas en la guía AASHTO 93 para el diseño de esta estructura de pavimento:

- a) Período de análisis:** para este caso de diseño de pavimento se evaluará para un período de análisis de 15 años (Ver **Tabla N° 2, pág. 17**).
- b) Confiabilidad (R):** Se seleccionó un nivel de confiabilidad del 75%, de acuerdo a la clasificación funcional de la carretera. (Ver **Tabla 48, pág. 70**).
- c) Serviciabilidad (Δ PSI):** El valor de la serviciabilidad inicial (P_o) se tomó en base al valor establecido en el Experimento Vial de la AASHTO para los pavimentos flexibles, que fue de 4,2.

El valor de serviciabilidad final (Pt) se consideró de 2, esto en base al tipo de carretera en análisis. (Valor recomendado por la AASHTO 93 para caminos secundarios). Sustituyendo estos valores que el Δ PSI = 2.2

d) Tránsito (Wt18): Consiste en el número de ejes equivalentes de 18 kips en el carril de diseño.

Para el cálculo de los ejes equivalentes, se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

➤ **Condiciones de carga de los vehículos**

Los vehículos que circularán sobre la carretera lo harán en base al Diagrama de Cargas Permisibles que establece el Ministerio de Transporte e Infraestructura por tipo de vehículo autorizado en Nicaragua (Ver **Tabla 54, Anexo D.**)

➤ **Factor de equivalencia**

Para determinar los efectos de las cargas que actúan sobre el pavimento, el método AASHTO 1993 transforma las cargas de 18 Kips mediante los factores de equivalencia (LEF).

Estos factores serán obtenidos de las tablas correspondientes del Manual de diseño de la guía AASHTO 1993 (Ver **Anexo D, Tabla 47**). Para nuestro estudio asumimos un número estructural (SN) de **4** para el pavimento flexible y valores de serviciabilidad Final (Pt) de **2**.

Determinando los factores equivalentes de carga y el Tránsito de diseño (TD) procedemos a calcular los ESAL's de diseño para cada tipo de vehículo, por medio de la ecuación N° 23:

Ecuación 23:

$$W_{18} = T \text{ diseño} * \text{Factor equivalente de carga}$$

Los resultados obtenidos al aplicar la ecuación 23 se presentan en la **Tabla N° 55** (ver **pág.86**).

Tabla 55
Ejes equivalentes de 18 kips (Wt18) para 15 años.

Tipo de Vehículo	Peso por Eje	TPD Actual	Factor de Crecimiento	Tránsito de Diseño	Factor ESAL's	ESAL's
A2	2,200	8	7,363	29,453	0.00038	11
	2,200				0.00038	11
Jeep	2,200	16	7,363	58,905	0.00038	22
	2,200				0.00038	22
Camionetas	2,200	100	7,363	368,158	0.0002	74
	4,400				0.0036	1,325
Mbus <15 Pasaj.	4,400	3	7,838	11,757	0.0036	42
	8,800				0.0422	496
Mbus >15 Pasaj.	8,800	3	7,838	11,757	0.0422	496
	17,600				0.922	10,845
Bus	11,000	24	7,838	94,059	0.134	12,604
	22,000				2.310	217,277
C2 Liv.	8,800	28	7,838	109,736	0.042	4,609
	17,600				0.922	101,220
C2	11,000	52	7,838	203,795	0.134	27,309
	22,000				2.310	470,766
C3	12,000	3	7,838	11,757	0.183	2,152
	36,300				1.431	16,825
OTROS (T3-S2)	11,000	7	7,838	27,434	0.134	3,676
	35,200				1.425	39,093
	35,200				1.425	39,093
		244		926,811	ESALdiseño	947,969

Fuente: Cálculos Propios.

e) Desviación estándar total: se consideró un valor de 0.45 de acuerdo a lo que correspondió en los estudios de tramos de prueba de la AASHTO.

f) Drenaje: Se asume un coeficiente de drenaje (mi) igual a 1.00 (**Ver Tabla 51, pág. 73**), con un nivel de drenaje bueno y por lo que en el laboratorio se trabaja con suelo en condición saturada o condición más adversa, para obtener el CBR.

4.3.1 CBR de diseño

Para la determinación del CBR de diseño, se necesitará hacer uso de los resultados obtenidos de las distintas pruebas unificadas realizadas a los suelos del tramo en estudio.

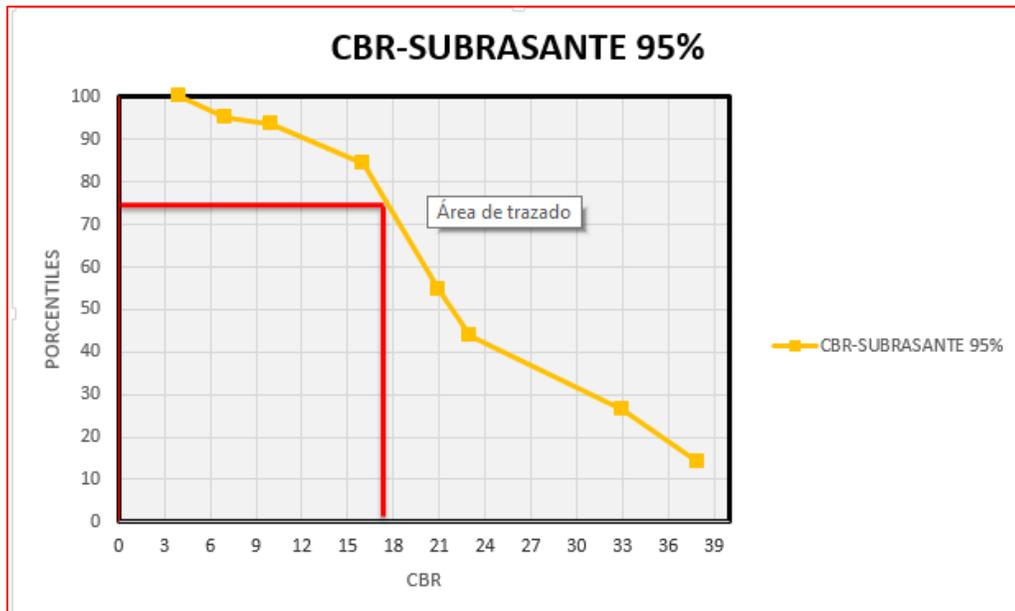
A continuación se presenta el cálculo para determinar el CBR de diseño para el tramo en estudio, partiendo del estudio de los CBR obtenidos de los ensayos a los sondeos de línea. (Ver **Anexo D, Tabla 56**).

El Anexo D, Tabla 56, muestra los valores de CBR ordenados de menor a mayor, frecuencias de los CBR, porcentajes de valores iguales o mayores de cada uno.

A continuación se presenta el gráfico que muestra los valores de CBR contra los porcentajes de valores mayores o iguales anteriormente calculados y con la curva que se obtenga, se determina el CBR de diseño para el percentil elegido, de acuerdo al número de ejes equivalentes en el carril de diseño.

Como los ejes equivalentes son **947,969 ESAL's**, (Ver tabla **N° 55, pág.85**), por consiguiente, le corresponde un percentil de diseño de 75 (Ver tabla **52, pág. 75**) y por lo tanto el CBR de diseño obtenido del gráfico **# 3** es de **17.55**.

Grafico # 3



4.3.2 Módulo Resiliente de la sub-rasante (Mr)

Tomando en cuenta que el valor de CBR de diseño obtenido es igual a **17.55**, El módulo resiliente de la sub-rasante se calculó en base a la fórmula de correlación desarrollada en Sudáfrica para CBR que están entre 10% a 20%.

$$Mr = 3000 * (CBR)^{0.65}$$

Obteniendo un valor de: Mr = **19,315 PSI**

4.3.2.1 Coeficientes Estructurales de las Capas de la Estructura de Pavimento.

➤ **Carpeta de Rodamiento:**

Adoquín:

El coeficiente estructural a_1 que se usará para el adoquín será de 0.45 Según el método AASHTO 93 plasmado en el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

Concreto Asfáltico:

Para determinar el coeficiente estructural a_1 de esta alternativa se ha asumido el valor mínimo según guía AASHTO 93 del módulo de elasticidad del concreto $MR = 450,000$ PSI.

En el **Anexo D, Fig. 1.4** se muestra el modelo utilizado para calcular el coeficiente estructural a_1 del Concreto Asfáltico en base al módulo elástico del concreto asfáltico (MR). El Coeficiente resultante es de **0.44**.

➤ **Base:**

Alternativa Adoquín

En el **Anexo D, Fig. 1.6**, se muestra el modelo utilizado para calcular el coeficiente estructural de la Base a_2 , se propone material proveniente del Banco “las perlitas” ya que los suelos de los Bancos de materiales “La Laguna” y “Darío Gurdián” no satisfacen la resistencia mínima requerida por la Nic 2000 para bases estabilizadas con cemento de 18 Kg/cm^2 (256.02 PSI) a los 7 días en las proporciones de suelo-cemento. Según los ensayos de laboratorio la resistencia de la base tratada con suelo cemento resulto ser de **357 psi** (Ver **Anexo C, Tabla 38**).

Por lo que se determina que el coeficiente de capa para la base es:

$$a_2: 0.145$$

Alternativa concreto asfáltico:

Se propone el mismo material al de la base en la alternativa de adoquinado.

$$a_2: 0.145$$

➤ **Sub base:**

El modelo (**Ver anexo D, Fig. 1.7**) muestra el elemento empleado, para determinar el coeficiente a_3 , a partir del valor de CBR. Esta capa estará conformada con material natural de banco La Laguna. En este caso el valor del CBR del material para ser usado en esta capa resulto ser de **50**, compactado a 95% (**Ver Anexo C, Tabla 36**). Por lo que se determina que el coeficiente de capa para la sub- base es:

$$a_3 = 0.126$$

Este material de sub-base aplica para las 2 alternativas.

4.3.2.2 Solución de la Ecuación del Método AASHTO 93.

Calculo de Espesores de la Estructura de Pavimento, Numero Estructural Efectivo, Numero Estructural Requerido y su verificación.

La ecuación AASHTO-93 puede resolverse a través de iteraciones sucesivas, de forma manual o por medio de programas de computadora. La Asociación de Pavimentadores de Concreto ofrece un Programa denominado Pavement Analysis System (PAS), que resuelve dicha ecuación de manera sencilla.

Para efectos del presente trabajo monográfico se hará uso del Programa PAS, el cual se ocupa en el ambiente Windows, WINPAS 12, versión 1.0.0.

Asimismo, se procederá a calcular los espesores de las capas de la estructura de pavimento **para 15 años** Para con carpeta de rodamiento de Mezcla asfáltica y adoquinado.

4.3.2.3 Solución Alternativa 1: Carpeta de Rodamiento de Mezcla Asfáltica

En la Tabla N° 56 se muestra un resumen de las variables de diseño que se deben introducir en el Programa WINPAS para la alternativa de Carpeta de Rodamiento con Mezcla Asfáltica.

Tabla 56
VARIABLES DE DISEÑO A INTRODUCIRSE EN EL PROGRAMA WINPAS. ALTERNATIVA MEZCLA ASFÁLTICA. PARA 15 AÑOS

Variable		Valor
Cargas por ejes simples equivalentes	Wt18	647,969
Confiabilidad en el diseño	R	85%
Desviación estándar del sistema	So	0.45
Módulo Resiliente	Mr	19,315 PSI
Serviciabilidad inicial del pavimento	Po	4.2
Serviciabilidad final del pavimento	Pt	2
Coeficiente de capas	a1	0.44
	a2	0.145
	a3	0.126
Coeficiente de drenaje	m1	1
	m2	1

Fuente: Cálculos Propios.

Al introducir los datos antes descritos en el Programa WINPAS (**Anexo D, Gráfico #5**), se obtuvieron los resultados que se detallan en la **Tabla 57**.

Tabla 57

Resultados obtenidos Programa WINPAS Alternativa Mezcla Asfáltica Para 15 años

Capa de la Estructura de Pavimento	Espesor de la Capa (pulgadas)
Carpeta de Rodamiento	3
Base	9
Sub-Base	8

Fuente: Resultados del Software WINPAS 12.1.0.0

SN requerido (Diseño) = 2.26

SN efectivo (Calculado) = 2.31

SN efectivo (Calculado) \geq SN Requerido: 2.31 \geq 2.26 OK.

Por lo tanto la estructura de pavimento del tramo de carretera **Empalme El Portillo – El Cuá de 12.00 km**, para la alternativa de mezcla asfáltica quedará conformada de la siguiente manera:

TABLA 57.1

Capa	Material	Espesor
Superficie de rodamiento	Concreto asfáltico Módulo de elasticidad de 450,000 PSI	3 pulgadas(7.6 cm)
Base	Mezcla de material de Banco Las Perlitas con cemento.	9 pulgadas (22.86 cm)
Sub-base	Material de banco La Laguna.	8 pulgadas (20.32 cm)
Total		20 pulgadas (50.8cm)

4.3.2.4 Solución Alternativa 2: Carpeta de Rodamiento

Adoquinado

En la **Tabla 58** se muestra un resumen de las variables de diseño que se deben introducir en el Programa WINPAS para la alternativa de Carpeta de Rodamiento de Adoquín.

Tabla 58

Variables de diseño a introducirse en el Programa WINPAS. Alternativa Adoquinado. Para 15 años

Variable		Valor
Cargas por ejes simples equivalentes	Wt18	647,969
Confiabilidad en el diseño	R	85%
Desviación estándar del sistema	So	0.45
Módulo Resiliente	Mr	19,315 PSI
Serviciabilidad inicial del pavimento	Po	4.2
Serviciabilidad final del pavimento	Pt	2
Coeficiente de capas	a1	0.45
	a2	0.145
	a3	0.126
Coeficiente de drenaje	m1	1
	m2	1

Al introducir los datos antes descritos en el Software WINPAS (**Anexo D, Gráfico #6**), se obtuvieron los resultados que se detallan en la Tabla 59.

Tabla 59
Resultados obtenidos Programa WINPAS Alternativa Adoquinado
Para 15 años

Capa de la Estructura de Pavimento	Espesor de la Capa (pulgadas)
Carpeta de Rodamiento	4
Base	10
Sub-Base	8

Fuente: Resultados del Software WINPAS 12.

Dado los resultados obtenidos del desarrollo del programa (Ver **Anexo D, Gráfico #6**), se puede señalar que en la estructura de pavimento del tramo de carretera Empalme El Portillo – El Cuá (12 km), no se necesitará de sub- base.

SN requerido (Diseño) = 2.26

SN efectivo (Calculado) = 2.46

SN efectivo (Calculado) ≥ SN Requerido: 2.46 ≥ 2.26 OK.

Por lo anterior la estructura de pavimento del tramo de carretera **Empalme El Portillo-El Cuá de 12.00 km**, para la alternativa de adoquinado quedará conformada de la siguiente manera (Ver **Tabla 59.1, pág. 95**):

TABLA 59.1
Estructura del pavimento

Capa	Material	Espesor
Superficie de rodamiento	Adoquín, con f 'c de 3000 psi. (Ver Anexo D)	4 pulgadas(10 cm)
Cama de arena	Arena. (Ver Anexo D)	2 pulgadas (5 cm)
Base	Material del Banco Las Perlitas, A-2-6; estabilizado con cemento al 8%.	10 pulgadas (25 cm)
Sub-Base	Material del Banco N°1	8 pulgadas (20 cm)
Total		24 pulgadas (61cm)

Fuente: Cálculos Propios.

CAPITULO V

5 EVALUACIÓN ECONÓMICA

5.1 Generalidades

Las ciudades y comunidades en general, como parte de sus necesidades básicas, requieren de infraestructura de transporte para el desarrollo de sus actividades sociales y de crecimiento económico. La construcción de esta infraestructura conlleva realizar inversiones, por lo general muy cuantiosas. Debido a que la cantidad de dinero para inversiones es escasa, cada uno de los proyectos que se desee ejecutar debe ser cuidadosamente analizado en función de diferentes alternativas de acción. El decidir a qué proyecto se le da prioridad, que alternativa de estructura de pavimento resultaría más conveniente ejecutar, si se invierte en una nueva construcción o en mantenimiento, etc., son elecciones vitales a ser tomadas en cuenta antes de la implementación de un proyecto.

La Evaluación Económica de los proyectos ayuda a tomar estas decisiones al comparar los beneficios con los costos que dichos proyectos implican para la sociedad, determinando la verdadera contribución de ellos al crecimiento económico y su distribución a lo largo del tiempo.

En un proyecto vial, en general, la Evaluación Técnica comprende el determinar si la vía, durante el periodo de tiempo de su vida útil presentará las condiciones adecuadas para la circulación de los flujos vehiculares. Por su parte la Evaluación Económica busca determinar si un proyecto vial generará beneficios para la economía del área involucrada y del país, identificando y valorando todos los beneficios potenciales y costos vinculados a este, de forma a establecer si esos beneficios compensan los costos (sacrificio de recursos) incurridos durante la implementación de la vía (construcción) y su vida útil (operación y mantenimiento).

La Evaluación Económica de los proyectos viales consiste en un análisis diferencial de beneficios y costos entre una “situación de referencia” que es la situación Sin Proyecto con otra “situación de referencia” que es la situación Con Proyecto.

La situación Sin Proyecto corresponde a la evolución natural del entorno si el proyecto no se realiza, mientras que la situación Con Proyecto se caracteriza por la agregación de los proyectos a la situación de referencia. También esta situación con proyecto puede cambiar en el tiempo, por las mismas razones que la situación de referencia.

La comparación entre ambas situaciones abarca los costos adicionales generados por el proyecto y los beneficios que se esperan del mismo. Los costos corresponden a las inversiones; los beneficios corresponden a las ventajas aprovechadas por el tráfico que circula por la vía.

5.2 Beneficios del Proyecto

Al realizarse la Evaluación Económica de un proyecto, el objetivo primario es cuantificar los beneficios económicos de varias alternativas que se desean implementar, identificar cuál de ellas reúne los mejores indicadores y por ende seleccionar la opción más rentable.

El mejoramiento de una carretera, trae consigo una amplia gama de beneficios, los cuales son calculados de diferentes maneras. En el presente estudio, se evaluaron económicamente dos alternativas de Inversión, y a continuación se describen los principales beneficios que se consideran resultarán del mejoramiento de la infraestructura vial.

- a) Reducción en los costos Generalizados de Viaje (CGV)

El CGV (Reducción en los costos Generalizados de viaje) constituye el costo total en que incurre un usuario de transporte en trasladarse desde un punto A hasta un punto B. En este costo se incluye los Costos de Operación Vehicular, el Costo de Tiempo de Viaje, y el pago de peaje. Los proyectos de carreteras pueden ser desde construir un puente sobre una ruta o reemplazarlo, adicionar uno o más carriles, cambiar la carpeta de rodadura, adicionar ciclo vías, y otros. Todos estos proyectos pueden tener todos los beneficios que se señalan a continuación:

- Ahorro de costos de operación vehicular
- Disminución de los costos de mantenimiento
- Ahorro de tiempo de viaje
- Disminución de los accidentes
- Disminución de la contaminación

A estos beneficios pueden agregarse otros más complejos como la dinamización de la producción, el aumento de las exportaciones, etc., pero que en realidad no son más que unos efectos-impactos derivados de la disminución de los Costos Generalizados de Viaje. Una prueba de ello es que al mejorar un camino o carretera que se encuentra en pésimo estado, los productores que viven en el área de influencia se podrían sentir motivados a producir más debido a que no tendrán pérdidas por no poder sacar a tiempo sus cosechas.

De los beneficios antes mencionados, los tres primeros son de más común evaluación, porque pueden cuantificarse y valorarse más sencillamente. El beneficio por la disminución de accidentes puede valorarse por el costo evitado de la pérdida de bienes en los accidentes. No se recomienda intentar valorar la vida de las personas, dado que la vida, cualquiera que sea, tiene un valor infinito, no cuantificable. La disminución de la contaminación puede valorarse, calculando la menor cantidad de CO₂ emitido, y suponiendo un valor monetario para cada tonelada.

Actualmente, existe un mercado de bonos de carbono en el que proyectos que reduzcan la contaminación pueden transarlos. Para los proyectos viales no es tan común como sí lo es para plantas de generación de energía con fuentes renovables.

Por lo anterior, en el sentido estricto de la conveniencia económica, se hará uso de los primeros tres beneficios para determinar la rentabilidad del proyecto.

5.3 Indicadores de Rentabilidad

Los indicadores de rentabilidad nos dan una idea de la conveniencia o rentabilidad de un proyecto. Se utilizan para apoyar la toma de decisión de ejecutar o no un proyecto de inversión, ya sea pública o privada.

Para efectos de la Rentabilidad de un proyecto, se consideran dos indicadores principales: El Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

a. Valor Neto Actual (VAN)

Conocido también bajo el nombre de Valor Presente, el VAN (Valor Actual Neto) es el indicador más aceptado para determinar la rentabilidad de un proyecto de inversión.

Por Valor Actual Neto de una inversión se entiende la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial.

Para obtener el VAN (Valor Actual Neto) se utiliza la ecuación N° 24 (ver **pág. 100**).

Ecuación N° 24:

$$VAN = -I_0 + \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

Donde:

I_0 : Es la Inversión Inicial en el momento 0.

t : El momento temporal, normalmente expresado en años, en el que se genera cada flujo de caja.

i : La tasa de descuento utilizada (la tasa de rendimiento que se podría ganar en una inversión en los mercados financieros con un riesgo similar).

C_t : El flujo neto de efectivo (la cantidad de dinero en efectivo, entradas menos salidas) en el tiempo t .

El criterio de decisión para valorar el VAN (Valor Actual Neto) depende si se está evaluando uno o más proyectos. En el caso de que se esté evaluando un proyecto único, el proyecto es rentable si el VAN (Valor Actual Neto) resulta positivo, es decir mayor que cero ($VAN > 0$). Si se están evaluando dos o más proyectos mutuamente excluyentes, el más rentable es el que tenga el VAN (Valor Actual Neto) más alto, siempre y cuando este sea mayor que cero.

Un VAN (Valor Actual Neto) igual a 0, o también llamado nulo, significa que la rentabilidad del proyecto es la misma que colocar los fondos en él invertidos en el mercado con un interés equivalente a la tasa de descuento utilizada. La única dificultad para hallar el VAN (Valor Actual Neto) consiste en fijar el valor para la tasa de interés, existiendo diferentes alternativas.

Como ejemplo de tasas de descuento (o de corte), indicamos las siguientes:

- a) Tasa de descuento ajustada al riesgo: Interés que se puede obtener del dinero en inversiones sin riesgo (deuda pública) + prima de riesgo.

- b) Coste medio ponderado del capital empleado en el proyecto.
- c) Coste de la deuda, si el proyecto se financia en su totalidad mediante préstamo o capital ajeno.
- d) Coste medio ponderado del capital empleado por la empresa.
- e) Coste de oportunidad del dinero, entendiendo como tal el mejor uso alternativo, incluyendo todas sus posibles utilidades.

Dado que el VAN (Valor Actual Neto) depende muy directamente de la tasa de descuento, el punto débil de este método es la tasa utilizada para descontar el dinero (siempre discutible). Sin embargo, para el caso de Nicaragua, para efectos de cualquier proyecto de Inversión Pública, la tasa de descuento es fijada por el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) entidad adscrita al Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MHCP).

El SNIP (Sistema Nacional de Inversión Pública) ha actualizado en el año 2011 la tasa de descuento para proyectos en nuestro país, siendo la tasa de un 12% para este proyecto.

- a) Tasa Interna de Retorno (TIR):** Otro indicador muy utilizado es la Tasa Interna de Retorno (TIR), es aquella tasa de descuento que hace igual a cero el valor actual de un flujo de beneficios netos, es decir, los beneficios actualizados son iguales a los costos actualizados. Este indicador da una idea del rendimiento del capital invertido.

La TIR (Tasa Interna de Retorno) mide la rentabilidad como un porcentaje, calculado sobre los saldos no recuperados en cada período. Muestra el porcentaje de rentabilidad promedio por período, definida como aquella tasa que

hace el VAN (Valor Actual Neto) igual a cero. La tasa interna de retorno TIR, complementa casi siempre la información proporcionada por el VAN (Valor Actual Neto).

La ecuación para calcular la TIR (Tasa Interna de Retorno) es la misma que la del VAN (Valor Actual Neto), únicamente hay que encontrar la tasa i que hace que el VAN (Valor Actual Neto) sea 0. Se muestra en la Ecuación N° 25.

Ecuación 25:

$$0 = -l_0 + \frac{C_t}{(1 + i^*)^t}$$

i^* :TIR

El criterio de decisión para seleccionar un proyecto según la TIR(Tasa Interna de Retorno) es comparar esta con la tasa de descuento utilizada, si la TIR(Tasa Interna de Retorno) es mayor que la tasa de descuento (TD) el proyecto es rentable, si la TIR(Tasa Interna de Retorno) es igual a la TD(Tasa de Descuento) es indiferente, y si la TIR(Tasa Interna de Retorno) es menor que la TD(Tasa de Descuento) el proyecto se rechaza por no ser rentable.

b) Indicador de Rentabilidad Primario

El Valor Actual Neto (VAN) es el indicador más fiable para determinar cuán bueno es un proyecto de inversión porque determina la cantidad de dinero, o beneficios, que la ejecución de un proyecto trae consigo, independientemente del monto de la inversión inicial requerida. La Tasa Interna de Retorno (TIR) tiene ese problema, no es capaz de discriminar correctamente qué proyecto es mejor cuando los montos de la inversión inicial son dispares. Así, por ejemplo, un proyecto que requiera 100 de inversión inicial y rente al término del proyecto 200, según la TIR está rindiendo un 100% de rentabilidad y según el VAN (Valor Actual Neto) reditúa 100.

Pero otro proyecto que precisa de una inversión inicial de 1000 y rinde 1.200, según el índice TIR (Tasa Interna de Retorno) reditúa un 20%, pero de acuerdo al VAN (Valor Actual Neto) las ganancias alcanzan a 200. Entonces es mejor hacer el segundo proyecto porque con él se obtienen 200, cien más que con el proyecto que rentabiliza 100%, pero que solamente otorga 100 de ganancia, o sea, la mitad que ofrece el segundo cuya TIR (Tasa Interna de Retorno) es un quinto (20%) del primer proyecto.

5.4 Evaluación Económica

La Evaluación Económica del proyecto de mejoramiento de la Carretera Empalme El Portillo – El Cuá, de 12 km de longitud, fue realizada utilizando el software ***Road Economic Decision Model (RED Model)***. A través de este software se procedió a determinar los indicadores de VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno) de cada una de las alternativas propuestas con el fin de escoger la alternativa más rentable para su ejecución.

5.4.1 RED Model

El software RED realiza la evaluación económica de proyectos de mejoramiento y mantenimiento de carreteras, midiendo los beneficios de los usuarios de la misma y los consumidores de los costos reducidos del transporte. Es un modelo para la evaluación económica para carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, con un volumen de tránsito mayores a **50** vehículos por día (vpd).

El software RED fue financiado por el África Road Management Initiative (RMI), que fue lanzado bajo el auspicio del Sub-Saharan África Transport Policy Program (SSATP), que es un marco de trabajo colaborativo preparado para mejorar las políticas de transporte y fortalecer la capacidad institucional en la región de África. El modelo fue desarrollado por Rodrigo Archondo-Callao, Especialista Técnico del Banco Mundial (BM). El supervisor del desarrollo del modelo fue Pedro Geraldés, Economista Principal de Transporte del BM, y el trabajo fue llevado a cabo en la

Unidad de Transporte del Banco Mundial, Grupo de Infraestructura. La versión del RED a utilizar en esta Evaluación es la 3.2, que fue lanzada en el año 2004.

El RED está compuesto por una serie de libros de Excel 2000 que contienen una serie de hojas de entrada, donde se ingresan todos los datos de entrada, hojas de salida, donde son presentados los resultados y hojas auxiliares, donde son realizados los cálculos. El libro del módulo principal de evaluación evalúa un camino a la vez y puede comparar hasta tres alternativas de proyecto con un caso sin proyecto, aportando los indicadores económicos necesarios para seleccionar la opción más deseable y para cuantificar sus beneficios económicos. También existe un libro de un módulo de evaluación de programa que evalúa una red de caminos. Los beneficios principales del proyecto son la reducción de los Costos Generalizados de Viaje (costos de operación vehicular y costos de tiempo de viaje), que son calculados a partir de funciones que relacionan costos operativos de vehículo y velocidades con la rugosidad de la carretera a evaluar.

Es importante señalar que el Software RED es utilizado por la División General de Planificación del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) para evaluar proyectos de transporte que luego son presentados a los diferentes organismos internacionales, como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Banco Mundial (BM), Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE), Alternativa Bolivariana para los pueblos de nuestra América (ALBA), entre otros, para su posible financiamiento.

5.4.1.1 Hojas de Entrada del RED

El software RED presenta una serie de hojas de entrada, que el usuario debe completar para proceder a evaluar económicamente las alternativas que se desea. Las Hojas de Entrada son siete, en estas hojas el usuario ingresa los datos de entrada en todas las celdas con fondo amarillo. A continuación, se listan las siete hojas y en el **Anexo E, sección 5.1**; se muestran al detalle cada una de ellas.

1. Control y Seteo
2. VOC (costo de operación vehicular) y Velocidades Unitarios
3. Tiempo y Accidentes
4. Tránsito
5. Indicadores Multi-Criterio
6. Alter. De Proyecto - Principales Características
7. Alter. De Proyecto - Otros Beneficios

5.4.1.2 Hojas de Salida del RED

El software RED presenta igualmente una serie de hojas de salida, en las cuales se presentan los resultados obtenidos de la Evaluación Económica. Los resultados son resumidos en la hoja Alter. Proyecto - Solución y presentados en detalle, por alternativa de proyecto, en las hojas restantes.

Las distintas Hojas de salida del Red se listan a continuación, y en el **Anexo E, sección 5.2**; se muestran al detalle cada una de ellas.

1. Alter. de Proyecto - Solución
2. Gráfico - Valor Actual Neto
3. Gráfico - Costos Totales de la Sociedad
4. Alter. 1 - Viabilidad
5. Alter. 1 - Impactos sobre el Usuario
6. Alter. 1 - Distribución de los Beneficios
7. Alter. 1 - Sensibilidad
8. Alter. 1 - Valores Intercambiados
9. Ídem para las Alternativas 2 y 3.

5.4.1.3 Información necesaria para la corrida del Software RED

Es necesario plasmar en el software un conjunto de información de la carretera que se desea evaluar, tanto en la situación actual, es decir Sin Proyecto, como en la situación futura, es decir Con Proyecto. Esto es con el fin de que el programa pueda disponer de información clave para comparar ambas alternativas y poder determinar así los beneficios de cada una.

Toda esta información debe de recopilarse en campo, o bien, de una fuente segura de información con el fin de no alterar los resultados finales de la evaluación.

La información que es necesaria para poder evaluar un proyecto vial en el software RED es la siguiente:

1. El Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) del tramo.
2. Tasa de Crecimiento Anual del Tráfico.
3. Tipo de terreno donde se localiza el proyecto.
4. Longitud del proyecto.
5. Condiciones de la vía “Con” y “Sin” proyecto (Superficie de Rodamiento, Índice de Regularidad, etc.).
6. Costos de Mantenimiento.
7. Costos de Operación Vehicular.
8. Costos de construcción para cada alternativa de Inversión y el período de construcción.
9. Factor de Costos Económicos

Toda esta información debe de ser ingresada en las diferentes Hojas de Entrada del programa, en las celdas con fondo amarillo.

Trafico Promedio Diario Anual (TPDA): Debe determinarse la demanda de usuarios que está utilizando la vía. Esto es de mucha importancia dado que

los beneficios están relacionados con la cantidad de vehículos que transita por la carretera.

Tasa de Crecimiento Anual del tráfico (TC): Se debe determinar la TC del Tráfico con el fin de poder predecir el crecimiento en la cantidad de vehículos que experimentará la vía, con el fin de cuantificar los beneficios después de ejecutado el proyecto durante su vida útil.

Tipo de Terreno: Se debe especificar el tipo de terreno donde se emplaza el proyecto, este puede ser llano, ondulado o montañoso.

Longitud del Proyecto: Se debe especificar la longitud en kilómetros del proyecto.

Condiciones de la Vía: En esta parte se debe detallar que tipo de superficie posee en la condición actual la carretera, así como también se debe especificar qué tipo de superficie se desea para cada una de las alternativas Con Proyecto. Las alternativas para el tipo camino o carretera son de Tierra, Ripio o Revestido y Pavimento.

Índice de Regularidad Internacional (IRI): Se define como regularidad superficial de una carretera a la mayor o menor aproximación del perfil real al teórico que es aquél que no produce, dentro de un vehículo en marcha, aceleraciones verticales. La cuantificación de la regularidad se puede realizar con la medida de diferentes magnitudes (desnivelaciones verticales, modificaciones de la energía en el movimiento de un vehículo, determinación de las aceleraciones dentro del vehículo, etc.). La evaluación del grado de irregularidad de una carretera debe efectuarse tanto en sentido longitudinal como transversal.

La regularidad superficial comprende los defectos de la superficie de rodamiento debido a fallas de la capa asfáltica y no guardan relación con la estructura de la calzada.

En Nicaragua el IRI (Índice de Regularidad Internacional) de las carreteras es calculado por el Sistema de Administración de Pavimentos (SAP) de la División General de Planificación del MTI (Ministerio de Transporte e Infraestructura). Se calcula en base en un método desarrollado por el Banco Mundial, que se describe en detalle en el documento técnico N° 46 de esa institución: Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements (M.W.Sayers et al).

El método usa como parámetro de medición la velocidad promedio de recorrido de un vehículo conducido por un conductor experimentado. Fue desarrollado con el fin de uniformar criterios de la medición de la rugosidad de las carreteras, con base en un experimento realizado en Brasil en 1982 denominado Internacional Road Roughness Experiment (IRRE), en el que se utilizaron además las experiencias del Banco Mundial en años anteriores en otros lugares como Kenia, la India y el Caribe. El IRI está expresado en metros / kilómetros, y tiene un valor máximo de 25, que son carreteras prácticamente intransitables para los vehículos automotores.

En la **Tabla 60 (pág. 110)**, Se muestran diferentes IRI's que pueden presentarse en los caminos y carreteras, así como una breve descripción de cada uno de ellos.

Costos de Mantenimiento: Estos constituyen los costos en que se incurrirán durante la vida útil del proyecto para mantener la carretera en estado de transitabilidad. Es un hecho que cada alternativa de mejoramiento ha sido diseñada para soportar una determinada carga, sin embargo antes de sobrepasar este umbral se deberán ejecutar obras de mantenimiento, no estructurales, que permitan mantener la carretera en óptimas condiciones.

Costos de Operación Vehicular (COV): Estos constituyen los costos en que incurren los vehículos automotores para su movilización desde un punto de origen A hasta un punto de destino B. Estos COV (Costos de Operación Vehicular) incluyen insumos básicos tales como combustible, lubricantes, llantas, etc., los cuales deben de ser recopilados e introducidos en el software RED para su calibración. Esta calibración la realiza anualmente el Sistema de Administración de Pavimentos del MTI.

Costos de Construcción de las Alternativas de Inversión y el periodo de construcción: Se debe conocer el costo en que se incurrirá para ejecutar cada una de las alternativas evaluadas. Este costo de construcción deberá ser expresado en dólares por kilómetro.

Asimismo se deberá especificar el tiempo en años que durará la construcción de cada una de las alternativas que se desea evaluar. Esto generalmente va relacionado con la longitud del proyecto y la capacidad de las empresas constructoras.

Factor de Costos Económicos (FCE): El FCE es un factor que se utiliza para corregir los precios financieros que se utilizan en los presupuestos de los proyectos, evitando las distorsiones de estos costos, como son los subsidios, mano de obra calificada, mano de obra no calificada, transferencias entre sectores, etc.

En el caso de Nicaragua, para proyectos de infraestructura vial, el MTI está utilizando un FCE de **0.87**. Cuando se utiliza el software RED para evaluar económicamente un proyecto debe introducirse este valor en la Hoja de Entrada *Control y Seteo*, con el fin de que internamente el software corrija estas distorsiones de costos.

Tabla 60
Índices de Regularidad Internacional (m/Km) para diferentes
carreteras.

RANGO DE RUGOSIDAD (IRI m/km)	DESCRIPCION DEL CAMINO
0	
0.5	
1.0	
1.5	Superficie recién aplanada con grava fina o superficie de terreno con excelente perfil longitudinal y transversal (encontrado usualmente en longitudes pequeñas).
2.0	
2.5	
3.0	
3.5	Comodidad del viaje hasta 80-100 km/h. Consciente de ondulaciones suaves o ladeo. Depresiones despreciables (ej. < 5mm/3m) y sin baches.
4.0	
4.5	
5.0	
5.5	
6.0	
6.5	
7.0	
7.5	Comodidad del viaje hasta 70-80 km/h pero, Consciente de movimientos bien definidos y algunos rebotes de llantas. Frecuentes depresiones superficiales moderadas o baches superficiales (ej. 6-30mm/3m con frecuencia de 5-10 por 50m). Corrugaciones moderadas (ej. 6-20mm/0.7-1.5m).
8.0	
8.5	
9.0	
9.5	
10.0	
10.5	
11.0	
11.5	Comodidad del viaje a 50km/h (ó 40-70km/h en secciones específicas). Frecuentes depresiones transversales moderadas (ej. 20-40mm/3m-5m con frecuencia de 10-20 por 50m) u ocasionales depresiones profundas o baches (ej. 40-80mm/3m con frecuencia menor que 5 por 50m). Corrugaciones fuertes (ej. > 20mm/0.7-1.5m).
12.0	
12.5	
13.0	
13.5	
14.0	
14.5	
15.0	
15.5	
16.0	Comodidad del viaje a 30-40 km/h. Frecuentes depresiones transversales profundas y/o baches (ej. 40-80mm/1.5m con frecuencia de 5-10 por 50m) con otras depresiones superficiales. No es posible evitar todas las depresiones solamente las peores.
16.5	
17.0	
17.5	
18.0	
18.5	
19.0	
19.5	
20.0	Comodidad del viaje a 20-30 km/h. Velocidades mayores entre 40-50 km/h causarían molestias extremas y posibles daños al vehículo. En un buen perfil general: Frecuentes depresiones profundas y/o baches (ej. 40-80mm/1.5m con frecuencia de 10-15 por 50m) y ocasionales depresiones profundas (ej. > 80mm/0.6-2m). En un pobre perfil general: Frecuentes defectos moderados y depresiones (ej. pobre superficie natural).
20.5	
21.0	
21.5	
22.0	

Fuente: SAP-MTI.

5.4.2 Información recopilada carretera Empalme El Portillo-El Cuá

En el capítulo II de esta monografía, Estudio de Tráfico, se procedió a determinar dos variables que son necesarias para ingresarse en el software RED y así poder establecer la rentabilidad de cada una de las alternativas de inversión propuesta.

A continuación se detalla cada una de estas variables:

Tasa de Crecimiento del Tráfico (TC): 4.1% (Ver Tabla 23, pág. 29)

Trafico Promedio Diario Anual (TPDA): 378 vpd (Ver Tabla 24, pág.30).

Otras variables que se deben introducir en el software fueron recopiladas en base a información proporcionada por el Sistema de Administración de Pavimentos (SAP) del MTI. Estas variables fueron **Tipo de Superficie de la carretera, Longitud del tramo, IRI y Tipo de Terreno.**

En la **Tabla N° 61** se muestra la información obtenida.

Tabla 61
Información Empalme El Portillo – El Cuá

Nombre del Tramo	Long. Km	Tipo de Superficie	IRI	Tipo de Terreno	Condición
Empalme El Portillo-El Cuá	12	Revestida	16	Montañoso	Mala

Fuente SAP, MTI

Así como el SAP(Sistema de Administración de Pavimentos) proporcionó la información del IRI(Índice de Regularidad Internacional) de la carretera en la situación Sin Proyecto, también nos dio información del IRI(Índice de Regularidad Internacional) promedio que resulta luego de ejecutarse un proyecto a base de una carpeta de Adoquín y Concreto Asfáltico en Caliente.

En la **Tabla N° 62**, se muestra los valores de IRI (Índice de Regularidad Internacional) para cada una de las alternativas de inversión planteada:

Los Costos de Operación Vehicular (COV) fueron suministrados por el SAP, ya calibrados en el software RED, específicamente en la Hoja de Entrada *VOC y Velocidades Unitarias*.

Tabla 62

IRI en la situación Con Proyecto

NO.	Alternativa	IRI(m/Km)
1	Concreto Asfáltico en Caliente	3
2	Adoquinado	4

Fuente SAP, MTI.

Factor de Costos Económicos: El factor de corrección de costo financiero a económico es de 0.87, de acuerdo a información del MTI.

Costos de Construcción de las Alternativas de Inversión y el periodo de construcción:

De acuerdo a lo establecido en el capítulo IV, Diseño de la Estructura de Pavimento, se diseñaron 2 posibles alternativas, las cuales se presentan a continuación (ver **pág. 113**):

- (a) Estructura empleando capa asfáltica (MAC) para la capa de rodamiento, colocadas sobre una capa base de material granular, la cual estará soportada por una capa de sub-base conformada por el actual rodamiento ajustado.

- (b) Estructura empleando adoquines de concreto de 10 cms de espesor, colocadas sobre una capa base de material seleccionado estabilizado con cemento, estará soportada por una capa de sub-base conformada por el actual rodamiento ajustado.

Se procedió a determinar a groso modo el costo de cada una de las capas de la estructura de pavimento para cada una de las alternativas planteadas. El costo de estas capas fue determinado en base a los costos plasmados en la Cartilla de Costos y Presupuesto del año 2014 elaborado por la Oficina de Costos y Presupuestos de la División General de Planificación del MTI.

En la **Tabla N°63**, (ver **pág. 114**); se muestra el detalle de material por capa y el costo de cada una de ellas, por alternativa de inversión. Es importante señalar que los Costos expresados son en dólares estadounidenses, al momento de elaborar la Cartilla de Costos y Presupuestos en el mes de marzo de 2014 el cambio oficial de la moneda, según el Banco Central de Nicaragua (BCN), era de 27 córdobas por cada dólar.

El costo que se debe de ingresar en el red será el costo total de construcción más la supervisión, en el cual según el MTI (Ministerio de Transporte e Infraestructura) esta última ha sido calculada igual a un 7% de la construcción.

El costo de construcción total más supervisión fueron determinado en base a los últimos Costos de construcción calculados en el año 2014 elaborado por la Oficina de Costos y Presupuestos de la División General de Planificación del MTI (Ministerio de Transporte e Infraestructura).

Tabla 63
Valoración de ambas alternativas.

COSTOS DE CONSTRUCCION POR KM (US\$/KM)					
ALTERNATIVA		LONGITUD DEL TRAMO(m)			11,580.00
MEZCLA ASFALTICA		ANCHO DEL TRAMO(m)			6
CAPA	ESPESOR DE CAPA(m)	VOLUMEN TOTAL (m3)	COSTO PROMEDIO(US\$/M3)	COSTO TOTAL(US\$)	COSTO POR KM(US\$)
RODAMIENTO	0.0762	5,294.38	226.47	1,199,017.33	103,542.08
BASE ESTABILIZAD A	0.254	17,647.92	61.55	1,086,229.48	93,802.20
SUB BASE GRANULAR	0.1778	12,353.54	32.1	396,548.76	34,244.28
			COSTO POR KILOMETRO		231,588.56
ALTERNATIVA		LONGITUD DEL TRAMO(m)			11,580.00
ADOQUINADO		ANCHO DEL TRAMO(m)			6
CAPA	AREA M2(m)	COSTO PROMEDIO(US\$/M2)	COSTO TOTAL(US\$)	COSTO POR KM(US\$)	
RODAMIENTO	69,480.00	16.14	1,121,407.20		96,840.00
CAPA	ESPESOR DE CAPA(m)	VOLUMEN TOTAL (m3)	COSTO PROMEDIO(US\$/M3)	COSTO TOTAL(US\$)	COSTO POR KM(US\$)
BASE ESTABILIZAD A	0.2286	15,883.13	61.55	977,606.53	84,421.98
SUB BASE GRANULAR	0.2032	14,118.34	32.1	453,198.59	39,136.32
			COSTO POR KILOMETRO		220,398.30

Fuente: Cálculos Propios.

Costo de construcción más supervisión del adoquín (miles de US\$/Km) = 235.83
Costo de construcción más supervisión del concreto asfáltico (miles de US\$/Km)
igual a 247.80.

En base a la longitud del tramo y a las alternativas planteadas se estima que la construcción dure aproximadamente 12 meses calendarios (1 año). Esto en base a lo que por experiencia del MTI (Ministerio de Transporte e Infraestructura) es el rendimiento promedio de las empresas constructoras cuando ejecutan este tipo de proyectos.

Costos de Mantenimiento: Al igual que los costos de Construcción, los costos de Mantenimiento fueron suministrados por la Oficina de Costos Unitarios de la División General de Planificación del MTI (Ministerio de Transporte e Infraestructura), tomando en cuenta los costos en que el Ministerio de Transporte e Infraestructura ha incurrido en los últimos años en la red vial mantenible del país.

Los costos de Mantenimiento considerados para cada alternativa se presentan en la **Tabla N° 64**.

Tabla 64

Costos de Mantenimiento Alternativas de Construcción

NO.	Alternativa	Costo de Mantenimiento (US\$ / km)
1	Sin Proyecto	12,730
2	Adoquinado	4,000
3	Mezcla Asfáltica en Caliente	5,500

Fuente: Oficina Costos Unitarios MTI.

Las actividades principales a realizar en las tareas de mantenimiento se plasman a continuación.

En la situación Sin Proyecto, es decir en el estado actual de la carretera, las principales actividades para ejecutar mantenimiento son las siguientes:

Tabla 65
Situación Sin Proyecto.

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
Limpieza de derecho de vía	Km/año
Reposición de Balastro	mm
Nivelación	m
Reparación de zonas inestables	m
Limpieza de drenaje	ml

Fuente: Oficina Costos Unitarios MTI

Al ejecutarse el proyecto las principales actividades a realizar en la parte de mantenimiento por alternativa son las siguientes:

Tabla 66
Alternativa: Concreto Asfáltico en Caliente

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
Limpieza de Derecho de vía	Km/año
Sellado de grietas	m ²
Bacheo Bituminoso	m ²
Tratamiento Superficial	m ²
Limpieza de Drenaje	ml

Fuente: oficina costos unitarios MTI.

Tabla 67
Alternativa: Adoquinado

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
Limpieza de derecho de vía	Km/año
Remoción y Conformación de Adoquín	m ²
Reposición de Adoquín	m ²
Sello de Adoquín con arena	m ²
Limpieza de drenaje	ml

Fuente: Oficina Costos Unitarios MTI.

5.4.3 Resultados de la Evaluación Económica

Luego de introducir todas las variables en el software RED para las dos opciones analizadas, los resultados de la Evaluación Económica se muestran en la Tabla N°68.

Como resultado obtenido de tabla N°68 tenemos:

Tabla 68

Alternativa	VAN (millones US\$)	TIR (%)
Adoquinado	3.088	28
Concreto Asfáltico en Caliente	3.053	27

Fuente: Software RED.

En el **Anexo E, Tabla 69, 70, 71,72**, se muestran todos los resultados del Software RED de la Evaluación socioeconómica para ambas alternativas.

Como se puede observar todas las alternativas son rentables para su ejecución, es decir todas obtienen indicadores mayores que los mínimos requeridos, un VAN

mayor que 0 y una TIR (Tasa Interna de Retorno) mayor que el 12%.

Tabla 73
Resultados de la Evaluación Socioeconómica a 15 años con tasa de descuento del 12%.

Descripción	Adoquín	Conc. Asfáltico en caliente
VPN en millones de US\$	3.088	3.053
TIR	28%	27%
Beneficios netos anuales (U.S.\$/Km)	34,932	34,528
Relación VPN inversión financiera.	1.30	1.222
Relación VPN costos económicos	1.27	1.169
Relación 1er. Año de beneficios/costos económicos	0.33	0.33
VPN de los costos económicos de inversión(millones U.S.\$)	2.42	2.61
VPN de los beneficios generados por el tráfico normal(millones de U.S.\$)	6.35	6.17
VPN de los beneficios generados por el tráfico generado(millones de U.S.\$)	0.89	0.86
VPN de los costos económicos total(sociedad)millones	9.66	9.65
Inversión por población servida (U.S.\$/por persona)	32.69	56.53
Población servida por inversión(pers./1000US\$)	30.6	17.7

Fuente software red.

Sin embargo, la alternativa que resulta la más rentable de las dos que se evaluaron, es Adoquinado, por lo que se recomienda ejecutar esta alternativa, ya que además de cumplir satisfactoriamente el análisis técnico, resulta ser la alternativa más rentable económicamente para su ejecución.

5.4.3.1 Análisis de Sensibilidad

Con la finalidad de prever algunas situaciones de riesgo relacionadas a cambios en algunas variables utilizadas en el proyecto, como por ejemplo en los costos de construcción y de mantenimiento de las alternativas propuestas, en el tráfico y en las tasas propuestas de crecimiento de éste, se realizaron simulaciones afectando estas variables, las cuales inciden directamente en la rentabilidad o no del proyecto, para ver hasta qué grado este es sensible a dichas variaciones.

En el análisis de sensibilidad realizado, consistió en lo siguiente: El aumento de los costos en 10, 20 por ciento por un lado y la disminución de los beneficios en un 10, 20 por ciento por otro lado, así como la combinación de dichas alternativas. Los resultados se resumen en la **Tabla N° 74, (ver pág. 120)**.

Como se puede apreciar, de acuerdo a los resultados obtenidos en las situaciones supuestas en el Análisis de Sensibilidad, la Alternativa de Mejoramiento de la carretera Empalme El Portillo-El Cuá a través de Adoquinado obtiene Indicadores Económicos mayores que los mínimos considerados para evaluar económicamente este proyecto, es decir una TIR(Tasa Interna de Retorno) igual o mayor a 12%, y un VAN(Valor Actual Neto) mayor que 0, además sigue siendo la alternativa con los indicadores más altos, siendo esta alternativa poco sensible con respecto a los cambios realizados. Por tal razón, sigue siendo la alternativa más rentable para ejecutar el proyecto y se recomienda su implementación.

Tabla 74
Resultados Análisis de Sensibilidad del Proyecto

	Adoquín	Conc. Asfáltico en caliente
1.Incremento de costos en un 10%		
VPN en millones de US\$	2.909	2.855
TIR	26%	26%
2.Beneficios disminuyen en un 10%		
VPN en millones de US\$	2.6	2.55
TIR	26%	25%
3.Incremento de costos en un 20%		
VPN en millones de US\$	2.73	2.657
TIR	25%	24%
4.Beneficios disminuyen en un 20%		
VPN en millones de US\$	2.113	2.046
TIR	24%	23%
5. Combinación de 1 y 2.		
VPN en millones de US\$	2.421	2.352
TIR	24%	24%
6. Combinación de 3 y 4.		
VPN en millones de US\$	1.754	1.651
TIR	21%	20%

Fuente: Software RED

CAPITULO VI

6 DISEÑO Y EVALUACIÓN DEL DRENAJE MENOR (ALCANTARILLADO)

6.1 Conceptos Fundamentales del Diseño de Drenaje

6.1.1 Drenaje

El drenaje transversal de la carretera tiene como objetivo evacuar adecuadamente el agua superficial que intercepta su infraestructura, la cual discurre por cauces naturales o artificiales, en forma permanente o transitoria, a fin de garantizar su estabilidad y permanencia.

El elemento básico del drenaje transversal se denomina alcantarilla, considerada como una estructura menor, su densidad a lo largo de la carretera resulta importante e incide en los costos, por ello, se debe dar especial atención a su diseño.

6.1.2 Estudio Hidrológico

El estudio hidrológico tiene como finalidad determinar el **caudal de diseño**, en correspondencia con el caudal que puede ser igualado o excedido a una probabilidad de ocurrencia, la cual se analiza para un periodo de retorno estimado.

6.1.2.1 Conceptos Generales del Estudio Hidrológico

Periodo de retorno: El período de retorno, generalmente expresado en años, se define como el tiempo promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud dada o, en otras palabras, el intervalo de tiempo dentro del cual un evento de determinada magnitud puede ser igualado o excedido.

La **Tabla N° 75** recomienda los rangos de frecuencia o período de retorno, para proyectos de drenaje de carreteras de acuerdo a la clasificación funcional establecida.

Tabla 75
Frecuencias de Diseño Recomendadas

Clasificación Funcional de Carreteras	Diseño (Años)				
	2	5	10	25	50
Troncal Principal:					
Alcantarillas de paso				X	X
Alcantarillas de Alivio			X		
Puentes grandes					X
Puente - Vado					
Troncal Secundaria:					
Alcantarillas de paso				X	
Alcantarillas de Alivio			X		
Puentes pequeños				X	X
Puente - Vado					
Colectora Principal:					
Alcantarillas de paso				X	
Alcantarillas de Alivio			X		
Puentes pequeños				X	X
Puente - Vado					
Colectora Secundaria:					
Alcantarillas de paso				X	
Alcantarillas de Alivio			X		
Puentes pequeños			X	X	
Puente - Vado					
Caminos Vecinales:					
Alcantarillas de paso			X	X	
Alcantarillas de Alivio			X		
Puentes pequeños				X	X
Puente - Vado	X	X			

Fuente: Manual para revisión de estudios hidrotécnicos de drenaje menor del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), Nicaragua año 2008.

6.1.2.2 Método de cálculo para realizar el estudio hidrológico

6.1.2.2.1 Método Racional

El método racional se empezó a utilizar alrededor de la mitad del siglo XIX, es probablemente el más utilizado hoy en día para el diseño de sistemas de drenaje pluvial.

Este método nos permite calcular la crecida máxima en algún punto de una cuenca tomando en consideración los registros de precipitaciones de un periodo más o menos largo que nos permite relacionar la lluvia con el escurrimiento.

Este método toma en cuenta, además del área de la cuenca, la altura o intensidad de la precipitación y se utiliza en cuencas pequeñas que no excedan de los **3 km² (300 hectáreas)**¹, si la cuenca excede esta cantidad deberá recurrirse a otros métodos, por ejemplo: El Tránsito de Avenidas, que se auxilia del Método Racional y del Hidrograma Triangular Sintético.

El Método Racional asume que el **caudal máximo** para un punto dado, se alcanza cuando todas las partes del área tributaria están contribuyendo con su escorrentía superficial durante un período de precipitación máxima.

Para lograr esto, la tormenta máxima debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita una gota de agua para llegar de la parte más lejana de la cuenca hasta el punto considerado (tiempo de concentración).

El método racional está representado por la siguiente ecuación 26 (Ver **pág. 124**):

¹ Dato tomado del documento "Guía Hidráulica para el Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales" PAST-DANIDA, Septiembre 2004.

Ecuación 26:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Dónde:

Q = **Caudal de diseño** [m³/s]

C = Coeficiente de escorrentía, [adimensional].

A = Área de drenaje [Ha]

I = Intensidad de la lluvia [mm/hr]

Intensidad de la lluvia (I)

La intensidad se expresa como el promedio de la lluvia en mm/hora para un periodo de retorno determinado y una duración igual al del tiempo de concentración (Tc) de la cuenca.

Los valores intensidades se pueden obtener a partir de las curvas Intensidad Duración Frecuencia (IDF) que elabora INETER o **determinarse mediante cálculo con las ecuaciones que ajustan a dichas curvas calculadas por ese mismo instituto.**

El ajuste de los datos por medio de los mínimos cuadrados resulta en una ecuación en la cual se entra con la duración en minutos y se obtiene la intensidad:

Ecuación 27:

$$I = \frac{A}{(t + d)^b}$$

Donde:

I (mm\h): la intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al período de retorno.

A, d, b: Parámetros de ajuste a determinarse, en este caso se obtendrán **de las ecuaciones ajustadas a las curvas** Intensidad-Duración-Frecuencia de Jinotega. (Ver **Anexo F, Tabla 76 y 77**).

t: es la duración de la lluvia en minutos igual al tiempo de concentración (tc).

Tiempo de concentración (tc)

Es el tiempo que tarda una gota de escurrimiento desde el punto más alejado de la cuenca hasta el cruce en la carretera.

Se propone determinar el tiempo de concentración como el promedio del resultado obtenido por tres criterios de diseño. El elaborado en un laboratorio natural por Ramser y llevado a fórmula por Kirpich, la ecuación elaborada por Basso a nivel Centroamericano y la de Bransby Williams.

✓ La ecuación para calcular el tiempo de concentración con el criterio del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (PHCA), 1975, elaborada por **Basso (1972)**:

Ecuación 28:

$$t_c = 0.0041 \left(\frac{3.28 L}{S^{0.5}} \right)^{0.77}$$

✓ El tiempo el tiempo de concentración sugerido por **Kirpich** es:

Ecuación 29:

$$t_c = 0.0078 \left(\frac{3.28 L}{S^{0.5}} \right)^{0.77}$$

✓ Y el criterio de **Bransby Williams**

Ecuación 30:

$$t_c = 57.6 \left(\frac{(L/1000)^{1.2}}{H^{0.2}(A/100)^{0.1}} \right)$$

Dónde:

tc: Tiempo de concentración (min).

L: Longitud del cauce principal (m).

S: Pendiente del cauce principal (m/m).

Ecuación 31:

$$S = H/L$$

H: **Diferencia de elevación**² (m), A: Área de la cuenca (Ha).

Ecuación 32:

$$H = H_{m\acute{a}x} - H_{m\acute{i}n}$$

² Para el cálculo Hidrológico, ésta diferencia de elevación corresponde a la diferencia entre cota del punto más alejado y alto de la cuenca (Hmáx.), menos la cota en la salida o punto de cierre de la cuenca (Hmín.).

Coefficiente de escorrentía (C)

Se define como la relación entre la escorrentía y la precipitación en un periodo de tiempo determinado. La **Tabla N°78**, muestra los valores de coeficiente de escorrentía, en función de tipo de uso de suelo de la cuenca, pendiente del terreno y la permeabilidad del suelo.

Tabla 78: Coeficientes de escorrentía, según Benítez et al. (1980), citado por Lemus & Navarro (2003).

Cobertura Vegetal	Tipo de suelo	>50%	20-50 %	5-20%	1-5%	0-1%
Sin Vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.55	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos, Veg ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba, Grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosque, Densa Veg.	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Ministerio de Transportes y Comunicaciones Perú.

Se emplearán los valores asociados a una velocidad de infiltración promedio, que corresponde a los suelos observados” in situ” (formados en su mayoría por suelos arenosos y gravosos y tierras arcillosas). Tierras arcillosas ligeras (mezclas de limos y/o arcillas con alguna materia orgánica - humus - y suelos similares), sin capas de arcillas compactadas; que por sus características tacto-visuales y según ensayos aplicados a éstos, pertenecen a suelos semi-permeables, ya que presentan un escurrimiento del agua lento y en cantidades menores.

El valor de coeficiente de esorrentía utilizado en cada cuenca, será obtenido a partir del promedio ponderado de las áreas dedicadas a cada uno de los usos del suelo (tierra cultivada, pastos y bosques).

Estimado del área de captación de la Alcantarilla o cuenca en estudio.

Es la superficie del área de captación que contribuye con escurrimiento hacia el drenaje en estudio. Sus límites abarcan desde uno de los parte aguas de drenaje hacia el opuesto y hacia abajo hasta llegar al sitio en estudio.

El trazado del área de drenaje de una estructura debe partir del sitio de localización de la misma. Lo primero es trazar la red de drenaje, se identifican todos los cursos de agua que pertenecen al cauce en estudio, los mismos se trazan a partir del sitio en estudio, siguiendo la parte cóncava de las curvas de nivel hacia arriba. Dicha red define los límites de la cuenca.

El parte aguas se traza iniciando en el punto de la estructura propuesta, a ambos lados de la misma, de forma opuesta al trazado de la red hídrica, o sea hacia arriba por el medio de las formas convexas de las curvas de nivel y hacia abajo por el medio de las formas cóncavas de las mismas.

En el presente estudio, las cuencas fueron trazadas y medidas en mapas escala 1:50,000. Una vez definida la cuenca estimamos el área, lo cual se puede realizar de varias maneras:

1. Métodos gráficos por inscripción de figuras geométricas cuya área es fácil de determinar, o por superposición de cuadrícula con cuadros cuya área es conocida.
2. Con ayuda de un planímetro.
3. Por medio de computadoras con ayuda de programas como AutoCAD, etc.

6.1.3 Estudio hidráulico

El estudio hidráulico tiene como objetivo definir las dimensiones de las obras hidráulicas como: vados, canales, alcantarillas, puentes, etc. De manera que tengan la **capacidad hidráulica** suficiente para evacuar la crecida, para el periodo para la cual fueron diseñadas. Si el caudal llegará a sobrepasar la capacidad de las obras hidráulicas, estas logren resistir el cruce de agua sobre ellas y funcionen correctamente, sin que estas sufrieran daño alguno en su estructura.

6.1.3.1 Conceptos generales del estudio hidráulico

a) Perímetro Mojado (P_m): Es el límite del área de la sección, excluyendo la superficie libre esta, es la línea a lo largo, la cual está en contacto con el material del canal, este se mide en metros.

b) Radio hidráulico (R_h): Este se define como la razón entre el área de la sección y el perímetro mojado (Ver Ecuación 33, **pág. 130**).

Ecuación 33:

$$R_h = \frac{A}{P_m}$$

c) Ecuación de Manning: La ecuación de Manning es una de las ecuaciones más utilizadas en el análisis hidráulico y diseño de estructura de drenaje, esta determina la velocidad del flujo en función de la forma del canal, rugosidad y pendiente.

Ecuación 34:

$$V = \frac{R_h^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Dónde:

V= Velocidad promedio de descarga (m/s).

Rh= Radio hidráulico (m).

S= Pendiente del canal (m/m), se empleará la ecuación **31**.³

n = Coeficiente de rugosidad de Manning, (Adimensional); (Ver **Tabla 79, pág. 131**).

6.1.4 Alcantarillas

Las alcantarilla son consideradas estructuras de drenaje menor, estas presentan formas diversas, su función principal radica en conducir y desalojar lo más rápido posible el agua proveniente de los ríos, arroyos y partes adyacentes de la vía.

³ Para el correspondiente cálculo Hidráulico en la ecuación de la pendiente, la diferencia de elevación corresponde a la diferencia entre la cota de entrada de la alcantarilla existente menos la cota de salida.

Tabla 79
Valores del coeficiente de rugosidad “n” de Manning, para las tuberías de uso más corriente.

<u>Material</u>	<u>Coeficiente “n”</u>	<u>Material</u>	<u>Coeficiente “n”</u>
Concreto	0.013	Hierro galvanizado (H°G°)	0.014
Polivinilo (PVC)	0.009	Hierro Fundido (H°F°)	0.012
Polietileno (PE)	0.009	Fibra de vidrio	0.010
Asbesto-Cemento (AC)	0.010		

Fuente: Guía Técnica para el Diseño de Sistemas de Alcantarillado Sanitario. INAA

6.1.4.1 Diseño hidráulico de las alcantarillas.

El propósito del diseño hidráulico es proveer una facilidad o sistema de drenaje que de manera adecuada y económica acomode el flujo estimado a través de la vida de diseño sin riesgos irrazonables a la estructura de la carretera y propiedades vecinas.

Se asume que el flujo de agua que se acerca a una alcantarilla en un tiempo determinado es uniforme y continuo durante el pico de la escorrentía, y que igual cantidad de agua estará dejando la alcantarilla.

Hidráulicamente, las alcantarillas se definen como conductos cerrados, ya que pueden operar con una línea de carga de la corriente de agua por encima de su corona y por consiguiente trabajar a presión. Si no opera a caudal lleno es considerada como un canal a superficie libre.

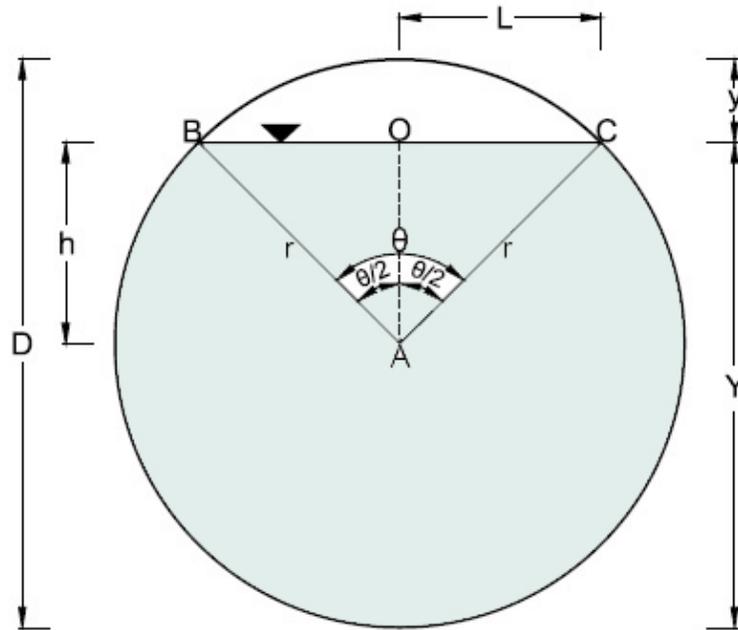
El diseño hidráulico de las alcantarillas incluye básicamente lo siguiente:

- 1) Establecer las elevaciones de los invert de la alcantarilla en la entrada y la salida y determinar la pendiente y longitud de la alcantarilla.
- 2) Determinar el coeficiente de rugosidad ("n") del material que estará constituida la tubería de la alcantarilla.
- 3) Determinación de los siguientes elementos hidráulicos de la alcantarilla: Área hidráulica (Ah), Perímetro mojado (Pm) y Radio hidráulico (Rh).
- 4) Seleccionar el tipo y dimensión de la alcantarilla que acomodará el caudal de diseño bajo las condiciones establecidas.

6.1.4.2 Fórmulas básicas para realizar el diseño hidráulico de una alcantarilla de sección circular semi-llena.

La siguiente figura geométrica (ver **pág. 133**), servirá de base para poder describir el procedimiento que permitirá determinar el área hidráulica y perímetro mojado de una alcantarilla de sección circular.

Sección Típica de una alcantarilla circular



Dónde:

θ = Es el ángulo medido en grados.

r = Es el radio de la circunferencia medido en metros.

Y = Es el tirante hidráulico medido en metros, cabe señalar que la Empresa de Acueductos y Alcantarillados de la ciudad de Bogotá (Colombia) especifica que en los sistemas de alcantarillados pluviales, las alcantarillas pueden ser dimensionadas para funcionar con un tirante de 0.80 de su diámetro, en el presente estudio se asumirá que el tirante funcionará al 80% del diámetro de tubería.

D = Diámetro de la circunferencia medido en metros.

y = Resta algebraica entre **D** y **Y**, medido en metros.

h = Resta algebraica entre **r** y **y**, medido en metros.

L= Base del triángulo rectángulo AOC.

1) Área hidráulica:

Para encontrar el área hidráulica de una alcantarilla (área óptima) con sección circular transversal primeramente se procede a realizar lo siguiente: Encontrar el área total de la circunferencia (AT_C), posteriormente se calcula el área del sector circular ABC (AS_{ABC}) y finalmente se determina el área total del triángulo ABC (At_{ABC}). Una vez obtenidos estos valores de áreas, procedemos a aplicar la ecuación 35 para determinar el área hidráulica de la alcantarilla.

Ecuación 35:

$$A_h = AT_C - AS_{ABC} + AT_{ABC}$$

Dónde:

Ecuación 36:

$$AT_C = \pi r^2$$

Ecuación 37:

$$AS_{ABC} = \frac{\pi r^2 \theta}{360}$$

Ecuación 38:

$$AT_{ABC} = 2 * \left(\frac{1}{2} h * L\right)$$

2) Perímetro mojado:

Para determinar el perímetro mojado de una alcantarilla de sección circular, primeramente se procede a determinar el perímetro total de la circunferencia (PT), posteriormente se determina el perímetro del sector circular ABC (PS_{ABC}).

Por tanto la ecuación que se aplicará para determinar el perímetro mojado de una alcantarilla de sección circular será la siguiente:

Ecuación 39:

$$P_m = PT_C - PS_{ABC}$$

Dónde:

Ecuación 40:

$$PT_C = 2\pi r$$

Ecuación 41:

$$PS_{ABC} = \frac{2\pi r \theta}{360}$$

3) Radio hidráulico:

El radio hidráulico de una alcantarilla se calculará según lo indicado en el apartado **6.1.3.1**, ecuación **33**.

6.1.4.3 Parámetros para el diseño de alcantarillas

Los siguientes parámetros deberán de cumplirse en el diseño de las alcantarillas de sección circular.

✓ **Parámetro 1:**

La velocidad mínima requerida en los alcantarillados pluviales deberá ser de 1.0 m/s, para que se logre arrastrar todos los sólidos presentes en la tubería y evitar de esta manera, que existan sedimentaciones de estos, en la tubería.

Por lo tanto basándonos en este principio, se deberá cumplir que:

$V_c \geq 1$ m/s: La **VELOCIDAD CALCULADA** deberá ser mayor o igual a la velocidad de **1m/s**.

Dónde:

Velocidad calculada (V_c):

La velocidad que circulará el agua por la alcantarilla se calculará según lo indicado en el apartado **6.1.3.1**, ecuación **34**.

✓ **Parámetro 2:**

$Q_c > Q_d$: El **CAUDAL CALCULADO** que circulará por la alcantarilla deberá ser mayor al **caudal de diseño** descrito en el apartado **6.1.2.2.1**, ecuación **26**.

Dónde:

Ecuación 42:

$$Q_c = \frac{A * R_h^{2/3} * S_0^{1/2}}{n}$$

Donde:

Qd = Obtenido del estudio hidrológico

✓ **Parámetro 3:**

El Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), especifica en sus requerimientos de construcción que por razones de mantenimiento, el diámetro mínimo para alcantarillas será de 30 pulgadas o su equivalente en el sistema métrico. Cabe señalar, que este criterio fue tomado de la Guía Hidráulica para el diseño de obras de drenaje en caminos rurales, elaborado por el Ingeniero Elmer Bervis para PAST-DANIDA en Septiembre del 2004.

Por lo tanto, basándonos en esta normativa se deberá cumplir que:

D alcantarilla \geq 30 pulgadas (0.76 m).

6.2 Drenaje de la carretera empalme El Portillo (Estación 0+000) – El Cuá (Estación 11+590).

El sistema de drenaje en lo general en este tramo de proyecto empalme El Portillo (Estación 0+000)-El Cuá (Estación 11+590), a lo largo de sus 11.59 km, lo constituyen principalmente estructuras de drenaje del tipo Alcantarillas de tubo de concreto reforzado.

La zona que atraviesa esta vía está en la actualidad dedicada principalmente a la agricultura y en un carácter secundario a la ganadería. Existen principalmente suelos gravo areno-limoso de media-alta plasticidad.

La revisión del drenaje en el tramo de proyecto empalme El Portillo-El Cuá (11.59 Km), tiene como propósito fundamental, determinar si las alcantarillas existentes tienen la capacidad hidráulica requerida para evacuar el caudal de diseño en cada cuenca o área en estudio. En caso que alguna de ellas, no tuviese la capacidad hidráulica requerida, se deberá realizar el diseño de la nueva estructura.

Para efecto de análisis y revisión, se ha considerado un periodo de retorno de 25 años (ver **Tabla 75, página 122**). Dicho período, fue seleccionado debido a la clasificación funcional de esta vía como Colectora Secundaria, en función del tipo de obra hidráulica a instalarse.

La metodología empleada en la revisión y diseño del drenaje menor (alcantarillado) del proyecto empalme El Portillo-El Cuá (11.59 Km), básicamente está referida a los estudios: **Hidrológico e Hidráulico**.

6.2.1 Estudio hidrológico al tramo de carretera en estudio.

El presente estudio hidrológico tiene como objetivo, determinar el caudal de diseño, mediante la creación de una lluvia o tormenta con igual probabilidad de ocurrencia del gasto de diseño, haciendo uso del método Racional y así determinar el tipo de estructura de drenaje necesaria.

El método racional se indicó en el apartado **6.1.2.2.1** del presente documento.

6.2.2 Determinación de las variables para calcular el caudal de diseño (Qd) para cada cuenca.

a) Coeficiente de Escorrentía:

Estos valores se asumieron conforme al tipo de uso de suelo de la cuenca, pendiente del terreno y la permeabilidad del suelo. La **Tabla N°80** muestra los coeficientes de escorrentía aplicados al proyecto.

Tabla 80

Coeficientes de escorrentía utilizados. Empalme el Portillo-El Cuá.

Cobertura Vegetal	Tipo de suelo	>50%	20-50 %	5-20%	1-5%	0-1%
Cultivos	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
Pastos, Veg. ligera	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
Bosque, Densa Veg.	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25

El **Anexo F, Tabla 81**, muestra el proceso del cálculo de los coeficientes para las cuencas de las alcantarillas presentes en el proyecto.

b) Intensidad de la lluvia:

Se utilizan las intensidades de lluvia de la estación meteorológica Jinotega elaboradas por INETER en el año 2014, (Ver Intensidades de lluvia de Jinotega, **Anexo F, Tabla 82**).

El INETER estudió el registro de intensidades de lluvias máximas anuales para diferentes duraciones entre los años 1985 y 2014. Ese lapso de tiempo incluye el paso de lluvias diluviales como el Joan (1989), el Mitch (1998).

La **Tabla N°83**, presenta la ecuación de la forma $I = A/(t + d)^b$ para la Intensidad de lluvia asociada al proyecto. (Ver resultados en el **Anexo F, Tabla 84**).

Tabla 83 Ecuación de la forma $I = A/(t + d)^b$

Período de Retorno (Tr) (años)	ECUACION DE I
25	$I = \frac{1381.324}{(T + t)^{0.769}}$

c) Duración de la lluvia:

La duración de la lluvia corresponde al tiempo de concentración de la cuenca; se propone determinar el tiempo de concentración como el promedio del resultado obtenido por tres criterios según lo indicado en el apartado **6.1.2.2.1**, ecuaciones **28, 29 Y 30**. (Ver resultados en el **Anexo F, Tabla 84**).

d) Área de drenaje:

Es el área de drenaje de la cuenca en hectáreas, la cuenca de drenaje de cada cruce se delineó en los mapas electrónicos escala 1:50,000 edición de INETER de Jinotega y San Rafael del Norte, hoja N°3055. Éste contiene curvas de nivel cada 20 m, y luego estas cuencas fueron trasladadas al programa de AUTOCAD 2013, para posteriormente determinar el área de cada cuenca. (Ver resultados en **Anexo F, Tabla 85**).

e) Longitud del Cauce Principal:

Primero se localizó la corriente más larga que se encontraba en la cuenca, luego se calculó la longitud de la misma a través del programa AutoCAD 2013.

f) Pendiente del Cauce Principal:

Éstas se determinaron según lo indicado en el apartado **6.1.2.2.1**, ecuación **31**.

g) Caudal de Diseño:

Finalmente el Caudal o Gasto de Diseño para cada cuenca se determinó según lo indicado en el apartado **6.1.2.2.1**, ecuación **26**. (Ver resultados en el **Anexo F, Tabla 85**).

6.2.3 Estudio Hidráulico al tramo de carretera en estudio.

La realización del estudio hidráulico en el tramo de carretera empalme El Portillo (Estación 0+000) – El Cuá (Estación 11+590), nos servirá para determinar si las estructuras existentes, en este caso, alcantarillas, tienen la capacidad hidráulica suficiente para evacuar las crecidas de diseño en cada cuenca. Las características de las alcantarillas existentes se muestran en el **Anexo F, Tabla 86**.

6.2.3.1 Cálculo hidráulico para las alcantarillas en el presente estudio.

Criterios de Diseño.

- a) Todas las alcantarillas contarán con su cabezal de entrada y salida típica, para que sostengan los taludes y ayuden en la protección y estabilidad de los mismos, ello por supuesto incluye sus respectivos aletones y delantales para mitigar la erosión.
- b) El diámetro mínimo de las alcantarillas propuestas es de 30 pulgadas (diámetro mínimo recomendado por el MTI) a fin de facilitar su mantenimiento.

- c) En el dimensionamiento se ha empleado un coeficiente de rugosidad de Manning de **0.013**, según **Tabla 79 página 131**, para los tubos de concreto reforzado.

Metodología.

Los elementos hidráulicos de la alcantarilla de sección circular semi llena se obtuvieron de acuerdo a los criterios descritos en el apartado **6.1.4.2** de este documento; éstos se determinarán por medio de las siguientes ecuaciones **35, 39** y **33** respectivamente.

El **Anexo F, Tabla 87**, muestra los resultados de los elementos hidráulicos, para las distintas alcantarillas del tramo en estudio.

6.2.3.2 Evaluación del funcionamiento de las alcantarillas existentes encontradas en el tramo de carretera en estudio.

El procedimiento usado para la evaluación de las estructuras de drenaje fue el siguiente:

1. Si la alcantarilla tiene suficiente capacidad de descarga para drenar la crecida de diseño entonces:
 - a) Si está en buen estado la alcantarilla se conserva.
 - b) Si está en mal estado la alcantarilla se conservara y se ejecutarán obras de mitigación de daños: limpieza de sedimentos acumulados, reparación de bajantes, cabezales, cortinas, aletones etc.
2. Si la alcantarilla no tiene suficiente capacidad de descarga para drenar la crecida de diseño entonces:

- c) Si está en buen estado se complementa con los elementos necesarios para que trabaje satisfactoriamente cumpliendo con los parámetros de diseño descritos en el apartado **6.1.4.3** de este documento.
- d) Si está en mal estado se repite el procedimiento del inciso “c”, y se ejecutan obras de mitigación de daños.

El **Anexo F, Tabla 88**, muestra los resultados de la evaluación de las estructuras de drenaje menor del tramo de carretera en estudio.

6.2.4 Resultados finales obtenidos para el drenaje menor del tramo de carretera en estudio.

Dados los resultados obtenidos de la revisión del drenaje mostrado en el **Anexo F, Tabla 88**, se puede observar que Alc. #: **1, 5, 6, 7, 18, 25, NO** cumplen con el principal parámetro de diseño establecido, es decir que no se cumple que el **$Q_c > Q_d$** , por lo que es necesario realizar el diseño de las mismas el cual básicamente es ir aumentando la cantidad de tubos, manteniendo para cada una su diámetro actual, **en la medida de lo posible**, hasta lograr garantizar que se cumpla **que el caudal calculado que puede circular por la alcantarilla sea mayor que el caudal de diseño y que la velocidad calculada en la alcantarilla sea mayor a 1m/seg.**

En el caso de la **Alc. #2**, cumple con los parámetros **$Q_c > Q_d$** ; además de **$V > 1\text{m/s}$** , sin embargo no cumple con el parámetro #3 recomendado por el MTI, descrito en el apartado **6.1.4.3**. Por lo tanto: Se deberá remover la alcantarilla existente y sustituirla por otra de diámetro de 30 pulgadas de tubo de concreto reforzado (TCR). Así mismo se verificará nuevamente que cumpla con los parámetros anteriormente establecidos.

En el caso de la **Alc. #21**, NO cumple con dos de los tres principales parámetros de diseño anteriormente descritos, por lo tanto, deberá realizar el procedimiento adoptado para la **Alc. #2**.

En lo específico para la **Alc #27**, puede notarse con claridad, que el caudal calculado es mucho menor al caudal de diseño, por lo tanto, si se quisiera mantener el diámetro actual de 30", se tuviese que quintuplicar la cantidad de tubos, para lograr obtener que el **Qc >Qd**; además el ancho de la zanja aumentaría los volúmenes de excavación; de igual forma se ocuparían varios tubos para su construcción. Por lo antes expuesto se recomienda remover la **Alc #27** de 30", y cambiarla por una **ALC-42"**, que a pesar de que todavía NO cumple que el **Qc >Qd**, únicamente sería necesaria la adición de otra tubería de igual diámetro, para cumplir con los parámetros establecidos en el apartado **6.1.4.3**.

Cabe enfatizar que este diseño traerá consigo ahorros económicos para la ejecución del proyecto, ya que únicamente se colocarán tubos de mayor diámetro en la alcantarilla **Alc. #2 - Alc. #21 y Alc. #27**, por lo que solamente en estos puntos se deberá de subir el nivel de rasante actual del camino. Mientras que en las demás alcantarillas; unas mantendrán sus diseños respectivos y otras solo se anexarán tubos del mismo diámetro existente evitando de esta manera subir el nivel actual de la rasante en estos puntos, por lo que de esta forma se evita incrementar significativamente los costos de la obra.

El **Anexo F, Tabla 89**, muestra los resultados finales obtenidos del diseño y análisis de las alcantarillas existentes, lo que permitirá garantizar un buen funcionamiento del drenaje menor en el tramo de carretera empalme El portillo-El Cuá.

CAPITULO VII

7 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

7.1 Conceptos Generales del Estudio de Impacto Ambiental

7.1.1 Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

La mayoría de los autores coinciden en expresar que el estudio y evaluación de impacto ambiental se define como el proceso sistemático de estudio y evaluación multidisciplinaria, para identificar, predecir, manejar, evaluar e informar los efectos sobre el medio ambiente de una obra o proyecto, que incluye una información detallada sobre el sistema de monitoreo y las medidas que deben ser consideradas para evitar o disminuir al mínimo los efectos negativos o realzar los positivos según se proceda.

En Nicaragua de conformidad al capítulo I, Arto. 4, Inciso 10, del decreto N°.76-2006, se define el Estudio de Impacto Ambiental como el conjunto de actividades técnico científicas destinadas a la identificación, predicción y control de los impactos ambientales de un proyecto y sus alternativas, presentado en forma de informe técnico y realizado según criterios establecidos por las normas vigentes, cuya elaboración estará a cargo de un equipo multidisciplinario , con el objetivo concreto de identificar, predecir y prevenir los impactos al medio ambiente.

7.1.2 Objetivos de los estudios de Impacto ambiental

Al realizar un estudio de impacto ambiental a un determinado proyecto, este debe de realizarse pensando en alcanzar los siguientes objetivos:

- ✓ Prever con anticipación daños ambientales potenciales.
- ✓ Determinar la magnitud o escala de tales daños ambientales.

- ✓ Dar recomendaciones para evitarlos, disminuirlos o compensarlos.
- ✓ Ofrecer alternativas de acción localización, tecnología, procesos, etc. que no impliquen o impliquen menos deterioro ambiental.
- ✓ Informar oportunamente a los sectores sociales involucrados.
- ✓ Contribuir a una mejor formulación y evaluación globales de un proyecto o iniciativa de desarrollo.

7.1.3 Descripción de la metodología que se emplea

Para la elaboración del estudio se utilizó un método cualitativo. Aprovechando herramientas metodológicas, tales como formatos de campo, encuestas, muestreos para verificar la calidad de los factores del ambiente, acompañados de criterios de verificación, para ello se emplearon los pasos metodológicos, mostrados en el esquema metodológico ilustrado en la figura N° 01.

Fig. 01

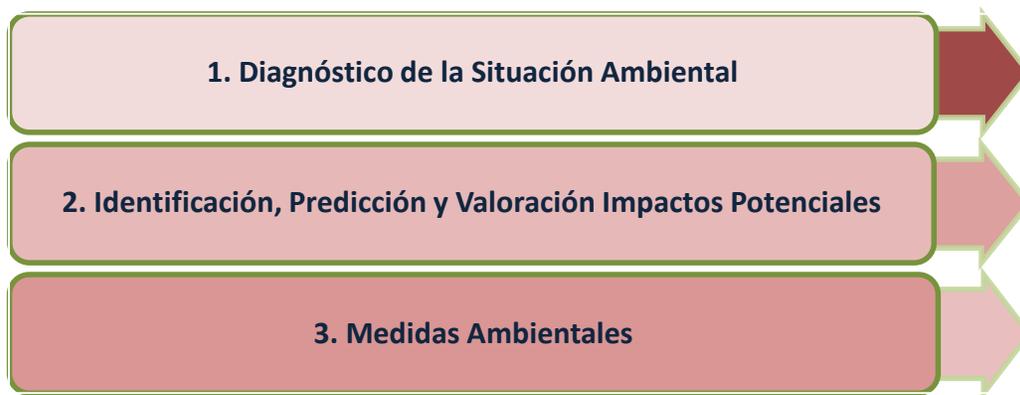


Figura 01: Esquema metodológico para la elaboración del Estudio ambiental del Tramo de Carretera Empalme El Portillo-El Cuá.

El diagnóstico de la Situación Ambiental, tiene el propósito de captar y analizar toda la información necesaria del medio antes de que se ejecuten las acciones que conllevan un proyecto, para poder prever las alteraciones que se puedan producir en el medio físico, biológico y social, además de constituir una fuente de

datos que permite evaluar, una vez que se ha realizado la obra la magnitud de aquellas alteraciones que son difíciles de cuantificar, pudiéndose aplicar medidas correctoras con posterioridad según los resultados que se vayan obteniendo.

Para identificar los impactos producidos por el proyecto que tendrán sobre el ambiente natural, se están concretando las acciones del proyecto con probabilidades de causar impactos; así como los factores del ambiente a ser impactados durante la etapa de construcción del proyecto.

La evaluación cualitativa de los impactos ambientales del proyecto de carretera Tramo Empalme El Portillo-El Cuá, se desarrollará a partir del uso de la matriz causa- efecto, se usará la herramienta metodológica propuesta por Vicente Conesa, (1995), modificada por Milán, 1998, con ajuste (Jiménez, 2004). Esta matriz consiste en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figuran las acciones impactantes y dispuestas en filas los factores medioambientales susceptibles de recibir impactos.

Se señala, que se hará uso de la matriz causa – efecto para la facilidad en la identificación de los impactos en el medio natural, marcando con una equis (x) los impactos reales, dejando vacía la casilla para aquellos donde no ocurrirán impactos.

La matriz causa – efecto se convierte en una tabla resumen y en el eje del estudio de impacto ambiental, porque servirá de base a la hora de evaluar la magnitud e importancia de los impactos. (Ver **figura N°02, pág. 148**).

En un segundo paso se elabora la matriz de valoración de impactos, que permitirá obtener una valoración cualitativa de la importancia de los impactos presentes. De esta forma se interceptan las dos informaciones, obtenidas sobre la base de la matriz causa-efecto, con el fin de significar las alteraciones ambientales

derivadas tanto del estado inicial del medio, durante su explotación, y poder así valorar su importancia. (Ver figura N°03).

Fig. 02

Matriz de Causa-Efecto									
Factores del Medio		Etapas							
		Acciones impactantes							
Nombre	Clave	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈
	M ₁								
	M ₂								
	M ₃								

Figura 02: Ilustración de la Matriz Causa-Efecto

Fig. 03

Matriz de Valoración de impactos												
Etapa:												
Atributos a evaluar												
naturaleza	intensidad	extensión	momento	persistencia	reversibilidad	acumulación	probabilidad	impacto	periodicidad	percepción social	importancia	máximo valor en importancia
signo	I	Ex	MO	PE	RV	AC	PR	IF	PR	PS		

Figura 03: Matriz para Valoración de Impactos

La fórmula general para el cálculo de la importancia de los impactos se muestra en la siguiente figura N°04

Figura 04: Valores de los atributos de impactos para realizar la evaluación cualitativa



FUENTE: VICENTE CONESA, 1995, MODIFICADO POR MILAN, 1998.

Después de calcular la importancia de los impactos, se considera, utilizar la importancia de impacto como una función directamente proporcional al grado de alteración producido por un impacto ambiental en el medio ambiente y expresar la importancia como un por ciento de alteración con respecto a la alteración máxima posible.

De esta forma es posible conociendo el máximo grado de alteración que puede producir un impacto, que se determina por la suma del valor máximo de cada atributo que interviene en la cualificación del impacto (cuando participan todos los atributos el valor máximo de alteración será 100 unidades), determinar el impacto total del estudio que se evalúa, mediante el uso de matrices separadas para los valores positivos y negativos; la suma por columnas de los valores de importancia dividido entre el valor máximo de importancia, expresará el grado de alteración que provoca cada impacto ambiental en el medio ambiente, mientras que esta misma operación en el sentido de las filas expresará la magnitud de alteración que percibe cada factor del medio ambiente; la intersección de estas dos informaciones expresará el impacto total o grado de alteración total del estadio que se evalúa. En la figura N° 05 (**pág. 151**), se expresa el modelo de matriz que se utiliza para el cálculo de la importancia y el grado de alteración lo que permite determinar el impacto total de la etapa.

Posteriormente se utiliza la estadística para realizar el proceso de discriminación con el propósito de buscar un mayor grado de precisión al establecer la importancia de los impactos, para lo cual se valora lo siguiente:

Se determina por separado los impactos positivos y negativos, el valor medio (V_m) y la desviación típica (λ); considerando como valor crítico del impacto (V_{cr}) todos aquellos cuyo valor de importancia (V_i) fuera superior a $V_m + \lambda$, es decir:

Ecuación 43:

$$V_{Cr} = V_i > V_m + \lambda$$

Fig. 05

Matriz de importancia de los impactos al ambiente

Modelo de matriz de importancia de impactos											
Factores del medio		Etapa:									
		Acciones impactantes							Valor Alteración	Max. Valor Alteración	Grado Alteración
Nombre	Clave	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A n			
	M ₁										
	M ₂										
	M ₃										
	M ₄										
	M ₅										
	M _n										
Valor medio de importancia											
Dispersión típica											
Rango de discriminación											
Valor de alteración											
Valor max. Alteración											
Grado de alteración											

Fuente: MILAN, 1998.

Así mismo se consideró valorar como irrelevantes (V_{ir}) aquellos impactos cuyos valores de importancia (V_i) fueran inferiores del valor medio (V_m) menos la desviación típica (λ). O sea:

Ecuación 44:

$$V_{ir} = V_i < V_m - \lambda$$

7.2 Estudio de Impacto Ambiental para el tramo de proyecto empalme El Portillo – El Cuá (11.59 Km).

El presente estudio de impacto ambiental (EIA) realizado al tramo de carretera empalme El Portillo-El Cuá (11.59 Km); brinda el análisis de los impactos que pueden producirse por las labores de construcción o ejecución en el proyecto. Así mismo brindará las medidas de mitigación destinadas a prevenir, atenuar o compensar los impactos ambientales.

7.2.1 Localización geográfica del proyecto:

El proyecto empalme El Portillo-El Cuá, se ubica geográficamente en la región central de Nicaragua, en el departamento de Jinotega. (Ver **Anexo A, imagen 1.1**).

7.2.2 Acceso al área de interés:

Cuenta con una vía de acceso, desde el empalme del Km 182.3 de la carretera La Dalia-Waslala y la Dalia-El Portillo, siendo esta última nuestra carretera que viene desde Managua-Matagalpa-La Dalia hacia San José de Bocay; se pasa por empalme Abisinia (hacia Jinotega), Km 193.3, hasta El Empalme El Portillo en el km 195.1.

7.2.3 Estado actual del camino:

El Tramo de camino Empalme El Portillo-El Cuá, se observa en general que tiene un material o capa de revestimiento, producto del mantenimiento periódico rutinario que el Gobierno le proporcionó en años anteriores. Normalmente para este camino dentro del plan del FOMAV se le brinda mantenimiento anualmente.

7.2.4 Área de influencia directa ambiental del proyecto:

El área de influencia directa corresponde a las posibles zonas de préstamo, zonas de maniobras de maquinarias y equipos, derecho de vía y áreas adyacentes al camino en que se realice actividades del proyecto. Los límites están conformes a lo indicado en documentos de referencia proporcionados por el MTI, se estima el área en 42.72 km². En el **Anexo G, imagen 1.6**, se ilustra el área de influencia ambiental del proyecto.

7.2.5 Descripción General del medio físico, biológico, socioeconómico y cultural (Línea Base)

La determinación del medio físico, biológico, socioeconómico y cultural es fundamental porque nos proporciona una idea de la situación real de la zona en donde se realizara el proyecto, para la zona en estudio se identificó la condición que presentaba antes de iniciarse el proyecto. Dicha condición se describe en el **Anexo G, 6.2**.

7.3 Identificación y Evaluación de Impacto Ambiental del Proyecto.

En este capítulo se identifican y valoran los impactos ambientales directos e indirectos generados durante el proyecto de carretera tramo Empalme El Portillo-El Cuá, sobre la base de la información primaria y secundaria compilada para el Proyecto.

Es un proyecto que por sus características se espera que genere bajos impactos en los diferentes ecosistemas, por lo cual se realizara la identificación y evaluación de los impactos sociales y ambientales que podrían presentarse durante la etapa de construcción del proyecto. La similitud en la mayoría de los factores ambientales es uno de los criterios seguidos para este estudio tomando en cuenta

el relieve, vegetación, fauna, características geológicas, región geográfica y los aspectos económico-sociales.

Los impactos potenciales identificados serán minimizados, con la implementación de las medidas de mitigación ambiental, que se describirán después del resultado de análisis.

En ese sentido se ha tenido en consideración el análisis de las actividades y estructuras del proyecto, considerados como potenciales generadores de impactos y los componentes socio-ambientales del ámbito de influencia del proyecto. Es decir, los componentes socio-ambientales constituyen todos los elementos presentes en un ecosistema y que son susceptibles de afectación y los aspectos están referidos a las actividades que involucra el proyecto y que puede inferir ciertos efectos sobre el medio en el que se desarrolla de forma directa o indirecta.

Las actividades de la Fase de Ejecución, consideradas se relacionan a continuación:

- Instalación y operación de campamentos y planteles
- Abra y destronque
- Excavación, terraplenado
- Explotación de bancos de materiales
- Explotación de fuentes de agua
- Desvíos provisionales y obras complementarias
- Construcción de obras de drenaje
- Construcción de la base
- Colocación de superficie de rodamiento

Los Posibles Factores Ambientales a ser Impactados como Resultado de la Ejecución del Proyecto, se adjuntan en el **Anexo G, Tabla 90**.

7.4 Matrices de Valoración de Importancia de Los Impactos del Proyecto.

En la fase de ejecución del proyecto se tiene contemplada la realización de nueve (9) actividades generales. Los impactos generados en la etapa de ejecución por las acciones del proyecto se reúnen en el **Anexo G, Tabla 91**.

La valoración de los impactos potenciales directos ocasionados por las acciones de las actividades del proyecto, de la fase de ejecución, se observa en el **Anexo G, Tabla 92**.

En la **Tabla N° 93 del Anexo G**, se evalúa la importancia de los impactos negativos para la fase de ejecución del proyecto de carretera Tramo Empalme El Portillo-El Cuá. Se puede observar que las actividades que generan impactos a la mayoría de Factores Ambientales son: **Abra y Destronque además de la Explotación de Bancos de Materiales**; presentan valores de media importancia con mayor incidencia en factores como el Suelo y la Vegetación.

De igual forma se puede observar que el aprovechamiento de las fuentes de agua, se verá considerablemente afectada por las mismas etapas en la fase de ejecución, así como la población con los desvíos provisionales de servicios y obras complementarias.

En busca de la viabilidad ambiental del proyecto, solo se estima las medidas mínimas ambientales para que se logre mejorar. Por tal motivo, en las medidas ambientales solo se estiman un porcentaje bajo por cualquier eventualidad o cambio en el diseño que se propone al MTI.

7.5 Medidas Ambientales

La propuesta de las medidas ambientales se desarrollara en conjunto ambiental y social con el fin de Prevenir y corregir el impacto ambiental a los elementos ambientales y sociales, para alcanzar la mejor calidad ambiental del proyecto. Anular, atenuar, evitar, corregir o compensar los efectos negativos que las acciones derivadas del proyecto producen sobre el medio ambiente, en el entorno de aquellas e Incrementar, mejorar y potenciar los efectos positivos que pudieran existir.

Las medidas de mitigación tienden a compensar o revertir los efectos adversos o negativos del proyecto. Se aplican según correspondan en cualquiera de las fases (planificación, constructiva, operativa o de abandono). Estas son:

- ✓ **Medidas preventivas:** evitan la aparición del efecto modificando los elementos definatorios de la actividad (tecnología, diseño, materias primas, localización, etc.)
- ✓ **Medidas correctoras** de impactos recuperables, dirigidas a anular, atenuar, corregir o modificar las acciones y efectos sobre procesos constructivos, condiciones de funcionamiento, factores del medio como agente transmisor o receptor, etc.
- ✓ **Medidas compensatorias** de impactos irrecuperables e inevitables, que no evitan la aparición del efecto ni lo anulan o atenúan, pero compensan de alguna manera la alteración del factor.

En el **Anexo G, Tabla 94**, se muestran una serie de medidas de mitigación para disminuir los efectos sobre el medio ambiente en función de los Principales Impactos Negativos para la Fase de Ejecución resumidos en el apartado anterior de este documento.

CAPITULO VIII

8 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y BIBLIOGRAFÍA

8.1 CONCLUSIONES

Estudio de Tránsito:

1. El análisis del tránsito para el presente estudio se efectuó tomando como base fundamental la información histórica correspondiente a la estación de conteo N°. 300, para el tramo Empalme El Portillo-El Cuá.
2. La tasa de crecimiento que se utilizaron para el diseño fueron de 4.10% para vehículos livianos y 4.30 para vehículos pesado, valores que resultaron del análisis y comportamiento de variables socioeconómicas de Nicaragua y del sector estudiado. El período de diseño corresponde a **15 años**.
3. El tránsito promedio diario anual (TPDA) resultante es de **378** vehículos por día.
4. Se espera que el vehículo que tendrá mayor presencia en el tramo de carretera en estudio será la camioneta con un TPDA de **94 vpd**.
5. Se realizó un conteo vehicular, el cual se ejecutó por 12 horas en un período de 5 días continuos, analizándose los dos sentidos de la vía y clasificando los vehículos según lo establece el MTI.
6. Si interpretamos todo lo descrito en este documento se puede llegar a la conclusión de que nuestro país está en constante conexión con las mejoras, desarrollos y utilización de nuevos sistemas constructivos que ayudan a mejorar o complementar los sistemas clásicos que han sido utilizados durante el desarrollo

que se ha dado en nuestro país.

7. Es por esta razón que se ha planteado una serie de objetivos para nuestro trabajo monográfico cumpliendo exitosamente el desarrollo de los estudios correspondientes de suelo y tráfico, que son los principales necesarios para lograr obtener un diseño que cumpla con las especificaciones para los diseños Pavimentos Flexibles y demás especificaciones establecidas en la AASHTO 93 y tenga la capacidad de resistir el volumen de tráfico que a futuro tiende a incrementar de manera exponencial.

Estudio de Suelos:

8. Con los datos obtenidos en el estudio de suelos, realizados por la empresa CONDISA-TOPONORT, S.A; se determinó que el suelo más predominante en el sitio del proyecto es el A-2-5, el cual cumple con las especificaciones técnicas recomendadas para **Sub-Rasante**.

9. Según la clasificación granulométrica se encuentran los siguientes suelos formando parte de la sub-rasante actual del camino en estudio: A-1-b con índice de grupo (0), A-1-a (0), A-2-4(0), A-2-6 (0), A-2-5 (0), A-2-7 (0) y A-7-5 (1).

10. Ninguno de los materiales de banco posee un CBR mayor de 80, por tanto para la **Capa Base**, se deberá estabilizar con cemento con una dosificación del 8% del material del banco N° 3; obteniendo así una resistencia última a la compresión de 357 Lb/Pulg² (**25.10 Kg/Cm²**).

11. El material del banco de préstamo Las Perlitas, es un suelo A-2-6, el cual se empleara para conformar la base de la estructura de pavimento, este se deberá estabilizar con cemento, debido a que es un material que posee un CBR de 23 al 95% de la densidad Próctor estándar y de 35 al 100% de la densidad Próctor estándar.

12. El banco de préstamo Las Perlitas, en su estado natural no cumple con las especificaciones para material de **Base**.

13. El CBR de diseño obtenido de la sub-rasante del camino fue de **17.5** (Ver **gráfico #2**).

Diseño de la Estructura de Pavimento Flexible:

14. De acuerdo al ESAL's obtenido; el cual es **Wt18 de 647,969**, se procedió a elaborar el diseño de las diferentes capas de pavimento, con la ayuda del programa WinPas 12, versión 1.0.0. PAVEMENT DESIGN (Ver **Anexo D, Gráfica #4 y #5**).

15. Según los resultados obtenidos del método de diseño de Pavimentos Flexibles de la guía AASHTO 1993, los espesores de pavimento a colocar serán: (Ver **Tabla N° 57.1 y 59.1, Pág. 90 y 93** respectivamente).

Alternativa (Adoquinado):

Adoquín = 4 pulgadas (10 centímetros)

Arena = 2 pulgadas (5 centímetros)

Base= 10 pulgadas (25 centímetros)

Sub-Base = 8 pulgadas (20 centímetros)

Alternativa (Mezcla Asfáltica):

Carpeta de Rodamiento = 3 pulgadas (7.62 centímetros)

Base = 9 pulgadas (23 centímetros)

Su-Base = 8 pulgadas (20 centímetros)

16. Para la carpeta de rodamiento del pavimento, se determinó utilizar adoquines de concreto con una resistencia mínima a la compresión de 5,000 psi. (Ver **Anexo D, sección 4.7**).

Diseño y Evaluación Drenaje Menor:

17. Según la evaluación hidráulica realizada a las alcantarillas del tramo de carretera empalme El Portillo-El Cuá de 11.59 Km, se puede decir lo siguiente:

Las alcantarillas, Alc#: 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 y 35 cumplen con los parámetros de diseño requeridos (Ver **Anexo F, Tabla 86 y 87**), por lo que se tomó la decisión de mantenerlas en el camino, mientras que las alcantarillas Alc#: 1, 2, 5, 6, 7, 18, 21, 25 y 27 no cumplen con ciertos parámetros de diseño establecidos (Ver **Anexo F, Tabla 86 y 87**), por lo tanto se les realizó el diseño correspondiente (Ver **Anexo F, Tabla 88 y 89**).

18. Al realizar el diseño del drenaje menor para las alcantarillas que lo requerían, se obtuvo lo siguiente:

- ❖ Para la Alc. #1, deberá de adicionarse 1 tubo de concreto con un diámetro de 42 pulgadas (1.07 m).

- ❖ Para las Alc. #: 2 y #21. Se deberá remover las estructuras existentes y reemplazarlas por una nueva, en la cual se instalara un tubo de 30 pulgadas de diámetro por alcantarilla.
- ❖ Para las Alc. #: 5, 6, 18, y 25, deberán adicionarse 1 tubo de concreto para cada una con un diámetro de 30 pulgadas (0.76 m).
- ❖ Para Alc. #7, deberán adicionarse 2 tubos de concreto con un diámetro de 30 pulgadas (0.76 m).
- ❖ Para Alc. #27, deberán adicionarse 3 tubos de concreto con un diámetro de 30 pulgadas (0.76 m).

Estudio de Impacto Ambiental:

19. Se ha determinado que, el área de influencia directa debido a la acción de los impactos ambientales, durante la construcción del proyecto será de: 42.72 Km². (Ver **Anexo G**, imagen 1.6).

20. Según la Descripción de la identificación y evaluación de impactos (ver **Anexo G, Tabla 91, 92 y 93**), se desprende que el proyecto generará impactos negativos moderados en su mayoría, durante la etapa de construcción; sin embargo se debe tomar las medidas necesarias para reducir al mínimo las afectaciones causadas en el medio.

21. Durante la evaluación cualitativa de los impactos ambientales, se ha determinado que los factores del medio más afectados durante la fase de construcción del proyecto son: Población, Vegetación y Agua (Ver **Anexo G, Tabla 94**).

8.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Es de vital importancia realizar monitoreos en los pesos de los vehículos de carga que transcurran en el tramo diseñado, ya que si esta incrementa se podrían provocar daños al pavimento.
- ❖ Se requiere utilizar el banco de material Las Perlitas a la hora de hacer la estabilización, ya que este va a garantizar una buena base en el pavimento debido a los resultados obtenidos en los estudios de suelo.
- ❖ Mantener una continua supervisión en todo el proceso de ejecución, para garantizar que se cumpla con los valores de los espesores de capa establecidos en el diseño, así como de una buena compactación.
- ❖ Garantizar la calidad de los adoquines, basados en las Normas Técnicas Obligatorias de Nicaragua NTON 12 009-10, asegurándose que sean adoquines de concreto tipo 1, con espesor de 4”.
- ❖ Colocar los adoquines de forma transversal evitando socavaciones entre juntas por corrientes pluviales.
- ❖ Una vez finalizada la colocación del adoquín usar rodillo de la vibro compactadora, para mejorar la estabilidad de esta.
- ❖ Mantenimiento anual con arena (sello), para evitar el movimiento del adoquín.

Especificaciones Técnicas:

Una vez garantizada la calidad de los adoquines, proceder a la construcción, siguiendo los pasos que se detallan a continuación:

- ✓ Preparar la sub-rasante, para este se harán excavaciones hasta el nivel que indiquen los planos de tal forma que la superficie del adoquín quede en el nivel requerido, todo material extraño existente bajo el nivel de la sub-rasante, sea de origen orgánico, desmonte, basura o material inestable, debe ser reemplazado por material de relleno adecuado.

- ✓ Compactar la base con una humedad igual o ligeramente inferior a la óptima indicada por el laboratorio, hasta obtener una densidad seca no menor del 95% del Próctor modificado (ASTM D1557).
- ✓ Se utilizará una cama de arena de 2" de espesor después de compactada la base.
- ✓ Colocar los adoquines de tal forma que estos queden con un ángulo preciso.
- ✓ La compactación de los adoquines colocados se debe hacer lo más pronto posible, pero sin acercarse a menos de 1 metro del frente de colocación.
- ✓ Para el relleno o sellado de las juntas se debe emplear arena fina y seca, La arena fina se esparce sobre la superficie al término de la primera compactación del pavimento, distribuyéndola y penetrando uniformemente con escoba.
- ✓ Dar mantenimiento con arena (sello), cada que sea necesario para evitar el movimiento de adoquín.
- ✓ Realizar obras de drenaje menor en los puntos donde sea necesario, para garantizar un mejor funcionamiento y vida útil del pavimento.

8.3 BIBLIOGRAFÍA

1. AASHTO [1993] Guía de Diseño de Estructura de Pavimento, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington D.C, USA.
2. Cordero J y Boschier D, Árboles de Centroamérica, Octubre, 2003 1079 p.
3. Corredor M. Gustavo. Diseño de Pavimentos I, Managua, Nicaragua, 2010.
4. Jorge Coronado Iturbide. Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos, Sieca, 2002.
5. Alcaldía Municipal de Jinotega. Ficha Municipal.
6. Alcaldía Municipal de El Cuá. Ficha Municipal.
7. Datos proporcionados por el Sistema de Administración de Pavimentos, de la División General de Planificación, Ministerio de Transporte e Infraestructura-Nicaragua.
8. Especificaciones Generales Para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes, NIC-2000. Nicaragua.
9. Fundación Nicaragüense para el Desarrollo Sostenible (FUNDENIC-SOS). Plan de Manejo de la Reserva Natural Cerro Musún. El Cuá, Nicaragua, Agosto de 2003.
10. IEA-MARENA. INFORME ESTADO DEL AMBIENTE EN NICARAGUA. 2001. 12P.
11. INIDE. VII Censo de Población y IV de Vivienda: Jinotega en Cifras. 2005
12. Instituto Nacional Forestal (INAFOR), Dr. Juan Bautista Salas Estrada. Biogeografía de Nicaragua. Edición editorial: Impresión Comercial LA PRENSA, SA. 2002. 547p.
13. The Roads Economic Decision Model (RED) for the Economic Evaluation of Low Volume Roads Software User Guide & Case Studies.2000.
14. www.MTI.org.ni, Inventario dela Infraestructura de Transporte. Red Vial de Nicaragua 2012-2013.

ANEXO A

- 1.1** Mapa Ubicación del Proyecto.
 - a. Macrolocalización.**
 - b. Microlocalización.**
- 1.2** Mapa de Ubicación Bancos de Materiales.
- 1.3** Perfil Estratigráfico.

Imagen 1.1
MACROLOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



Imagen 1.2
MICROLOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

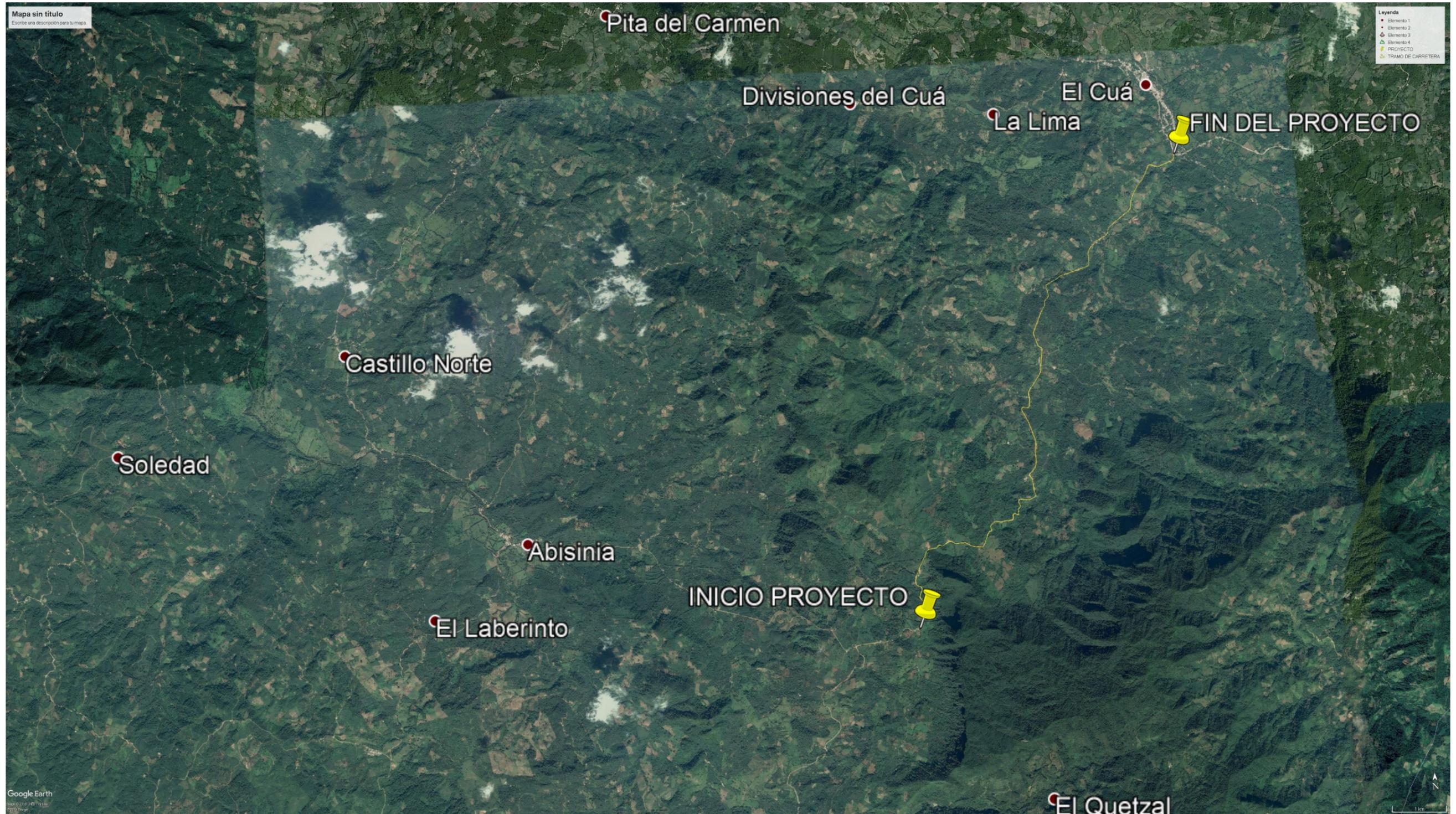
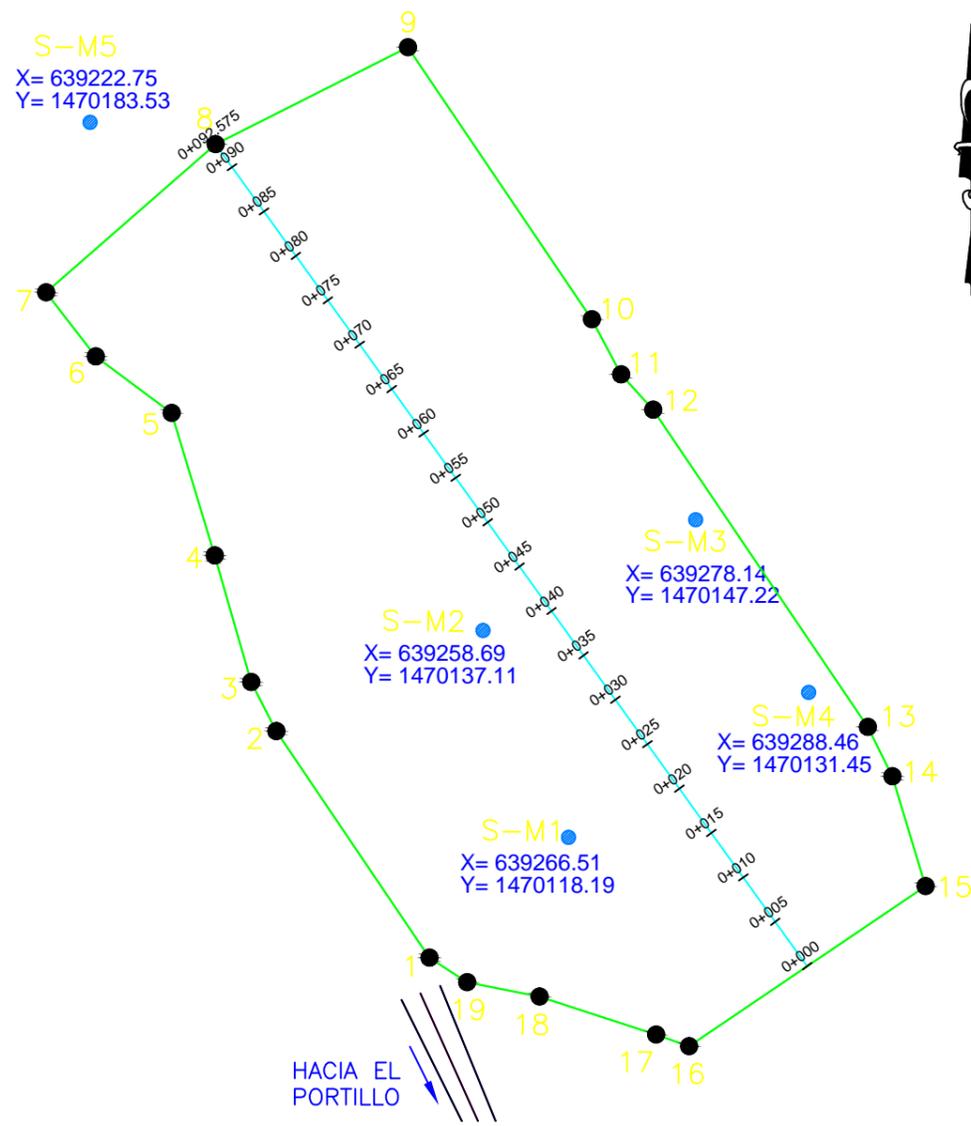


Imagen 1.3

PLANO TOPOGRAFICO DE BANCO N°1 "EL PORTILLO - EL CUA"



BANCO LA LAGUNA

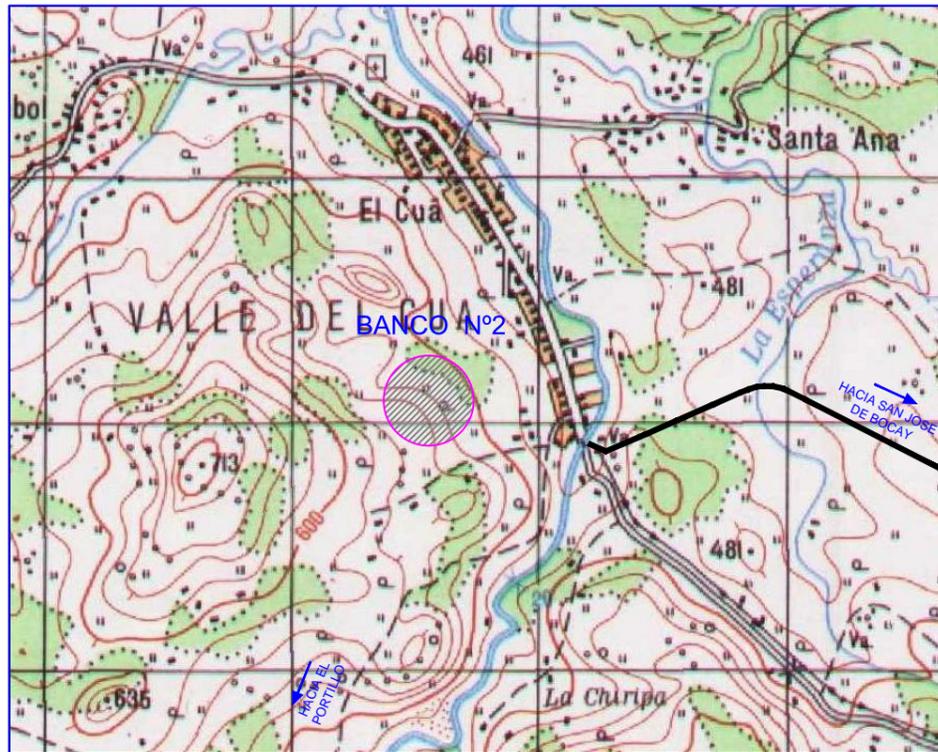


PLANO TOPOGRAFICO

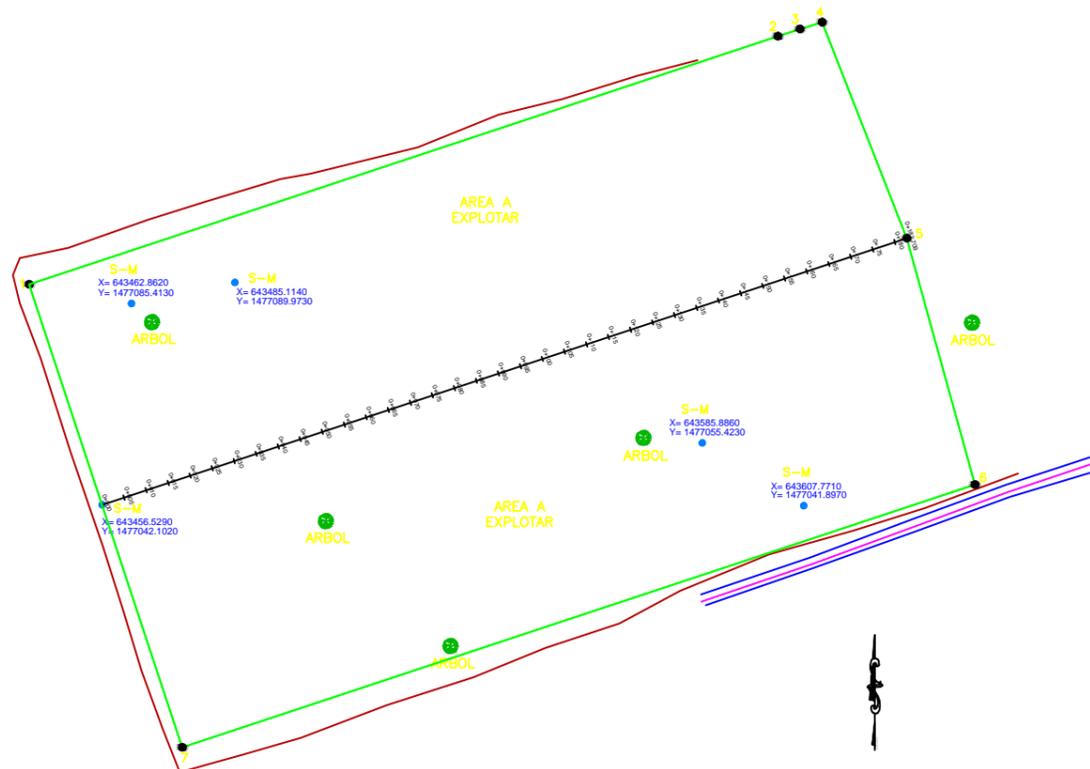
PUNTOS	POLIGONAL	
	COORDENADAS	
	Y	X
1	1470107.2067	639253.8024
2	1470127.9112	639239.7908
3	1470132.3951	639237.4953
4	1470143.9680	639234.1640
5	1470156.9970	639230.2160
6	1470162.1560	639223.2900
7	1470168.0083	639218.7503
8	1470181.5507	639234.2385
9	1470190.4001	639251.8381
10	1470165.5547	639268.6520
11	1470160.5050	639271.3270
12	1470157.2729	639274.2566
13	1470128.2866	639293.8728
14	1470123.7779	639296.1315
15	1470113.7503	639299.1565
16	1470099.1208	639277.5388
17	1470100.1860	639274.5130
18	1470103.6530	639263.8640
19	1470104.9680	639257.2320
1	1470107.2067	639253.8024
AREA = 3,720.4959M ²		

BANCO	LA LAGUNA		
ESTACION	1+489, IZQ		
DUÑO	RENE TINOCO		
VOLUMEN APROXIMADO (M3)	TOTAL	A EXPLOTAR	DESCAPOTE
	21,590m ³	17,510m ³	4,080m ³
USO PROBABLE	BASE, SUB BASE, TERRAPLEN Y RELLENO DE ALCANTARILLAS		
CLASIFICACION	A-2-5; A-7-5; A-1-a		
ALTURA	11.843		
ANCHO	45.018		
LARGO	93.098		

Imagen 1.4
 PLANO TOPOGRAFICO DE BANCO N°2 "EL PORTILLO - EL CUA"



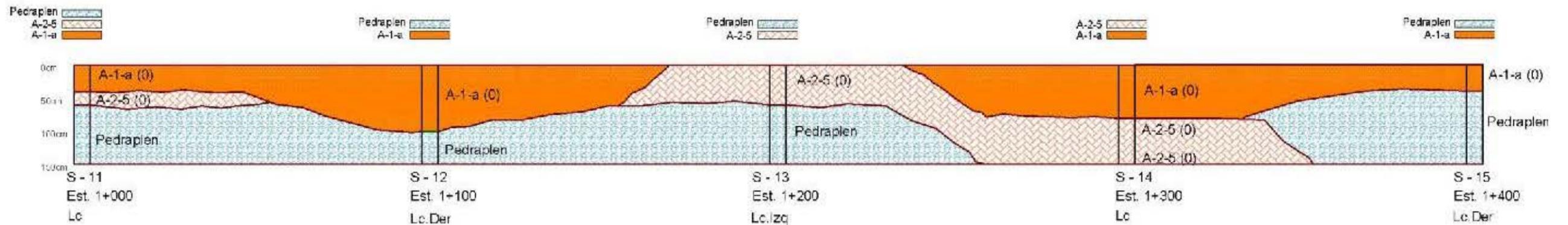
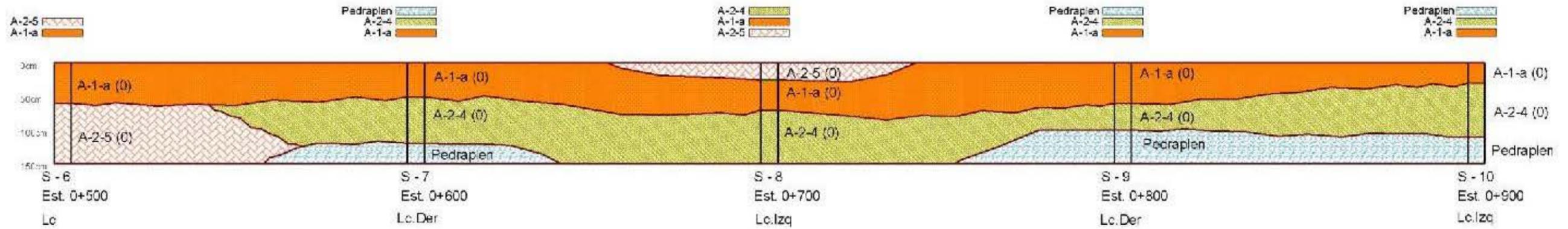
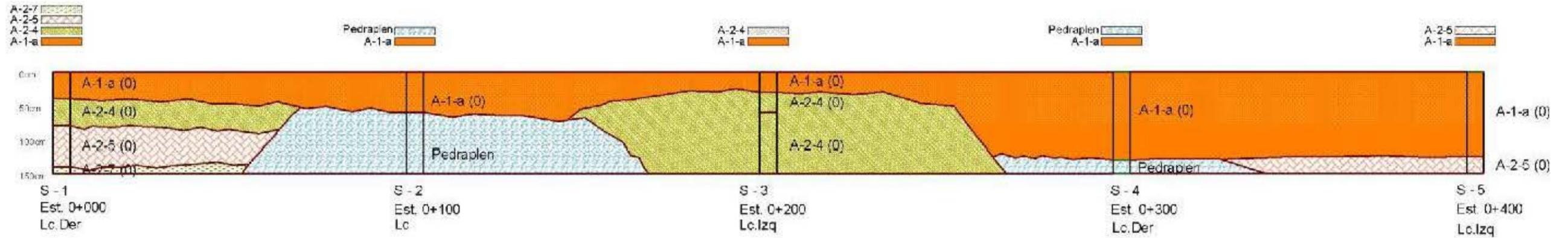
UBICACIÓN DE BANCO #2

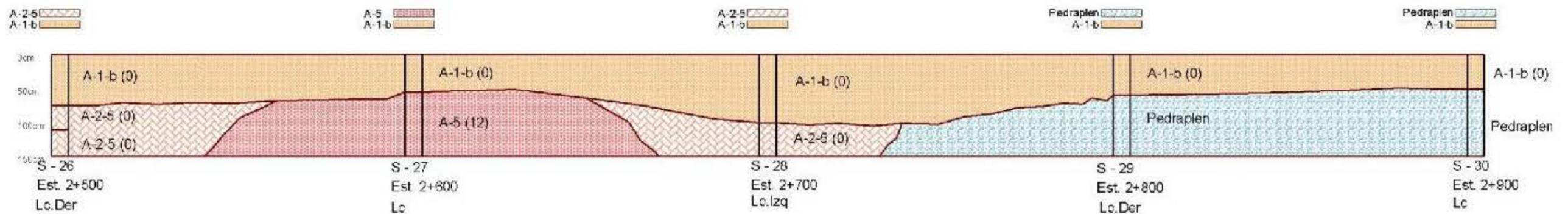
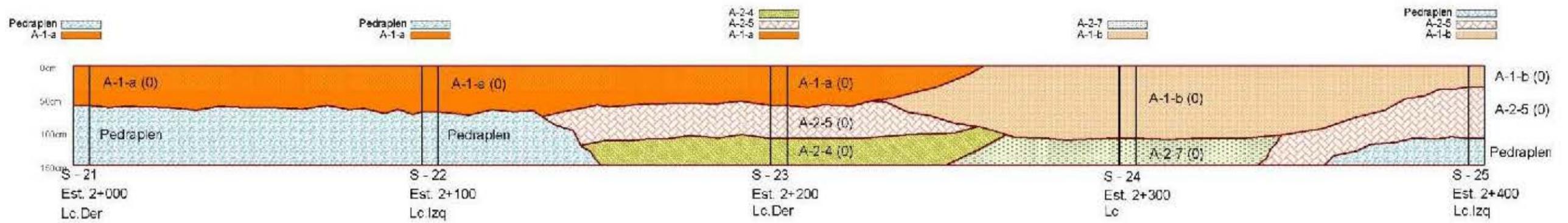
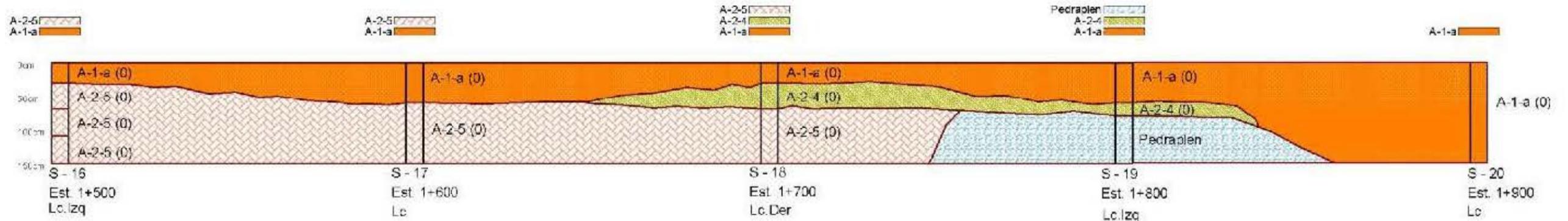


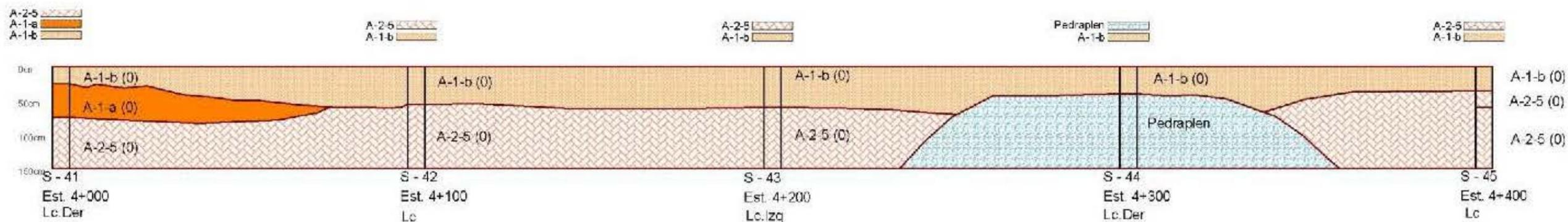
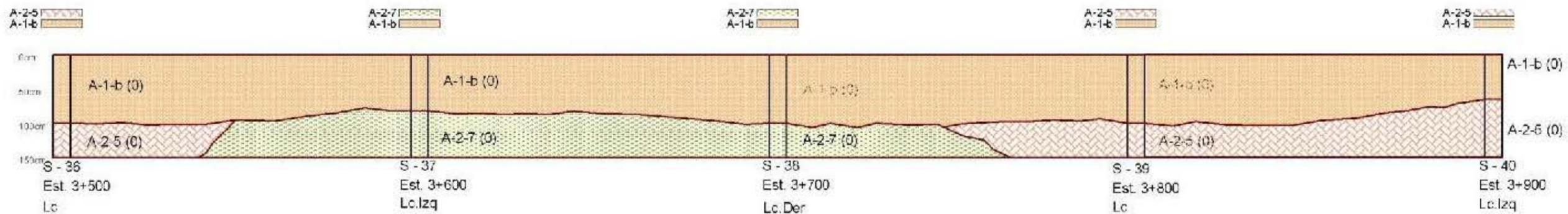
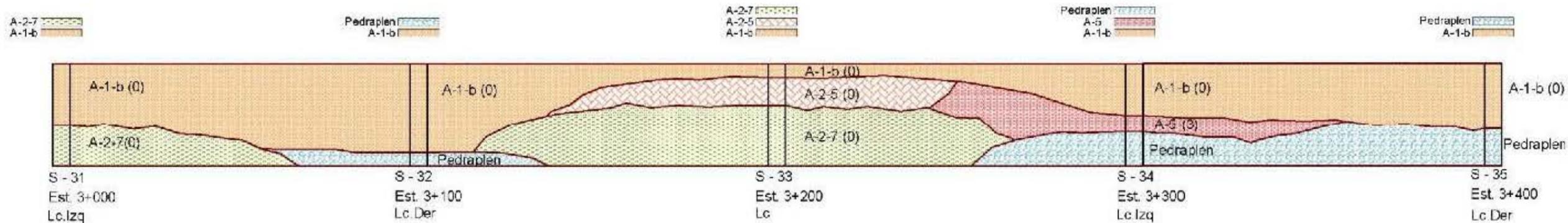
PUNTOS	POLIGONAL COORDENADAS	
	Y	X
1	1477089.5692	643440.8172
2	1477142.9988	643602.2027
3	1477144.5607	643606.9525
4	1477145.9989	643611.7432
5	1477099.5160	643629.9831
6	1477046.4507	643644.6941
7	1476989.8880	643473.8120
1	1477089.5692	643440.8172
AREA = 19,041.6480M ²		

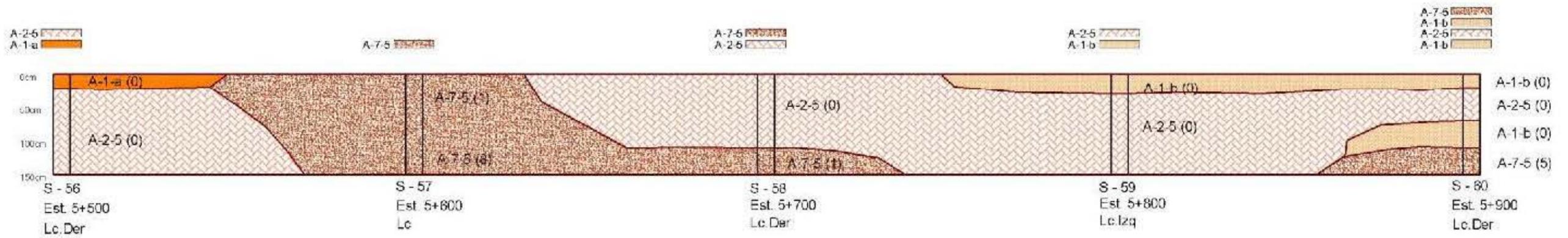
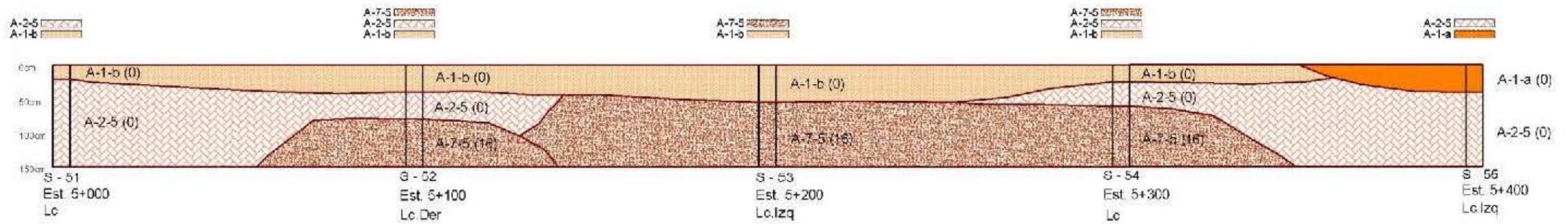
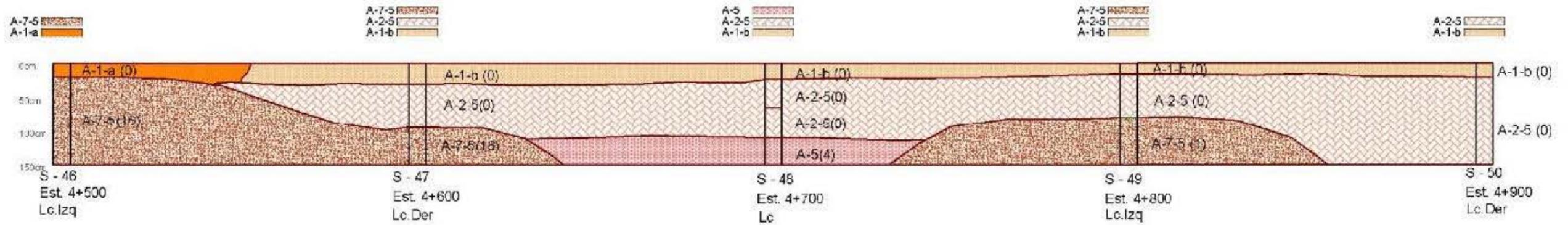
BANCO	DARIO GURDIAN		
ESTACION	11+955, IZQ		
DUEÑO	DARIO GURDIAN Y JUANA TINOCO		
VOLUMEN APROXIMADO (M3)	TOTAL 108,958m ³	A EXPLOTAR 102,675m ³	DESCAPOTE 6,283m ³
USO PROBABLE	TERRAPLEN Y RELLENO DE ALCANTARILLAS		
CLASIFICACION	A-2-5; A-7-5; A-2-7		
ALTURA	51.311		
ANCHO	105.002		
LARGO	182.709		

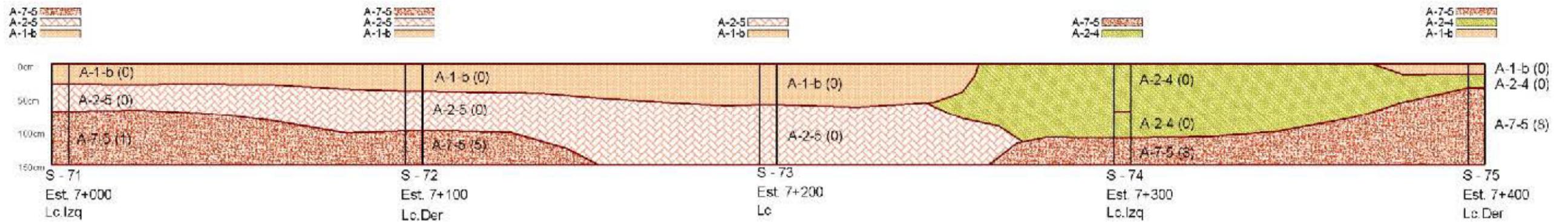
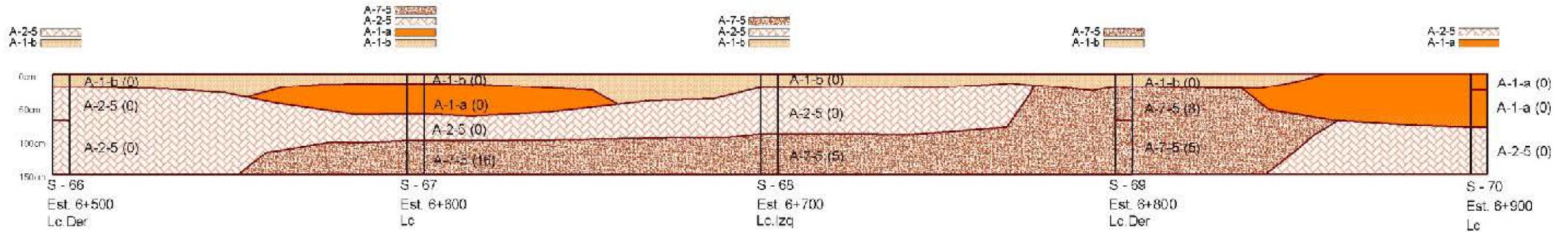
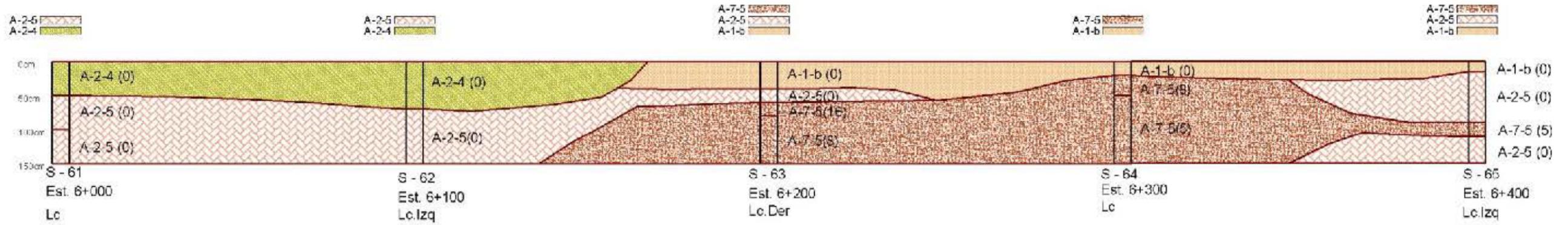
Imagen 1.5
PERFIL ESTATIGRÁFICO

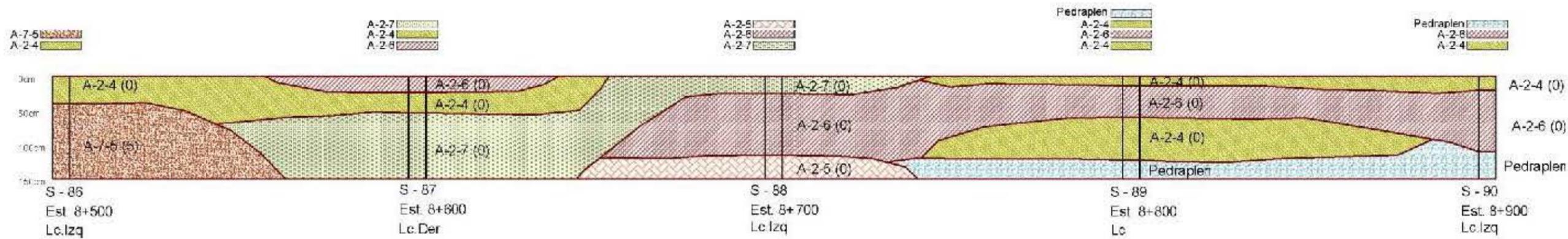
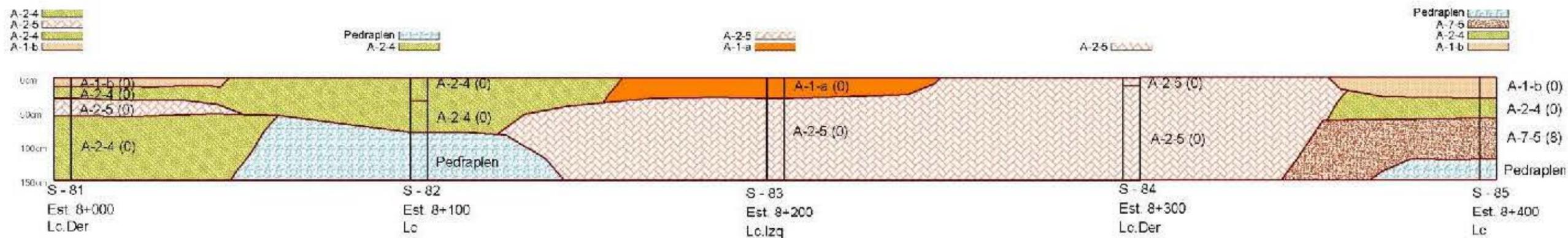
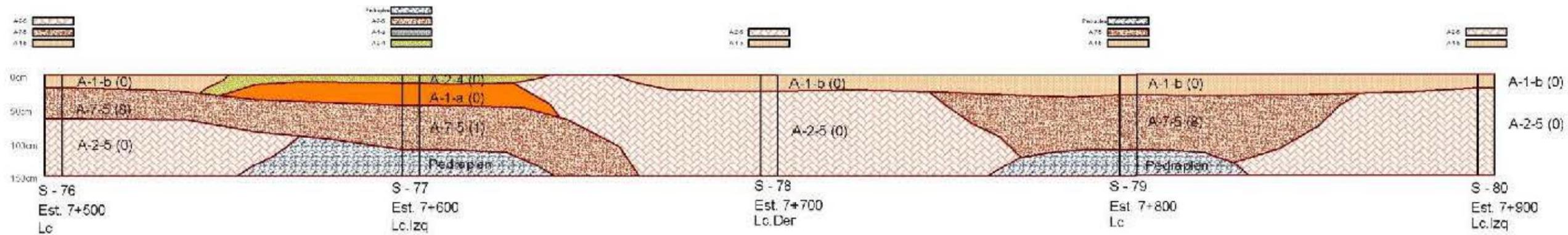


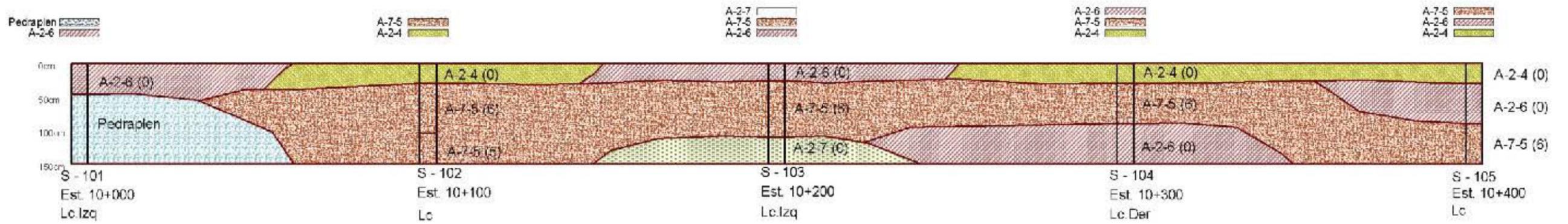
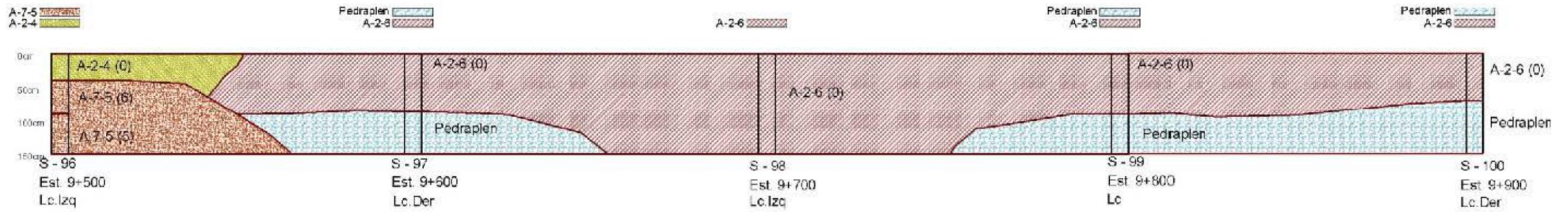
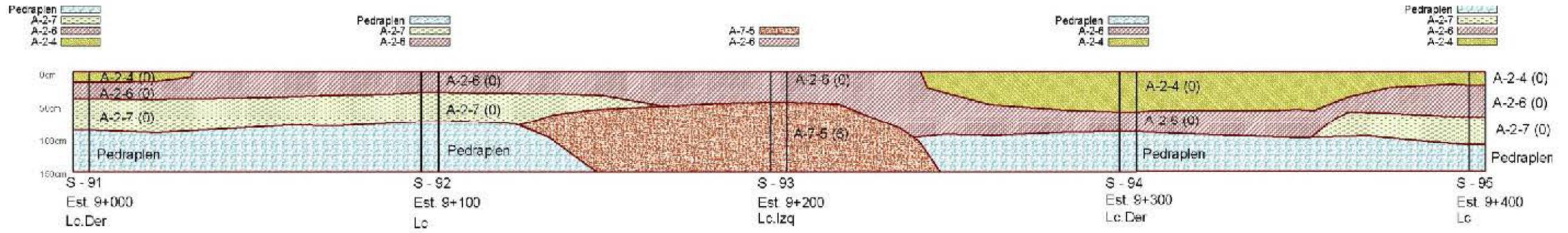


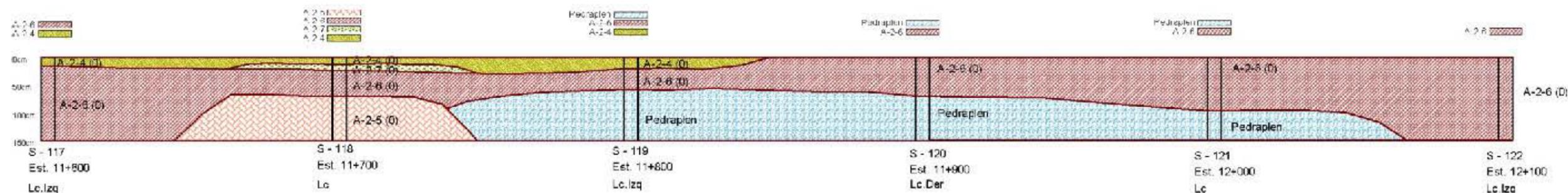
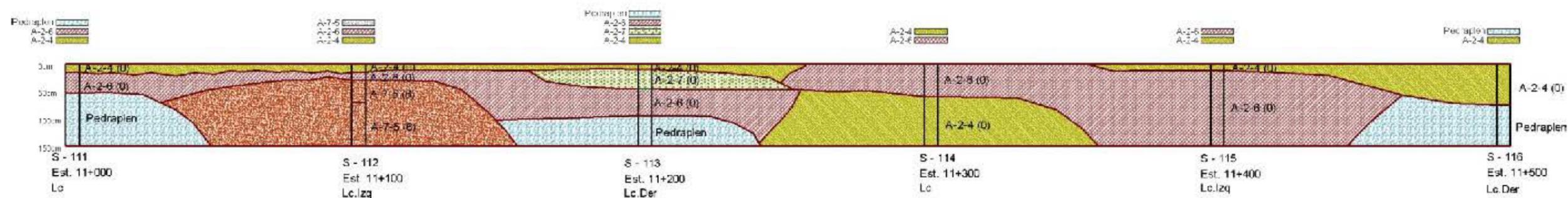
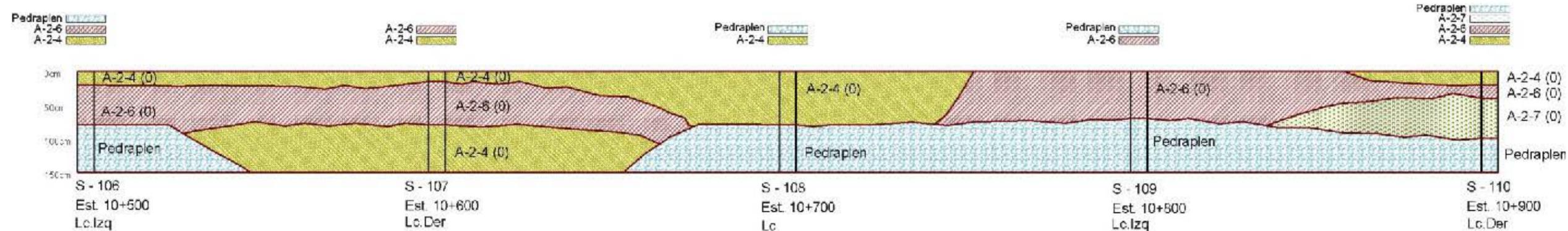


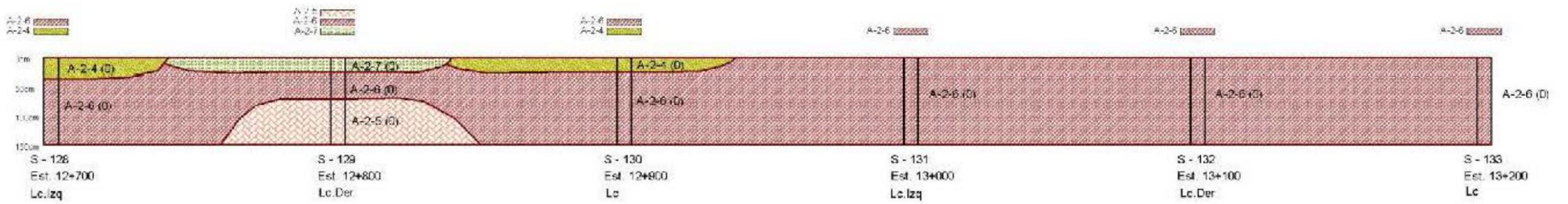
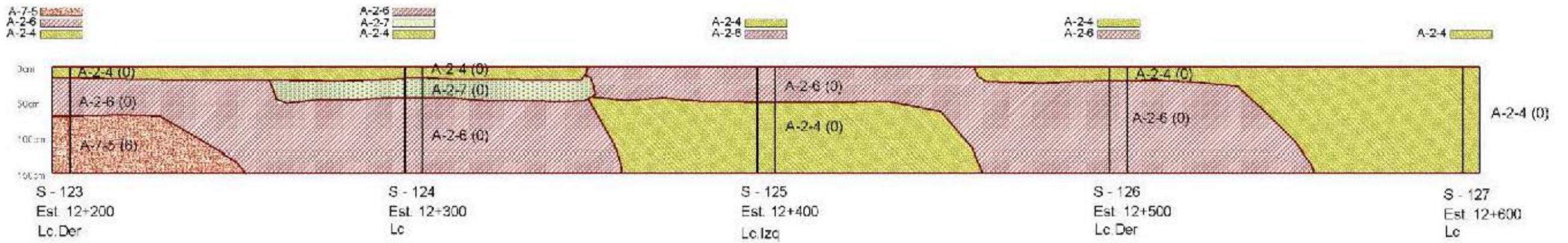












ANEXO B

- 2.1** Tipología y Descripción Vehicular.
- 2.2** Formato Conteo Vehicular.
- 2.3** Dependencia de Estaciones/Conteo Histórico TPDA.
- 2.4** Volúmenes Horarios Obtenidos.
- 2.5** Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

Tabla 1
CARACTERÍSTICAS DE LOS DISTINTOS VEHÍCULOS EN NICARAGUA

**Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico de la
Oficina de Diagnóstico y Evaluación de Pavimentos PMS**

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

Fuente: Oficina de Diagnóstico y Evaluación de Pavimentos.

Tabla 5
LISTADO HISTÓRICO DE TPDA 2014

NIC	Nº ESTACION	TIPO	Pkm	NOMBRE DEL TRAMO	TPDA 2002	TPDA 2003	TPDA 2004	TPDA 2005	TPDA 2006	TPDA 2007	TPDA 2008	TPDA 2009	TPDA 2010	TPDA 2011	TPDA 2012	TPDA 2013	TPDA 2014
NIC-1	113	ECD	221.9	SOMOTO - EL ESPINO	561			482	947			869					
NIC-2	201	ECD	7.8	SEMÁFORO 7 SUR - EMP. NEJAPA	23,400		24,855		40,841				35,269				
NIC-2	214	ECD	9.5	EMP. NEJAPA - KM. 10 1/2 CARRETERA SUR (REGRESO)			9,808		10,448			9,305	10,344				
NIC-2B	215	ECD	10	HOTEL NEJAPA - KM. 10 1/2 CARRETERA SUR (IDA)			8,502		8,739	9,889		8,640	9,074				
NIC-2	209	ECD	12	KM. 10 1/2 CARRETERA SUR - ENTRADA AL INCAE			14,692		14,060			13,497	15,943				
NIC-2	200	EMC	20	ENTRADA AL INCAE - EL CRUCERO	4,923	5,375	5,523	5,768	5,912	6,041	5,856	6,379	6,412				
NIC-2	202	ECD	27	EL CRUCERO - CUATRO ESQUINAS			3,592		5,051			4,644	4,904				
NIC-2	203	ECD	38	CUATRO ESQUINAS - DIRIAMBA			4,338		5,085			4,754	5,762				
NIC-2	204	ECD	42.9	DIRIAMBA - JINOTEPE			7,906		8,206			8,192					
NIC-2	205	ECD	54.8	JINOTEPE - NANDAIME			2196		4468				2265				
NIC-2	206	ECD	85.5	NANDAIME - RIVAS	2,325	2,373	2,594	2,679	2,649	2,805	3,897	3,624	2,982				
NIC-2	207	ECD	121.6	RIVAS - LA VIRGEN		2,588			3,159			3,147					
NIC-2	208	ECD	123	LA VIRGEN - PEÑAS BLANCAS		1,387			1,933			1,639					
NIC-3	300	EMC	115.2	SÉBACO - QUEBRADA HONDA	2,642	2,678	2,649	2,677	2,627	2,629	2,917	3,403	3,538	3,701	4,203	4,042	4,500
NIC-3	317	ECD	117	QUEBRADA HONDA - ENT. EL GUAYACÁN	2,881			3,048				3,601	4,510	4,191	5,175		
NIC-3	301	ECD	124.7	ENT. EL GUAYACÁN - MATAGALPA	2,923		2,927					3,973	4,248	4,561	5,471		
NIC-3	302	ECD	131.1	MATAGALPA - EL ARENAL	1,102			958			1,056		917	858	1094		
NIC-3	302A	ECD	146	EL ARENAL - JINOTEGA	1,046						1,143		762	1096	1129		
NIC-3	318	ECD	164	JINOTEGA - LLANO LA CRUZ	1805			1939			2639		3609		6412		

Fuente: Anuario de aforo de tráfico 2014. (Ministerio de Transporte e Infraestructura, División General de Planificación-Admo. Vial Junio 2015).

DEPENDENCIA DE ESTACIONES

Tabla 6

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	Pkm	NOMBRE DEL TRAMO
300	NIC-3	300	EMC	115.2	Sébaco - Quebrada Honda
	NIC-3	317	ECD	117.0	Quebrada Honda - Ent. El Guayacán
	NIC-3	301	ECD	124.7	Ent. El Guayacán - Matagalpa
	NIC-3	302	ECD	131.1	Matagalpa - El Arenal
	NIC-3	302 A	ECD	146.0	El Arenal - Jinotega
	NIC-3	306	ECS	207.0	San Sebastián de Yalí - El Tule
	NIC-5	501	ECD	138.3	Emp. San Francisco - Santa Emilia
	NIC-5	511	ECD	150.0	Santa Emilia - El Tuma
	NIC-5	503	ECD	178.0	La Dalia - Emp. Cerro Verde
	NIC-7	707	ECD	250.0	La Curva - Muelle de los Bueyes
	NIC-9	901	ECD	78.3	Emp. Boaco - Boaco
	NIC-9	904	ECS	150.0	Emp. Muy Muy - San Ramón
	NIC-11B	1801	ECD	40.8	Emp. Catarina - Emp. El Guanacaste

Fuente: Anuario de Aforo de Tráfico, año 2014.

Tabla 7

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	Pkm	NOMBRE DEL TRAMO
300	NIC-64	6405	ECS	16.0	San José del Sur - Emp. El Quino
	NIC-64	6404	ECS	23.0	Emp. El Quino - Altagracia
	NIC-64	6403	ECS	28.0	Altagracia - Emp. San Marcos
	NIC-64	6402	ECS	33.6	Emp. San Marcos - La Flor
	NIC-65	718	ECS	220.3	La Chepa - Morrito
	NIC-66	227	ECS	144.5	Sapoa - Cardenas - Colón
	NIC-71	7110 A	ECS	290.4	Nueva Guinea - La Esperanza
	NN-15	2904	ECD	260.0	San Fernando - Las Camelias
	NN-26	5107	ECS	205.5	Palacaguina - Los Lirios
	NN-38	3207	ECS	170.0	El Regadio - Los Encuentros (Sn Juan Limay)
	NN-51	5704	ECS	196.2	Emp. Peñas Blancas - Abisinia
	NN-54	5703	ECS	200.2	La Colonia - Emp. Santa Rosa
	NN-66	518	ECS	193.9	Emp. Peñas Blancas - Emp. El Portillo

Fuente: Anuario de Aforo de Tráfico, año 2014.

Tabla 9

SENTIDO ABISINIA- EL CUÁ												
CONTEO VEHICULAR (Volumenes horarios totales)												
Hora (C/1 Hr)	Motos	Vehiculo Livianos			Vehiculos pesados (Pasajero)			Vehiculos pesados (Carga)				TOTAL
		Autoviles	Jeep	Camionetas	Mbuses	Mbus>15 P	Bus	Livianos C2	C2	C3	Otros (T ₃ -S ₂)	
06:00-07:00	16	0	3	10	0	0	2	0	4	0	0	35
07:00-08:00	34	0	4	23	0	2	8	4	2	0	0	77
08:00-09:00	50	0	5	31	0	0	6	6	9	0	0	107
09:00-10:00	56	0	4	18	0	0	0	1	10	0	1	90
10:00-11:00	38	0	6	22	0	0	2	3	5	1	0	77
11:00-12:00	43	0	2	16	0	0	2	1	5	0	0	69
12:00-13:00	37	0	1	28	0	0	2	3	12	0	0	83
13:00-14:00	49	0	7	20	1	0	5	5	6	1	0	94
14:00-15:00	44	0	3	42	1	0	5	2	5	0	0	102
15:00-16:00	31	0	5	24	0	0	4	2	8	0	1	75
16:00-17:00	33	0	1	26	0	3	4	3	7	1	0	78
17:00-18:00	9	0	2	13	0	0	2	0	5	0	0	31
Totales	440	0	43	273	2	5	42	30	78	3	2	918

Fuente: Cálculos Propios.

Tabla 10

EMPALME CERRO VERDE- EL CUÁ												
CONTEO VEHICULAR (Volumenes horarios totales)												
Hora (C/1 Hr)	Motos	Vehiculo Livianos			Vehiculos pesados (Pasajero)			Vehiculos pesados (Carga)				TOTAL
		Autoviles	Jeep	Camionetas	Mbuses	Mbus>15 P	Bus	Livianos C2	C2	C3	Otros (T ₃ -S ₂)	
06:00-07:00	26	2	3	7	0	0	3	1	11	1	1	55
07:00-08:00	61	4	9	41	0	0	5	9	10	0	5	144
08:00-09:00	61	3	7	32	0	0	13	6	14	0	1	137
09:00-10:00	63	7	5	38	0	0	8	9	12	1	2	145
10:00-11:00	54	2	7	38	0	0	5	7	17	0	1	131
11:00-12:00	46	4	5	37	0	0	8	4	18	1	4	127
12:00-13:00	51	0	3	36	0	0	9	5	16	0	0	120
13:00-14:00	51	2	7	30	0	0	11	7	22	1	0	131
14:00-15:00	54	0	1	53	1	1	7	9	11	3	1	141
15:00-16:00	60	0	5	41	2	0	6	7	27	1	2	151
16:00-17:00	59	2	8	33	2	2	10	9	16	3	1	145
17:00-18:00	13	1	3	18	1	0	6	3	7	0	0	52
Totales	599	27	63	404	6	3	91	76	181	11	18	1479

Fuente: Cálculos Propios.

Tabla 11

SENTIDO ABISINIA- EL CUÁ												
CONSOLIDADO TRÁFICO												
Días	Motos	Vehiculo Livianos			Vehiculos pesados (Pasajero)			Vehiculos pesados (Carga)				TOTAL
		Autoviles	Jeep	Camionetas	Mbuses	Mbus>15 P	Bus	Livianos C2	C2	C3	Otros (T ₃ -S ₂)	
VIERNES	104	0	8	60	1	0	9	6	15	1	0	204
SÁBADO	91	0	8	68	0	1	7	8	9	1	0	193
DOMINGO	105	0	10	32	1	1	6	3	8	1	2	169
LUNES	58	0	9	40	0	1	11	5	19	0	0	143
MARTES	82	0	8	73	0	2	9	8	27	0	0	209
TPD	88	0	9	55	0	1	8	6	16	1	0	184

Fuente: Cálculos Propios.

Tabla 12

EMPALME CERRO VERDE- EL CUÁ												
CONSOLIDADO TRÁFICO												
Días	Motos	Vehiculo Livianos			Vehiculos pesados (Pasajero)			Vehiculos pesados (Carga)				TOTAL
		Autoviles	Jeep	Camionetas	Mbuses	Mbus>15 P	Bus	Livianos C2	C2	C3	Otros (T ₃ -S ₂)	
VIERNES	159	3	8	91	2	0	20	38	23	3	0	347
SÁBADO	123	4	4	106	1	1	17	11	31	6	1	305
DOMINGO	127	0	10	53	0	1	18	9	28	2	8	256
LUNES	90	14	23	69	0	1	16	7	56	0	9	285
MARTES	100	6	18	85	3	0	20	11	43	0	0	286
TPD	120	5	13	81	1	1	18	15	36	2	4	296

Fuente: Cálculos Propios.

Tabla 13

SENTIDO ABISINIA- EL CUÁ												
TPDA (Vpd)												
GRUPO	Motos	Vehiculo Livianos			Vehiculos pesados (Pasajero)			Vehiculos pesados (Carga)				TOTAL
		Autoviles	Jeep	Camionetas	Mbuses	Mbus>15 P	Bus	Livianos C2	C2	C3	Otros (T ₃ -S ₂)	
TPD	88	0	9	55	0	1	8	7	16	1	0	184
FACTOR AJUSTE DÍA	1.32	1.38	1.38	1.31	1.33	1.22	1.23	1.35	1.44	1.33	1.76	
TPD (12 hrs)	116	0	12	72	0	2	10	10	23	1	0	246
% TPDA	47.22	0.00	4.88	29.27	0.00	0.50	4.00	3.84	9.37	0.54	0.00	100.00
% TPDA	47.22	34.15			4.50			13.75				100.00

Fuente: Cálculos Propios.

Tabla 14

EMPALME CERRO VERDE- EL CUÁ												
TPDA (Vpd)												
GRUPO	Motos	Vehiculo Livianos			Vehiculos pesados (Pasajero)			Vehiculos pesados (Carga)				TOTAL
		Autoviles	Jeep	Camionetas	Mbuses	Mbus>15 P	Bus	Livianos C2	C2	C3	Otros (T ₃ -S ₂)	
TPD	120	5	13	81	1	1	18	23	36	2	4	304
FACTOR AJUSTE DÍA	1.32	1.38	1.38	1.31	1.33	1.22	1.23	1.35	1.44	1.33	1.76	
TPD (12 hrs)	158	7	17	106	2	2	22	32	52	3	7	408
% TPDA	38.82	1.69	4.40	26.01	0.33	0.30	5.43	7.61	12.71	0.65	1.73	100.00
% TPDA	38.82	32.10			6.05			22.69				100.00

Fuente: Cálculos Propios.

Tabla 15

SENTIDO ABISINIA- EL CUÁ												
TPDA (Vpd)												
GRUPO	Motos	Vehiculo Livianos			Vehiculos pesados (Pasajero)			Vehiculos pesados (Carga)				TOTAL
		Autoviles	Jeep	Camionetas	Mbuses	Mbus>15 P	Bus	Livianos C2	C2	C3	Otros (T ₃ -S ₂)	
TPD (12 hrs)	116	0	12	72	0	2	10	10	23	1	0	246
FACTOR AJUSTE SEMANA	0.98	1.05	1.03	0.97	1.03	1.2	1	0.91	0.92	0.91	1.59	
TPDs	114	0	13	70	0	3	10	10	22	1	0	243
% TPDA	46.78	0.00	5.09	28.74	0.00	0.99	4.12	3.74	8.71	0.37	0.00	99.00
% TPDA	46.78	33.83			5.10			12.83				99.00

Fuente: Cálculos Propios.

Tabla 16

EMPALME CERRO VERDE- EL CUÁ												
TPDA (Vpd)												
GRUPO	Motos	Vehiculo Livianos			Vehiculos pesados (Pasajero)			Vehiculos pesados (Carga)				TOTAL
		Autoviles	Jeep	Camionetas	Mbuses	Mbus>15 P	Bus	Livianos C2	C2	C3	Otros (T ₃ -S ₂)	
TPD	158	7	17	106	2	2	22	32	52	3	7	408
FACTOR AJUSTE SEMANA	0.98	1.05	1.03	0.97	1.03	1.2	1	0.91	0.92	0.91	1.59	
TPDs	155	8	18	103	3	3	22	30	48	3	12	405
% TPDA	38.23	1.81	4.32	25.39	0.51	0.59	5.43	7.19	11.81	0.67	2.75	99.00
% TPDA	38.23	31.53			6.53			22.42				99.00

Fuente: Cálculos Propios.

Tabla 17

SENTIDO ABISINIA- EL CUÁ												
TPDA (Vpd)												
GRUPO	Motos	Vehiculo Livianos			Vehiculos pesados (Pasajero)			Vehiculos pesados (Carga)				TOTAL
		Autoviles	Jeep	Camionetas	Mbuses	Mbus>15 P	Bus	Livianos C2	C2	C3	Otros (T ₃ -S ₂)	
TPDs	114	0	13	70	0	3	10	10	22	1	0	243
FACTOR EXPANSIÓN A TPDA	0.96	0.94	0.86	0.91	0.84	0.83	0.99	0.85	0.97	0.94	0.54	
TPDA (Vpd)	110	0	12	64	0	3	10	9	22	1	0	231
% TPDA	47.38	0.00	4.84	27.58	0.00	1.08	4.29	3.68	9.24	0.41	0.00	99.00
% TPDA	47.38		32.42			5.36			13.32			99.00

Fuente: Cálculos Propios

Tabla 18

EMPALME CERRO VERDE- EL CUÁ												
TPDA (Vpd)												
GRUPO	Motos	Vehiculo Livianos			Vehiculos pesados (Pasajero)			Vehiculos pesados (Carga)				TOTAL
		Autoviles	Jeep	Camionetas	Mbuses	Mbus>15 P	Bus	Livianos C2	C2	C3	Otros (T ₃ -S ₂)	
TPDs	155	8	18	103	3	3	22	30	48	3	12	405
FACTOR EXPANSIÓN A TPDA	0.96	0.94	0.86	0.91	0.84	0.83	0.99	0.85	0.97	0.94	0.54	
TPDA (Vpd)	149	8	16	94	3	3	22	26	47	3	7	378
% TPDA	39.37	1.99	4.10	24.80	0.67	0.66	5.76	6.75	12.32	0.75	1.71	99.00
% TPDA	39.37		30.88			7.09			21.52			99.00

Fuente: Cálculos Propios

ANEXO C

- 3.1** Granulometría de la Capa de Grava.
- 3.2** Especificaciones Técnicas Capa Base.
- 3.3** Resultados Sondeos Manuales.
- 3.4** Resultados Ensayes de Suelo Cemento (Banco La Laguna).
- 3.5** Resultados Análisis Granulométrico y Límites Atterberg.
- 3.6** Propiedades Banco de Materiales en Estudio.
- 3.7** Resultados de Ensayes de Laboratorio (Banco Las Perlitas).
- 3.8** Resultados de Ensaye Valor Soporte California.

Tabla 26
 Margenes del Valor Meta para Graduaciones de Sub-base, Base o Capas Superficiales de
 Agregados.

Tamaño Tamiz	Porcentaje en peso que pasa el Tamiz Designado (AASHTO T27 y T11)					
	Designación de la Graduación					
	Sub-base A	Sub-base B	Base C	Base D	Base E	Superficie F
2 1/2"	100 ⁽¹⁾					
2"	97-100 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾			
1 1/2"		97-100 ⁽¹⁾	97-100 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾		
1"	67-79(6)			97-100 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾
3/4"			67-81(6)		97-100 ⁽¹⁾	97-100 ⁽¹⁾
1/2"	45-59(7)					
3/8"				56-70(7)	65-79(6)	
N° 4	28-42(6)	40-38(8)	33-47(6)	39-53(6)	45-59(7)	47-71(7)
N° 40	9-17(4)		10-19(4)	12-21(4)	12-21(4)	12-28(5)
N° 200	4-8(3)	0-12(4)	4-8(3)	4-8(3)	4-8(3)	9-16(4)

Fuente: NIC-2000, Subdivisión 1000; Sección 1003. Pág.521

Tabla 27
Requerimientos de la Capa Base

	TIPO 1	TIPO 2
Desgaste, los Ángeles	max.50%	max.50%
Limite liquido , AASHTO T 89	max.25	max.25
Índice de Plasticidad	máx. 10%	máx. 15%
Modulo de Plasticidad	máx. 200	máx. 400
CBR al 95% de AASHTO Modificado (AASHTO T 180)	min. 80%	min. 60%
% de finos	10 máx.	10 máx.

Fuente: NIC-2000, Subdivisión 1000, Sección 1003

El tipo 2 se usa solamente cuando los niveles de tránsito no exceden de 300

Ejes equivalentes estándar (EE) (8200Kg) por día.



ESTUDIO GEOTECNICO
RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE MUESTRAS DE SONDEOS EN LINEA

Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	No. Sondeo	No. Muestra	Profundidad (cm)	Estacion	Ubicación	Descripción	Clasificación H.R.B.	Granulometria (% que Pasa)								Límites		H. Nat. (%)		
									3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.200		L.L	I.P
19/01/12	21/01/12	01	01	0-40	0+000	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	01	02	40-80	0+000	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café claro.	A-2-4 (0)	100	83	74	61	54	42	32	31	20	13	40	7	26.7
19/01/12	21/01/12	01	03	80-140	0+000	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color marron.	A-2-5 (0)	100	93	87	70	61	46	33	28	19	13	43	7	30.6
19/01/12	21/01/12	01	04	140-150	0+000	Derecho	Grava areno-arcillosa de alta plasticidad. Color cafe.	A-2-7 (0)	100	93	89	81	74	55	41	39	34	29	53	12	38.8
19/01/12	21/01/12	02	05	0-60	0+100	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	02	05-A	60-150	0+100	L C	Pedraplén	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/01/12	21/01/12	03	06	0-30	0+200	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	03	07	30-60	0+200	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café oscuro.	A-2-4 (0)	100	83	74	61	54	42	32	31	20	13	40	7	26.7
19/01/12	21/01/12	03	08	60-150	0+200	Izquierdo	Arena gravo-limosa. No plastica. Color marron.	A-2-4 (0)	100	96	91	85	82	73	60	56	46	35	NP	NP	37.0
19/01/12	21/01/12	04	09	0-130	0+300	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	04	09-A	130-150	0+300	Derecho	Pedraplén	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/01/12	21/01/12	05	10	0-125	0+400	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	05	11	125-150	0+400	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café-amarillo.	A-2-5 (0)	100	96	93	86	76	57	45	43	36	25	54	6	36.4
19/01/12	21/01/12	06	12	0-60	0+500	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	06	13	60-150	0+500	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café oscuro.	A-2-5 (0)	100	93	87	70	61	46	33	28	19	13	43	7	30.6
19/01/12	21/01/12	07	14	0-50	0+600	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café oscuro.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	07	15	50-120	0+600	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café claro.	A-2-4 (0)	100	83	74	61	54	42	32	31	20	13	40	7	26.7
19/01/12	21/01/12	07	15-A	120-150	0+600	Derecho	Pedraplén	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/01/12	21/01/12	08	16	0-25	0+700	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color cafe.	A-2-5 (0)	100	93	87	70	61	46	33	28	19	13	43	7	30.6
19/01/12	21/01/12	08	17	25-70	0+700	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café oscuro.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	08	18	70-150	0+700	Izquierdo	Arena gravo-limosa. No plastica. Color marron.	A-2-4 (0)	100	96	91	85	82	73	60	56	46	35	NP	NP	37.0
19/01/12	21/01/12	09	19	0-60	0+800	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	09	20	60-100	0+800	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café oscuro.	A-2-4 (0)	100	83	74	61	54	42	32	31	20	13	40	7	26.7
19/01/12	21/01/12	09	20-A	100-150	0+800	Derecho	Pedraplén	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/01/12	21/01/12	10	21	0-30	0+900	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	10	22	30-110	0+900	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café oscuro.	A-2-4 (0)	100	83	74	61	54	42	32	31	20	13	40	7	26.7
19/01/12	21/01/12	10	22-A	110-150	0+900	Izquierdo	Pedraplén	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/01/12	21/01/12	11	23	0-40	1+000	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	11	24	40-60	1+000	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color cafe.	A-2-5 (0)	100	96	93	86	76	57	45	43	36	25	54	6	36.4
19/01/12	21/01/12	11	24-A	60-150	1+000	L C	Pedraplén	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/01/12	21/01/12	12	25	0-100	1+100	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	12	25-A	100-150	1+100	Derecho	Pedraplén	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/01/12	21/01/12	13	26	0-60	1+200	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color cafe.	A-2-5 (0)	100	93	87	70	61	46	33	28	19	13	43	7	30.6
19/01/12	21/01/12	13	26-A	60-150	1+200	Izquierdo	Pedraplén	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/01/12	21/01/12	14	27	0-80	1+300	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8



ESTUDIO GEOTECNICO
RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE MUESTRAS DE SONDEOS EN LINEA

Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	No. Sondeo	No. Muestra	Profundidad (cm)	Estacion	Ubicación	Descripción	Clasificación H.R.B.	Granulometria (% que Pasa)										Límites		H. Nat. (%)
									3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.200	L.L	I.P	
19/01/12	21/01/12	14	28	80-130	1+300	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color cafe.	A-2-5 (0)	100	93	87	70	61	46	33	28	19	13	43	7	30.6
19/01/12	21/01/12	14	29	130-150	1+300	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color negro.	A-2-5 (0)	100	100	94	83	78	61	37	34	27	22	43	7	28.7
19/01/12	21/01/12	15	30	0-40	1+400	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	15	30-A	40-150	1+400	Derecho	Pedraplén	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/01/12	21/01/12	16	31	0-30	1+500	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	16	32	30-70	1+500	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color cafe.	A-2-5 (0)	100	93	87	70	61	46	33	28	19	13	43	7	30.6
19/01/12	21/01/12	16	33	70-110	1+500	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café oscuro.	A-2-5 (0)	100	93	87	70	61	46	33	28	19	13	43	7	30.6
19/01/12	21/01/12	16	34	110-150	1+500	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color marron.	A-2-5 (0)	100	96	93	86	76	57	45	43	36	25	54	6	36.4
19/01/12	21/01/12	17	35	0-60	1+600	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	17	36	60-150	1+600	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color marron.	A-2-5 (0)	100	96	93	86	76	57	45	43	36	25	54	6	36.4
19/01/12	21/01/12	18	37	0-30	1+700	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	18	38	30-70	1+700	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	83	74	61	54	42	32	31	20	13	40	7	26.7
19/01/12	21/01/12	18	39	70-150	1+700	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color marron.	A-2-5 (0)	100	96	93	86	76	57	45	43	36	25	54	6	36.4
19/01/12	21/01/12	19	40	0-60	1+800	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	19	41	60-80	1+800	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	83	74	61	54	42	32	31	20	13	40	7	26.7
19/01/12	21/01/12	19	41-A	80-150	1+800	Izquierdo	Pedraplén	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/01/12	21/01/12	20	42	0-150	1+900	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	21	43	0-60	2+000	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	21	43-A	60-150	2+000	Derecho	Pedraplén	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/01/12	21/01/12	22	44	0-70	2+100	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	22	44-A	70-150	2+100	Izquierdo	Pedraplén	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/01/12	21/01/12	23	45	0-60	2+200	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
19/01/12	21/01/12	23	46	60-110	2+200	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café oscuro.	A-2-5 (0)	100	96	93	86	76	57	45	43	36	25	54	6	36.4
19/01/12	21/01/12	23	47	110-150	2+200	Derecho	Arena gravo-limosa. No plastica. Color marron.	A-2-4 (0)	100	96	91	85	82	73	60	56	46	35	NP	NP	37.0
20/01/12	22/01/12	24	48	0-110	2+300	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	96	84	67	60	46	36	30	21	16	39	6	13.3
20/01/12	22/01/12	24	49	110-150	2+300	L C	Grava areno-arcillosa de alta plasticidad. Color café oscuro.	A-2-7 (0)	100	93	89	81	74	55	41	39	34	29	53	12	38.8
20/01/12	22/01/12	25	50	0-32	2+400	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café oscuro.	A-1-b (0)	100	96	84	67	60	46	36	30	21	16	39	6	13.3
20/01/12	22/01/12	25	51	32-110	2+400	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café claro.	A-2-5 (0)	100	93	87	70	61	46	33	28	19	13	43	7	30.6
20/01/12	22/01/12	25	51-A	110-150	2+400	Izquierdo	Pedraplén	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/01/12	22/01/12	26	52	0-75	2+500	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	96	84	67	60	46	36	30	21	16	39	6	13.3
20/01/12	22/01/12	26	53	75-110	2+500	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café oscuro.	A-2-5 (0)	100	93	87	70	61	46	33	28	19	13	43	7	30.6
20/01/12	22/01/12	26	54	110-150	2+500	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color amarillo.	A-2-5 (0)	100	81	79	64	57	42	29	25	19	16	49	9	36.2
20/01/12	22/01/12	27	55	0-55	2+600	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-b (0)	100	96	84	67	60	46	36	30	21	16	39	6	13.3
20/01/12	22/01/12	27	56	55-150	2+600	L C	Suelo limoso de alta plasticidad. Color rojizo.	A-5 (12)	100	100	100	100	100	100	100	99	87	77	57	10	39.3
20/01/12	22/01/12	28	57	0-100	2+700	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café oscuro.	A-1-b (0)	100	96	84	67	60	46	36	30	21	16	39	6	13.3



ESTUDIO GEOTECNICO
RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE MUESTRAS DE SONDEOS EN LINEA

Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	No. Sondeo	No. Muestra	Profundidad (cm)	Estacion	Ubicación	Descripción	Clasificación H.R.B.	Granulometria (% que Pasa)								Límites		H. Nat. (%)		
									3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.200		L.L	I.P
20/01/12	22/01/12	28	58	100-150	2+700	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café claro.	A-2-5 (0)	100	96	93	86	76	57	45	43	36	25	54	6	36.4
20/01/12	22/01/12	29	59	0-60	2+800	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café oscuro.	A-1-b (0)	100	96	84	67	60	46	36	30	21	16	39	6	13.3
20/01/12	22/01/12	29	59-A	60-150	2+800	Derecho	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/01/12	22/01/12	30	60	0-50	2+900	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	96	84	67	60	46	36	30	21	16	39	6	13.3
20/01/12	22/01/12	30	60-A	50-150	2+900	L C	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/01/12	22/01/12	31	61	0-90	3+000	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	96	84	67	60	46	36	30	21	16	39	6	13.3
20/01/12	22/01/12	31	62	90-150	3+000	Izquierdo	Grava areno-arcillosa de alta plasticidad. Color cafe.	A-2-7 (0)	100	93	89	81	74	55	41	39	34	29	53	12	38.8
20/01/12	22/01/12	32	63	0-130	3+100	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-b (0)	100	96	84	67	60	46	36	30	21	16	39	6	13.3
20/01/12	22/01/12	32	63-A	130-150	3+100	Derecho	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/01/12	22/01/12	33	64	0-20	3+200	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	96	84	67	60	46	36	30	21	16	39	6	13.3
20/01/12	22/01/12	33	65	20-60	3+200	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color cafe.	A-2-5 (0)	100	100	94	82	74	59	48	40	26	18	43	10	31.2
20/01/12	22/01/12	33	66	60-150	3+200	L C	Grava areno-arcillosa de alta plasticidad. Color cafe.	A-2-7 (0)	100	93	89	81	74	55	41	39	34	29	53	12	38.8
20/01/12	22/01/12	34	67	0-75	3+300	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	96	84	67	60	46	36	30	21	16	39	6	13.3
20/01/12	22/01/12	34	68	75-100	3+300	Izquierdo	Suelo limoso de alta plasticidad. Color cafe.	A-5 (3)	100	100	100	100	100	100	100	95	83	69	44	2	38.7
20/01/12	22/01/12	34	68-A	100-150	3+300	Izquierdo	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/01/12	22/01/12	35	69	0-95	3+400	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	96	84	67	60	46	36	30	21	16	39	6	13.3
20/01/12	22/01/12	35	69-A	95-150	3+400	Derecho	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/01/12	22/01/12	36	70	0-100	3+500	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	96	84	67	60	46	36	30	21	16	39	6	13.3
20/01/12	22/01/12	36	71	100-150	3+500	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color marron.	A-2-5 (0)	100	96	93	86	76	57	45	43	36	25	54	6	36.4
20/01/12	22/01/12	37	72	0-80	3+600	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-b (0)	100	96	84	67	60	46	36	30	21	16	39	6	13.3
20/01/12	22/01/12	37	73	80-150	3+600	Izquierdo	Grava areno-arcillosa de alta plasticidad. Color café claro.	A-2-7 (0)	100	93	89	81	74	55	41	39	34	29	53	12	38.8
20/01/12	22/01/12	38	74	0-100	3+700	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café oscuro.	A-1-b (0)	100	96	84	67	60	46	36	30	21	16	39	6	13.3
20/01/12	22/01/12	38	75	100-150	3+700	Derecho	Grava areno-arcillosa de alta plasticidad. Color café claro.	A-2-7 (0)	100	93	89	81	74	55	41	39	34	29	53	12	38.8
20/01/12	22/01/12	39	76	0-100	3+800	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	96	84	67	60	46	36	30	21	16	39	6	13.3
20/01/12	22/01/12	39	77	100-150	3+800	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café oscuro.	A-2-5 (0)	100	100	94	82	74	59	48	40	26	18	43	10	31.2
20/01/12	22/01/12	40	78	0-65	3+900	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	96	84	67	60	46	36	30	21	16	39	6	13.3
20/01/12	22/01/12	40	79	65-150	3+900	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color gris.	A-2-5 (0)	100	96	93	86	76	57	45	43	36	25	54	6	36.4
20/01/12	22/01/12	41	80	0-25	4+000	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café oscuro.	A-1-b (0)	100	96	84	67	60	46	36	30	21	16	39	6	13.3
20/01/12	22/01/12	41	81	25-75	4+000	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-a (0)	100	91	80	65	58	44	33	27	17	12	37	6	25.8
20/01/12	22/01/12	41	82	75-150	4+000	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad.	A-2-5 (0)	100	93	87	70	61	46	33	28	19	13	43	7	30.6
20/01/12	22/01/12	42	83	0-55	4+100	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
20/01/12	22/01/12	42	84	55-150	4+100	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café oscuro.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1
20/01/12	22/01/12	43	85	0-60	4+200	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
20/01/12	22/01/12	43	86	60-150	4+200	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color gris.	A-2-5 (0)	100	97	94	85	77	60	43	41	37	35	52	10	18.0
20/01/12	22/01/12	44	87	0-40	4+300	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3



ESTUDIO GEOTECNICO
RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE MUESTRAS DE SONDEOS EN LINEA

Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	No. Sondeo	No. Muestra	Profundidad (cm)	Estacion	Ubicación	Descripción	Clasificación H.R.B.	Granulometria (% que Pasa)								Límites		H. Nat. (%)					
									3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.200		L.L.	I.P.			
20/01/12	22/01/12	44	87-A	40-150	4+300	Derecho	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/01/12	22/01/12	45	88	0-35	4+400	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3			
20/01/12	22/01/12	45	89	35-60	4+400	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café oscuro.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1			
20/01/12	22/01/12	45	90	60-150	4+400	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color gris.	A-2-5 (0)	100	97	94	85	77	60	43	41	37	35	52	10	18.0			
20/01/12	22/01/12	46	91	0-20	4+500	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-a (0)	100	94	84	65	55	36	22	18	13	10	37	6	23.7			
20/01/12	22/01/12	46	92	20-150	4+500	Izquierdo	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color rojizo.	A-7-5 (16)	100	100	100	100	99	99	92	91	87	81	62	12	37.9			
20/01/12	22/01/12	47	93	0-30	4+600	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3			
20/01/12	22/01/12	47	94	30-95	4+600	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café oscuro.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1			
20/01/12	22/01/12	47	95	95-150	4+600	Derecho	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color rojizo.	A-7-5 (16)	100	100	100	100	99	99	92	91	87	81	62	12	37.9			
20/01/12	22/01/12	48	96	0-23	4+700	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3			
20/01/12	22/01/12	48	97	23-65	4+700	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-5 (0)	100	97	94	85	77	60	43	41	37	35	52	10	18.0			
20/01/12	22/01/12	48	98	65-110	4+700	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café oscuro.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1			
20/01/12	22/01/12	48	99	110-150	4+700	L C	Suelo limoso de alta plasticidad. Color café oscuro.	A-5 (4)	100	100	100	100	100	100	100	99	85	68	52	1	21.4			
20/01/12	22/01/12	49	100	0-15	4+800	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3			
20/01/12	22/01/12	49	101	15-80	4+800	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café oscuro.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1			
20/01/12	22/01/12	49	102	80-150	4+800	Izquierdo	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color rojizo.	A-7-5 (1)	100	97	93	84	76	59	43	42	39	36	59	14	28.6			
20/01/12	22/01/12	50	103	0-20	4+900	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3			
20/01/12	22/01/12	50	104	20-150	4+900	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color morado.	A-2-5 (0)	100	97	94	85	77	60	43	41	37	35	52	10	18.0			
20/01/12	22/01/12	51	105	0-21	5+000	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3			
20/01/12	22/01/12	51	106	21-150	5+000	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color amarillo.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1			
20/01/12	22/01/12	52	107	0-40	5+100	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3			
20/01/12	22/01/12	52	108	40-80	5+100	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1			
20/01/12	22/01/12	52	109	80-150	5+100	Derecho	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color rojizo.	A-7-5 (16)	100	100	100	100	99	99	92	91	87	81	62	12	37.9			
20/01/12	22/01/12	53	110	0-55	5+200	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3			
20/01/12	22/01/12	53	111	55-150	5+200	Izquierdo	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color rojizo.	A-7-5 (16)	100	100	100	100	99	99	92	91	87	81	62	12	37.9			
20/01/12	22/01/12	54	112	0-25	5+300	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3			
20/01/12	22/01/12	54	113	25-60	5+300	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-5 (0)	100	97	94	85	77	60	43	41	37	35	52	10	18.0			
20/01/12	22/01/12	54	114	60-150	5+300	L C	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color rojizo.	A-7-5 (16)	100	100	100	100	99	99	92	91	87	81	62	12	37.9			
20/01/12	22/01/12	55	115	0-40	5+400	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-a (0)	100	94	84	65	55	36	22	18	13	10	37	6	23.7			
20/01/12	22/01/12	55	116	40-150	5+400	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-5 (0)	100	97	94	85	77	60	43	41	37	35	52	10	18.0			
20/01/12	22/01/12	56	117	0-22	5+500	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-a (0)	100	94	84	65	55	36	22	18	13	10	37	6	23.7			
20/01/12	22/01/12	56	118	22-150	5+500	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-5 (0)	100	97	94	85	77	60	43	41	37	35	52	10	18.0			
21/01/12	25/01/12	57	119	0-100	5+600	L C	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color rojizo.	A-7-5 (1)	100	97	93	84	76	59	43	42	39	36	59	14	28.6			
21/01/12	25/01/12	57	120	100-150	5+600	L C	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color café.	A-7-5 (8)	100	100	99	97	96	89	72	70	64	57	59	14	30.7			
21/01/12	25/01/12	58	121	0-110	5+700	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-5 (0)	100	97	94	85	77	60	43	41	37	35	52	10	18.0			
21/01/12	25/01/12	58	122	110-150	5+700	Derecho	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color rojizo.	A-7-5 (1)	100	97	93	84	76	59	43	42	39	36	59	14	28.6			



ESTUDIO GEOTECNICO
RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE MUESTRAS DE SONDEOS EN LINEA

Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	No. Sondeo	No. Muestra	Profundidad (cm)	Estacion	Ubicación	Descripción	Clasificación H.R.B.	Granulometria (% que Pasa)										Límites		H. Nat. (%)
									3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.200	L.L	I.P	
21/01/12	25/01/12	59	123	0-30	5+800	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	59	124	30-150	5+800	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-5 (0)	100	97	94	85	77	60	43	41	37	35	52	10	18.0
21/01/12	25/01/12	60	125	0-20	5+900	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	60	126	20-70	5+900	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café claro.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1
21/01/12	25/01/12	60	127	70-110	5+900	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color amarillo.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	60	128	110-150	5+900	Derecho	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color gris.	A-7-5 (5)	100	100	100	98	97	90	69	65	57	48	53	14	40.8
21/01/12	25/01/12	61	129	0-50	6+000	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	96	86	69	60	43	28	22	21	17	38	8	19.9
21/01/12	25/01/12	61	130	50-100	6+000	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color crema.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1
21/01/12	25/01/12	61	131	100-150	6+000	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-5 (0)	100	97	94	85	77	60	43	41	37	35	52	10	18.0
21/01/12	25/01/12	62	132	0-70	6+100	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-2-4 (0)	100	96	86	69	60	43	28	22	21	17	38	8	19.9
21/01/12	25/01/12	62	133	70-150	6+100	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-5 (0)	100	97	94	85	77	60	43	41	37	35	52	10	18.0
21/01/12	25/01/12	63	134	0-40	6+200	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	63	135	40-60	6+200	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café claro.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1
21/01/12	25/01/12	63	136	60-80	6+200	Derecho	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color rojizo.	A-7-5 (16)	100	100	100	100	99	99	92	91	87	81	62	12	37.9
21/01/12	25/01/12	63	137	80-150	6+200	Derecho	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color amarillo.	A-7-5 (8)	100	100	99	97	96	89	72	70	64	57	59	14	30.7
21/01/12	25/01/12	64	138	0-20	6+300	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	64	139	20-50	6+300	L C	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color amarillo.	A-7-5 (8)	100	100	99	97	96	89	72	70	64	57	59	14	30.7
21/01/12	25/01/12	64	140	50-150	6+300	L C	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color gris.	A-7-5 (5)	100	100	100	98	97	90	69	65	57	48	53	14	40.8
21/01/12	25/01/12	65	141	0-15	6+400	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	65	142	15-90	6+400	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1
21/01/12	25/01/12	65	143	90-110	6+400	Izquierdo	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color gris.	A-7-5 (5)	100	100	100	98	97	90	69	65	57	48	53	14	40.8
21/01/12	25/01/12	65	144	110-150	6+400	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color crema.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1
21/01/12	25/01/12	66	145	0-20	6+500	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	66	146	20-70	6+500	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1
21/01/12	25/01/12	66	147	70-150	6+500	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café claro.	A-2-5 (0)	100	97	94	85	77	60	43	41	37	35	52	10	18.0
21/01/12	25/01/12	67	148	0-15	6+600	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	67	149	15-60	6+600	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-a (0)	100	94	84	65	55	36	22	18	13	10	37	6	23.7
21/01/12	25/01/12	67	150	60-100	6+600	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-5 (0)	100	97	94	85	77	60	43	41	37	35	52	10	18.0
21/01/12	25/01/12	67	151	100-150	6+600	L C	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color rojizo.	A-7-5 (16)	100	100	100	100	99	99	92	91	87	81	62	12	37.9
21/01/12	25/01/12	68	152	0-20	6+700	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	68	153	20-90	6+700	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-5 (0)	100	97	94	85	77	60	43	41	37	35	52	10	18.0
21/01/12	25/01/12	68	154	90-150	6+700	Izquierdo	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color gris.	A-7-5 (5)	100	100	100	98	97	90	69	65	57	48	53	14	40.8
21/01/12	25/01/12	69	155	0-20	6+800	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	69	156	20-70	6+800	Derecho	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color café claro.	A-7-5 (8)	100	100	99	97	96	89	72	70	64	57	59	14	30.7
21/01/12	25/01/12	69	157	70-150	6+800	Derecho	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color gris.	A-7-5 (5)	100	100	100	98	97	90	69	65	57	48	53	14	40.8



ESTUDIO GEOTECNICO
RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE MUESTRAS DE SONDEOS EN LINEA

Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	No. Sondeo	No. Muestra	Profundidad (cm)	Estacion	Ubicación	Descripción	Clasificación H.R.B.	Granulometria (% que Pasa)										Límites		H. Nat. (%)
									3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.200	L.L.	I.P.	
21/01/12	25/01/12	70	158	0-25	6+900	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-a (0)	100	94	84	65	55	36	22	18	13	10	37	6	23.7
21/01/12	25/01/12	70	159	25-80	6+900	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café oscuro.	A-1-a (0)	100	94	84	65	55	36	22	18	13	10	37	6	23.7
21/01/12	25/01/12	70	160	80-150	6+900	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color gris.	A-2-5 (0)	100	97	94	85	77	60	43	41	37	35	52	10	18.0
21/01/12	25/01/12	71	161	0-30	7+000	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	71	162	30-70	7+000	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café oscuro.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1
21/01/12	25/01/12	71	163	70-150	7+000	Izquierdo	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color rojizo.	A-7-5 (1)	100	97	93	84	76	59	43	42	39	36	59	14	28.6
21/01/12	25/01/12	72	164	0-40	7+100	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	72	165	40-100	7+100	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café oscuro.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1
21/01/12	25/01/12	72	166	100-150	7+100	Derecho	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color gris.	A-7-5 (5)	100	100	100	98	97	90	69	65	57	48	53	14	40.8
21/01/12	25/01/12	73	167	0-60	7+200	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	73	168	60-150	7+200	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color gris.	A-2-5 (0)	100	97	94	85	77	60	43	41	37	35	52	10	18.0
21/01/12	25/01/12	74	169	0-70	7+300	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-4 (0)	100	96	86	69	60	43	28	22	21	17	38	8	19.9
21/01/12	25/01/12	74	170	70-110	7+300	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-2-4 (0)	100	88	80	71	61	48	39	31	22	17	37	9	14.1
21/01/12	25/01/12	74	171	110-150	7+300	Izquierdo	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color amarillo.	A-7-5 (8)	100	100	99	97	96	89	72	70	64	57	59	14	30.7
21/01/12	25/01/12	75	172	0-15	7+400	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	75	173	15-35	7+400	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café oscuro.	A-2-4 (0)	100	88	80	71	61	48	39	31	22	17	37	9	14.1
21/01/12	25/01/12	75	174	35-150	7+400	Derecho	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color amarillo.	A-7-5 (8)	100	100	99	97	96	89	72	70	64	57	59	14	30.7
21/01/12	25/01/12	76	175	0-20	7+500	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	76	176	20-65	7+500	L C	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color café oscuro.	A-7-5 (8)	100	100	99	97	96	89	72	70	64	57	59	14	30.7
21/01/12	25/01/12	76	177	65-150	7+500	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color amarillo.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1
21/01/12	25/01/12	77	178	0-13	7+600	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-2-4 (0)	100	88	80	71	61	48	39	31	22	17	37	9	14.1
21/01/12	25/01/12	77	179	13-45	7+600	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café oscuro.	A-1-a (0)	100	94	84	65	55	36	22	18	13	10	37	6	23.7
21/01/12	25/01/12	77	180	45-110	7+600	Izquierdo	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color rgris.	A-7-5 (1)	100	97	93	84	76	59	43	42	39	36	59	14	28.6
21/01/12	25/01/12	77	180-A	110-150	7+600	Izquierdo	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/01/12	25/01/12	78	181	0-25	7+700	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café oscuro.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	78	182	25-150	7+700	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color amarillo.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1
21/01/12	25/01/12	79	183	0-30	7+800	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	79	184	30-110	7+800	L C	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color amarillo.	A-7-5 (8)	100	100	99	97	96	89	72	70	64	57	59	14	30.7
21/01/12	25/01/12	79	184-A	110-150	7+800	L C	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/01/12	25/01/12	80	185	0-20	7+900	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	80	186	20-150	7+900	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color amarillo.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1
21/01/12	25/01/12	81	187	0-13	8+000	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	81	188	13-30	8+000	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	88	80	71	61	48	39	31	22	17	37	9	14.1
21/01/12	25/01/12	81	189	30-56	8+000	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color amarillo.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1
21/01/12	25/01/12	81	190	56-150	8+000	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café oscuro.	A-2-4 (0)	100	96	86	69	60	43	28	22	21	17	38	8	19.9
21/01/12	25/01/12	82	191	0-34	8+100	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	96	86	69	60	43	28	22	21	17	38	8	19.9



ESTUDIO GEOTECNICO
RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE MUESTRAS DE SONDEOS EN LINEA

Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	No. Sondeo	No. Muestra	Profundidad (cm)	Estacion	Ubicación	Descripción	Clasificación H.R.B.	Granulometria (% que Pasa)								Límites		H. Nat. (%)		
									3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.200		L.L	I.P
21/01/12	25/01/12	82	192	34-80	8+100	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-4 (0)	100	88	80	71	61	48	39	31	22	17	37	9	14.1
21/01/12	25/01/12	82	192-A	80-150	8+100	L C	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/01/12	25/01/12	83	193	0-30	8+200	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-1-a (0)	100	94	84	65	55	36	22	18	13	10	37	6	23.7
21/01/12	25/01/12	83	194	30-150	8+200	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1
21/01/12	25/01/12	84	195	0-12	8+300	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-5 (0)	100	97	94	85	77	60	43	41	37	35	52	10	18.0
21/01/12	25/01/12	84	196	12-150	8+300	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café.	A-2-5 (0)	100	100	94	86	76	60	45	42	35	29	45	9	16.1
21/01/12	25/01/12	85	197	0-30	8+400	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-1-b (0)	100	98	90	80	69	53	41	33	24	18	37	7	12.3
21/01/12	25/01/12	85	198	30-60	8+400	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	88	80	71	61	48	39	31	22	17	37	9	14.1
21/01/12	25/01/12	85	199	60-120	8+400	L C	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color amarillo.	A-7-5 (8)	100	100	99	97	96	89	72	70	64	57	59	14	30.7
21/01/12	25/01/12	85	199-A	120-150	8+400	L C	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/01/12	25/01/12	86	200	0-40	8+500	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-4 (0)	100	96	86	69	60	43	28	22	21	17	38	8	19.9
21/01/12	25/01/12	86	201	40-150	8+500	Izquierdo	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color amarillo.	A-7-5 (5)	100	100	100	98	97	90	69	65	57	48	53	14	40.8
22/01/12	28/01/12	87	202	0-23	8+600	Derecho	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	87	203	23-53	8+600	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	87	204	53-150	8+600	Derecho	Grava areno-arcillosa de alta plasticidad. Color café.	A-2-7 (0)	100	91	86	73	68	47	29	24	15	10	41	13	18.6
22/01/12	28/01/12	88	205	0-25	8+700	Izquierdo	Grava areno-arcillosa de alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-7 (0)	100	91	86	73	68	47	29	24	15	10	41	13	18.6
22/01/12	28/01/12	88	206	25-115	8+700	Izquierdo	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	88	207	115-150	8+700	Izquierdo	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café.	A-2-5 (0)	100	100	96	87	82	63	43	30	19	12	46	8	14.0
22/01/12	28/01/12	89	208	0-14	8+800	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	89	209	14-60	8+800	L C	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	89	210	60-122	8+800	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	89	210-A	122-150	8+800	L C	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/12	28/01/12	90	211	0-20	8+900	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	90	212	20-110	8+900	Izquierdo	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	90	212-A	110-150	8+900	Izquierdo	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/12	28/01/12	91	213	0-15	9+000	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color morado.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	91	214	15-40	9+000	Derecho	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	91	215	40-88	9+000	Derecho	Grava areno-arcillosa de alta plasticidad. Color café oscuro.	A-2-7 (0)	100	91	86	73	68	47	29	24	15	10	41	13	18.6
22/01/12	28/01/12	91	215-A	88-150	9+000	Derecho	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/12	28/01/12	92	216	0-30	9+100	L C	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	92	217	30-75	9+100	L C	Grava areno-arcillosa de alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-7 (0)	100	91	86	73	68	47	29	24	15	10	41	13	18.6
22/01/12	28/01/12	92	217-A	75-150	9+100	L C	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/12	28/01/12	93	218	0-45	9+200	Izquierdo	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	93	219	45-150	9+200	Izquierdo	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color verde claro.	A-7-5 (6)	100	100	100	100	98.7	94	77.8	73	59	48	49	18	20.2
22/01/12	28/01/12	94	220	0-60	9+300	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE MUESTRAS DE SONDEOS EN LINEA

Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	No. Sondeo	No. Muestra	Profundidad (cm)	Estacion	Ubicación	Descripción	Clasificación H.R.B.	Granulometria (% que Pasa)								Límites		H. Nat. (%)		
									3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.200		L.L	I.P
22/01/12	28/01/12	94	221	60-90	9+300	Derecho	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color cafe.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	94	221-A	90-150	9+300	Derecho	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/12	28/01/12	95	222	0-20	9+400	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	95	223	20-68	9+400	L C	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	95	224	68-110	9+400	L C	Grava areno-arcillosa de alta plasticidad. Color amarillo.	A-2-7 (0)	100	91	86	73	68	47	29	24	15	10	41	13	18.6
22/01/12	28/01/12	95	224-A	110-150	9+400	L C	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/12	28/01/12	96	225	0-40	9+500	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	96	226	40-90	9+500	Izquierdo	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color amarillo.	A-7-5 (6)	100	100	100	100	98.7	94	77.8	73	59	48	49	18	20.2
22/01/12	28/01/12	96	227	90-150	9+500	Izquierdo	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color rojizo.	A-7-5 (5)	100	100	100	98	97	92	74	71	58	42	56	20	28.6
22/01/12	28/01/12	97	228	0-87	9+600	Derecho	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color cafe.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	97	228-A	87-150	9+600	Derecho	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/12	28/01/12	98	229	0-150	9+700	Izquierdo	Grava areno-arc. de media-alta plast.. Color cafe. Nivel frático a 97 cm de prof.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	99	230	0-91	9+800	L C	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color cafe.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	99	230-A	91-150	9+800	L C	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/12	28/01/12	100	231	0-70	9+900	Derecho	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color cafe.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	100	231-A	70-150	9+900	Derecho	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/12	28/01/12	101	232	0-46	10+000	Izquierdo	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color cafe.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	101	232-A	46-150	10+000	Izquierdo	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/12	28/01/12	102	233	0-30	10+100	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	102	234	30-104	10+100	L C	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color gris.	A-7-5 (6)	100	100	100	100	98.7	94	77.8	73	59	48	49	18	20.2
22/01/12	28/01/12	102	235	104-150	10+100	L C	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color rojizo.	A-7-5 (5)	100	100	100	98	97	92	74	71	58	42	56	20	28.6
22/01/12	28/01/12	103	236	0-26	10+200	Izquierdo	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color cafe.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	103	237	26-110	10+200	Izquierdo	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color rojizo.	A-7-5 (6)	100	100	100	100	98.7	94	77.8	73	59	48	49	18	20.2
22/01/12	28/01/12	103	238	110-150	10+200	Izquierdo	Grava areno-arcillosa de alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-7 (0)	100	91	86	73	68	47	29	24	15	10	41	13	18.6
22/01/12	28/01/12	104	239	0-30	10+300	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	104	240	30-90	10+300	Derecho	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color cafe claro.	A-7-5 (6)	100	100	100	100	98.7	94	77.8	73	59	48	49	18	20.2
22/01/12	28/01/12	104	241	90-150	10+300	Derecho	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color cafe.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	105	242	0-30	10+400	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	105	243	30-90	10+400	L C	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color cafe.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	105	244	90-150	10+400	L C	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color cafe.	A-7-5 (6)	100	100	100	100	98.7	94	77.8	73	59	48	49	18	20.2
22/01/12	28/01/12	106	245	0-20	10+500	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	106	246	20-80	10+500	Izquierdo	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color cafe.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	106	246-A	80-150	10+500	Izquierdo	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/12	28/01/12	107	247	0-15	10+600	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	107	248	15-80	10+600	Derecho	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color cafe.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4



ESTUDIO GEOTECNICO
RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE MUESTRAS DE SONDEOS EN LINEA

Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	No. Sondeo	No. Muestra	Profundidad (cm)	Estacion	Ubicación	Descripción	Clasificación H.R.B.	Granulometría (% que Pasa)								Límites		H. Nat. (%)		
									3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.200		L.L	I.P
22/01/12	28/01/12	107	249	80-150	10+600	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	108	250	0-80	10+700	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	108	250-A	80-150	10+700	L C	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/12	28/01/12	109	251	0-70	10+800	Izquierdo	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color cafe.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	109	251-A	70-150	10+800	Izquierdo	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/12	28/01/12	110	252	0-20	10+900	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	110	253	20-40	10+900	Derecho	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	110	254	40-100	10+900	Derecho	Grava areno-arcillosa de alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-7 (0)	100	91	86	73	68	47	29	24	15	10	41	13	18.6
22/01/12	28/01/12	110	254-A	100-150	10+900	Derecho	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/12	28/01/12	111	255	0-15	11+000	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	111	256	15-53	11+000	L C	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	111	256-A	53-150	11+000	L C	Pedraplenado y filtración de agua.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/12	28/01/12	112	257	0-15	11+100	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	112	258	15-30	11+100	Izquierdo	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	112	259	30-70	11+100	Izquierdo	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color gris.	A-7-5 (6)	100	100	100	100	98.7	94	77.8	73	59	48	49	18	20.2
22/01/12	28/01/12	112	260	70-150	11+100	Izquierdo	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color crema.	A-7-5 (6)	100	100	100	100	98.7	94	77.8	73	59	48	49	18	20.2
22/01/12	28/01/12	113	261	0-10	11+200	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	113	262	10-45	11+200	Derecho	Grava areno-arcillosa de alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-7 (0)	100	91	86	73	68	47	29	24	15	10	41	13	18.6
22/01/12	28/01/12	113	263	45-95	11+200	Derecho	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color amarillo.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	113	263-A	95-150	11+200	Derecho	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/12	28/01/12	114	264	0-60	11+300	L C	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	114	265	60-150	11+300	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	115	266	0-12	11+400	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	115	267	12-150	11+400	Izquierdo	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	116	268	0-75	11+500	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	116	268-A	75--150	11+500	Derecho	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/12	28/01/12	117	269	0-15	11+600	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	117	270	15-150	11+600	Izquierdo	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	118	271	0-12	11+700	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	118	272	12-24	11+700	L C	Grava areno-arcillosa de alta plasticidad. Color verdezo.	A-2-7 (0)	100	91	86	73	68	47	29	24	15	10	41	13	18.6
22/01/12	28/01/12	118	273	24-70	11+700	L C	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4
22/01/12	28/01/12	118	274	70-150	11+700	L C	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-5 (0)	100	100	96	87	82	63	43	30	19	12	46	8	14.0
22/01/12	28/01/12	119	275	0-20	11+800	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color verdezo.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7
22/01/12	28/01/12	119	276	20-58	11+800	Izquierdo	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4



ESTUDIO GEOTECNICO
RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE MUESTRAS DE SONDEOS EN LINEA

Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	No. Sondeo	No. Muestra	Profundidad (cm)	Estacion	Ubicación	Descripción	Clasificación H.R.B.	Granulometria (% que Pasa)								Límites		H. Nat. (%)			
									3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.200		L.L	I.P	
22/01/12	28/01/12	119	276-A	58--150	11+800	Izquierdo	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23/01/12	30/01/12	120	277	0-70	11+900	Derecho	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color cafe.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4	
23/01/12	30/01/12	120	277-A	70-150	11+900	Derecho	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23/01/12	30/01/12	121	278	0-96	12+000	L C	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color cafe.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4	
23/01/12	30/01/12	121	278-A	96-150	12+000	L C	Pedraplen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23/01/12	30/01/12	122	279	0-150	12+100	Izquierdo	Grava areno-arc. de media-alta plast.. Color rojizo. <u>Nivel frático a 43 cm de prof.</u>	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4	
23/01/12	30/01/12	123	280	0-15	12+200	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7	
23/01/12	30/01/12	123	281	15-70	12+200	Derecho	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4	
23/01/12	30/01/12	123	282	70-150	12+200	Derecho	Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color crema.	A-7-5 (6)	100	100	100	100	98.7	94	77.8	73	59	48	49	18	20.2	
23/01/12	30/01/12	124	283	0-15	12+300	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café claro.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7	
23/01/12	30/01/12	124	284	15-45	12+300	L C	Grava areno-arcillosa de alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-7 (0)	100	91	86	73	68	47	29	24	15	10	41	13	18.6	
23/01/12	30/01/12	124	285	45-150	12+300	L C	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color amarillo.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4	
23/01/12	30/01/12	125	286	0-50	12+400	Izquierdo	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4	
23/01/12	30/01/12	125	287	50-150	12+400	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7	
23/01/12	30/01/12	126	288	0-20	12+500	Derecho	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7	
23/01/12	30/01/12	126	289	20-150	12+500	Derecho	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4	
23/01/12	30/01/12	127	290	0-150	12+600	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7	
23/01/12	30/01/12	128	291	0-35	12+700	Izquierdo	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color café.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7	
23/01/12	30/01/12	128	292	35-150	12+700	Izquierdo	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4	
23/01/12	30/01/12	129	293	0-25	12+800	Derecho	Grava areno-arcillosa de alta plasticidad. Color verdozo.	A-2-7 (0)	100	91	86	73	68	47	29	24	15	10	41	13	18.6	
23/01/12	30/01/12	129	294	25-70	12+800	Derecho	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4	
23/01/12	30/01/12	129	295	70-150	12+800	Derecho	Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-5 (0)	100	100	96	87	82	63	43	30	19	12	46	8	14.0	
23/01/12	30/01/12	130	296	0-25	12+900	L C	Grava areno-limosa de media-alta plasticidad. Color verdozo.	A-2-4 (0)	100	95	91	77	69	50	34	28	19	12	39	10	14.7	
23/01/12	30/01/12	130	297	25-150	12+900	L C	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color rojizo.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4	
23/01/12	30/01/12	131	298	0-150	13+000	Izquierdo	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color cafe.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4	
23/01/12	30/01/12	132	299	0-150	13+100	Derecho	Grava areno-arcillosa de media-alta plasticidad. Color cafe.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4	
23/01/12	30/01/12	133	300	0-150	13+200	L C	Grava areno-arcillosa de media-alta plast.. Color rojizo.	A-2-6 (0)	100	94	87	71	59	41	27	23	16	11	40	11	15.4	

Tabla 33
Resultados de Ensayes de Suelo Cemento Banco La Laguna

No. espécimen	1	2	3	4	5	6
% de cemento	4		6		8	
Fecha de elaboración	30/07/2012		30/07/2012		30/07/2012	
Fecha de ensayo	06/08/2012		06/08/2012		06/08/2012	
Edad (Días)	7		7		7	
Altura cilindro (cm)	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6
Diámetro cilindro (cm)	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1
Área (cm ²)	80.12	80.12	80.12	80.12	80.12	80.12
Peso (gr)	1523	1615	1470	1494	1549	1510
Volumen (cm ³)	929	929	929	929	929	929
P V Humedo (Kg/m ³)	1639	1738	1582	1608	1667	1625
P V. Seco (Kg/m ³)	1354	1436	1310	1331	1380	1345
Max. Carga (Kgf)	626	644	796	844	925	971
Resist. a la compresión (Kg/cm ²)	7.8	8	9.9	10.5	11.5	12.1
Resist. a la compresión (PSI)	111.1	114.3	141.3	149.7	164.2	172.3
Resist. promedio (Kg/cm ²)	7.9		10.2		11.8	
Resist. promedio (PSI)	112.7		145.5		168.3	
Dosificación (Bolsas cemento/m ³)	1.35		2.03		2.71	

Fuente: Ensayes de Laboratorio.

Tabla 34
Resultados de Ensayos de Suelo Cemento Banco La Laguna

No. espécimen	7	8	9	10	11	12
% de	4		6		8	
Fecha de elaboración	30/07/2012		30/07/2012		30/07/2012	
Fecha de ensayo	13/08/2012		13/08/2012		13/08/2012	
Edad (Días)	14		14		14	
Altura cilindro (cm)	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6
Diámetro cilindro (cm)	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1
Área (cm ²)	80.12	80.12	80.12	80.12	80.12	80.12
Peso (gr)	1550	1560	1570	1580	1540	1555
Volumen (cm ³)	929	929	929	929	929	929
P V Humedo (Kg/m ³)	1668	1679	1689	1700	1657	1673
P V. Seco (Kg/m ³)	1381	1390	1399	1403	1372	1385
Max. Carga (Kgf)	911	898	1088	1102	1189	1201
Resist. a la compresión (Kg/cm ²)	11.4	11.2	13.6	13.7	14.8	15
Resist. a la compresión (PSI)	161.7	159.4	193.2	195.6	211	213.2
Resist. promedio (Kg/cm ²)	11.3		13.7		14.9	
Resist. promedio (PSI)	160.6		194.4		212.1	

Fuente: Ensayes de Laboratorio

Tabla 35
Resultados de Ensayos de Suelo Cemento Banco La Laguna

No. espécimen	13	14	15	16	17	18
% de	4		6		8	
Fecha de elaboración	30/07/2012		30/07/2012		30/07/2012	
Fecha de ensayo	27/08/2012		27/08/2012		27/08/2012	
Edad (Días)	28		28		28	
Altura cilindro (cm)	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6
Diámetro cilindro (cm)	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1
Área (cm ²)	80.12	80.12	80.12	80.12	80.12	80.12
Peso (gr)	1560	1535	1530	1560	1545	1563
Volumen (cm ³)	929	929	929	929	929	929
P V Humedo (Kg/m ³)	1679	1652	1646	1679	1662	1682
P V. Seco (Kg/m ³)	1390	1370	1363	1390	1376	1392
Max. Carga (Kgf)	998	989	1180	1188	1315	1351
Resist. a la compresión (Kg/cm ²)	12.5	12.3	14.7	14.8	16.4	16.9
Resist. a la compresión (PSI)	177.1	175.5	209.4	210.9	233.5	239.9
Resist. promedio (Kg/cm ²)	12.4		14.8		16.6	
Resist. promedio (PSI)	176.3		210.2		236.7	

Fuente: Ensayes de Laboratorio.



"EMPALME EL PORTILLO - EL CUA"
ESTUDIO GEO-TECNICO



SONDEO EN BANCOS DE MATERIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO Y LIMITES DE ATTERBERG
METODO DE ENSAYO: AASHTO T 11, 27 - T 88, T 89 & T 90.

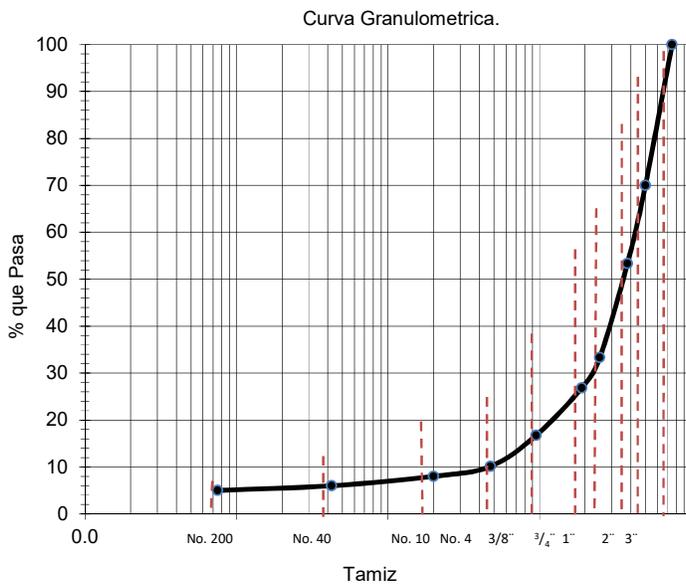
Banco DARIO GURDIAN				Fecha de muestreo	
Procedencia: Est. 12+100	Lado: Izquierdo	Sondeo No: 01	Muestra No: 02	04-feb-12	E. Sánchez
Profundidad (cm): 25 - 300	Descripción: Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color café.			Fecha de ensayo	
				26-feb-12	R. Amador

PESO DE MUESTRA PARA GRANULOMETRIA	
Identificación de Tara: A-30	Peso de Tara = 0.0 gr
Material húmedo sucio = 19766.0 gr	

CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MUESTRA	
Identificación de Tara: A-1	Peso de Tara = 1.0 gr
Tara + Material húmedo = 442.5 gr	w = 6.1%
Tara + Material seco = 417.2 gr	

Tamiz		Retenido Acumulativo	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	ESPECIFICACION		LIMITES DE ATTERBERG	
pulg.	mm				Limite Inferior	Limite Superior	LIMITE LIQUIDO	
3"	75.0	0.0	0.0	100	100.0	100.0	15 golpes	L.Liquido = 46
2"	50.0	5932.0	30.0	70	70.0	100.0	Id. Tara: E- 8	P. Tara = 21.20
1 1/2"	38.1	9224.0	46.7	53	60.0	100.0	T+M.h = 38.50	w = 49.1%
1"	25.0	13184.0	66.7	33	46.0	90.0	T+M.s = 32.80	
3/4"	19.0	14461.0	73.2	27	40.0	70.0	25 golpes	L.Liquido = 47
3/8"	9.50	16457.0	83.3	17	30.0	60.0	Id. Tara: E- 17	P. Tara = 21.20
No. 4	4.75	17765.0	89.9	10	20.0	45.0	T+M.h = 39.90	w = 47.2%
No. 10	2.00	18184.7	92.0	8	10.0	15.0	T+M.s = 33.90	
No. 40	0.425	18580.0	94.0	6	5.0	15.0	35 golpes	L.Liquido = 47
No. 200	0.075	18777.7	95.0	5	LIMITE PLASTICO		Id. Tara: E- 7	P. Tara = 21.30

Id. Tara: E- 7	P. Tara = 21.30	T+M.h = 39.40	w = 44.8%
T+M.h = 39.10		T+M.s = 33.80	
T+M.s = 34.40		LIMITE LIQUIDO = 47	
Id. Tara: E- 20	P. Tara = 21.00	INDICE PLASTICO = 10	
T+M.h = 39.10		CLASIFICACION DE SUELOS	
T+M.s = 34.20	w = 37.1%	A-2-5 (0)	
Módulo de Plásticidad = 60			





"EMPALME EL PORTILLO - EL CUA"
ESTUDIO GEO-TECNICO



SONDEO EN BANCOS DE MATERIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO Y LIMITES DE ATTERBERG
METODO DE ENSAYO: AASHTO T 11, 27 - T 88, T 89 & T 90.

Banco DARIO GURDIAN				Fecha de muestreo	
Procedencia: Est. 12+100	Lado: Izquierdo	Sondeo No: 02	Muestra No: 01	04-feb-12	E. Sánchez
Profundidad (cm): 0 - 35		Descripción: Material de Descapote		Fecha de ensayo	
				26-feb-12	R. Amador

PESO DE MUESTRA PARA GRANULOMETRIA

Identificación de Tara: A-30	Peso de Tara = 0.0 gr
Material húmedo sucio = 11718.0 gr	

CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MUESTRA

Identificación de Tara: A-1	Peso de Tara = 1.0 gr
Tara + Material humedo = 164.8 gr	w = 5.9%
Tara + Material seco = 155.7 gr	

Tamiz		Retenido Acumulativo	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	ESPECIFICACION		LIMITES DE ATTERBERG	
pulg.	mm				Limite Inferior	Limite Superior	LIMITE LIQUIDO	
3"	75.0	0.0	0.0	100	100.0	100.0	15 golpes	L.Liquido = 36
2"	50.0	1029.0	8.8	91	70.0	100.0	Id. Tara: E- 2	P. Tara = 21.20
1 1/2"	38.1	3069.0	26.2	74	60.0	100.0	T+M.h = 42.20	w = 38.2%
1"	25.0	4901.0	41.8	58	46.0	90.0	T+M.s = 36.40	
3/4"	19.0	6181.0	52.7	47	40.0	70.0	25 golpes	L.Liquido = 36
3/8"	9.50	8147.0	69.5	30	30.0	60.0	Id. Tara: E- 3	P. Tara = 21.30
No. 4	4.75	9034.0	77.1	23	20.0	45.0	T+M.h = 41.90	w = 36.4%
No. 10	2.00	9491.6	81.0	19	10.0	15.0	T+M.s = 36.40	
No. 40	0.425	10194.7	87.0	13	5.0	15.0	35 golpes	L.Liquido = 36
No. 200	0.075	10663.4	91.0	9	LIMITE PLASTICO		Id. Tara: E- 4	P. Tara = 21.00

Id. Tara: E- 6	P. Tara = 21.20	T+M.h = 41.30	w = 34.4%
T+M.h = 40.60	w = 27.6%	T+M.s = 36.10	
T+M.s = 36.40			LIMITE LIQUIDO = 36
Id. Tara: E- 11	P. Tara = 21.10	INDICE PLASTICO = 9	
T+M.h = 39.70	w = 27.4%	CLASIFICACION DE SUELOS	
T+M.s = 35.70		A-2-4 (0)	
Módulo de Plásticidad = 117			



"EMPALME EL PORTILLO - EL CUA"
ESTUDIO GEO-TECNICO



SONDEO EN BANCOS DE MATERIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO Y LIMITES DE ATTERBERG
METODO DE ENSAYO: AASHTO T 11, 27 - T 88, T 89 & T 90.

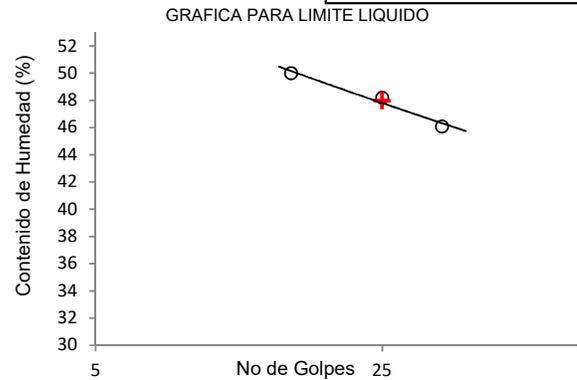
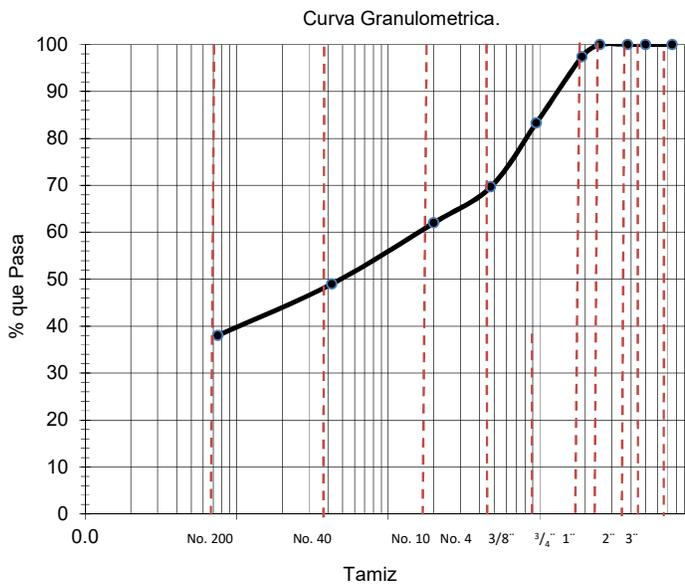
Banco DARIO GURDIAN				Fecha de muestreo	
Procedencia: Est. 12+100	Lado: Izquierdo	Sondeo No: 02	Muestra No: 02	04-feb-12	E. Sánchez
Profundidad (cm): 35 - 300		Descripción: Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color café claro.		Fecha de ensayo	
				27-feb-12	R. Amador

PESO DE MUESTRA PARA GRANULOMETRIA	
Identificación de Tara: A-30	Peso de Tara = 0.0 gr
Material húmedo sucio = 10724.0 gr	

CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MUESTRA	
Identificación de Tara: A-1	Peso de Tara = 1.0 gr
Tara + Material húmedo = 476.9 gr	w = 8.4%
Tara + Material seco = 439.9 gr	

Tamiz		Retenido Acumulativo	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	ESPECIFICACION		LIMITES DE ATTERBERG	
pulg.	mm				Limite Inferior	Limite Superior	LIMITE LIQUIDO	
3"	75.0	0.0	0.0	100	100.0	100.0	15 golpes	L.Liquido = 47
2"	50.0	0.0	0.0	100	70.0	100.0	Id. Tara: E- 18	P. Tara = 21.10
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	100	60.0	100.0	T+M.h = 39.70	w = 50.0%
1"	25.0	0.0	0.0	100	46.0	90.0	T+M.s = 33.50	
3/4"	19.0	280.0	2.6	97	40.0	70.0	25 golpes	L.Liquido = 48
3/8"	9.50	1792.0	16.7	83	30.0	60.0	Id. Tara: E- 14	P. Tara = 21.50
No. 4	4.75	3253.0	30.3	70	20.0	45.0	T+M.h = 38.10	w = 48.2%
No. 10	2.00	4075.1	38.0	62	10.0	15.0	T+M.s = 32.70	
No. 40	0.425	5469.2	51.0	49	5.0	15.0	35 golpes	L.Liquido = 48
No. 200	0.075	6648.9	62.0	38	LIMITE PLASTICO		Id. Tara: E- 2	P. Tara = 21.20

Id. Tara: E- 1	P. Tara = 21.20	T+M.h = 38.00	w = 46.1%
T+M.h = 41.90		T+M.s = 32.70	
T+M.s = 36.90		LIMITE LIQUIDO = 48	
Id. Tara: E- 24	P. Tara = 21.40	INDICE PLASTICO = 16	
T+M.h = 41.00		CLASIFICACION DE SUELOS	
T+M.s = 36.30	w = 31.5%	A-7-5 (2)	
Módulo de Plásticidad = 784			





"EMPALME EL PORTILLO - EL CUA"
ESTUDIO GEO-TECNICO



SONDEO EN BANCOS DE MATERIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO Y LIMITES DE ATTERBERG
METODO DE ENSAYO: AASHTO T 11, 27 - T 88, T 89 & T 90.

Banco DARIO GURDIAN				Fecha de muestreo	
Procedencia: Est. 12+100	Lado: Izquierdo	Sondeo No: 03	Muestra No: 01	14-feb-12	E. Sánchez
Profundidad (cm): 0 - 40	Descripción: Material de Descapote			Fecha de ensayo	
				28-feb-12	R. Amador

PESO DE MUESTRA PARA GRANULOMETRIA

Identificación de Tara: A-30	Peso de Tara = 0.0 gr
Material húmedo sucio = 11718.0 gr	

CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MUESTRA

Identificación de Tara: A-1	Peso de Tara = 1.0 gr
Tara + Material humedo = 164.8 gr	w = 5.9%
Tara + Material seco = 155.7 gr	

Tamiz		Retenido Acumulativo	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	ESPECIFICACION		LIMITES DE ATTERBERG	
pulg.	mm				Limite Inferior	Limite Superior	LIMITE LIQUIDO	
3"	75.0	0.0	0.0	100	100.0	100.0	15 golpes	L.Liquido = 36
2"	50.0	1029.0	8.8	91	70.0	100.0	Id. Tara: E- 2	P. Tara = 21.20
1 1/2"	38.1	3069.0	26.2	74	60.0	100.0	T+M.h = 42.20	w = 38.2%
1"	25.0	4901.0	41.8	58	46.0	90.0	T+M.s = 36.40	
3/4"	19.0	6181.0	52.7	47	40.0	70.0	25 golpes	L.Liquido = 36
3/8"	9.50	8147.0	69.5	30	30.0	60.0	Id. Tara: E- 3	P. Tara = 21.30
No. 4	4.75	9034.0	77.1	23	20.0	45.0	T+M.h = 41.90	w = 36.4%
No. 10	2.00	9491.6	81.0	19	10.0	15.0	T+M.s = 36.40	
No. 40	0.425	10194.7	87.0	13	5.0	15.0	35 golpes	L.Liquido = 36
No. 200	0.075	10663.4	91.0	9	LIMITE PLASTICO		Id. Tara: E- 4	P. Tara = 21.00

Id. Tara: E- 6	P. Tara = 21.20	T+M.h = 41.30	w = 34.4%
T+M.h = 40.60	w = 27.6%	T+M.s = 36.10	
T+M.s = 36.40			LIMITE LIQUIDO = 36
Id. Tara: E- 11	P. Tara = 21.10	INDICE PLASTICO = 9	
T+M.h = 39.70	w = 27.4%	CLASIFICACION DE SUELOS	
T+M.s = 35.70		A-2-4 (0)	
Módulo de Plásticidad = 117			



"EMPALME EL PORTILLO - EL CUA"
ESTUDIO GEO-TECNICO



SONDEO EN BANCOS DE MATERIALES

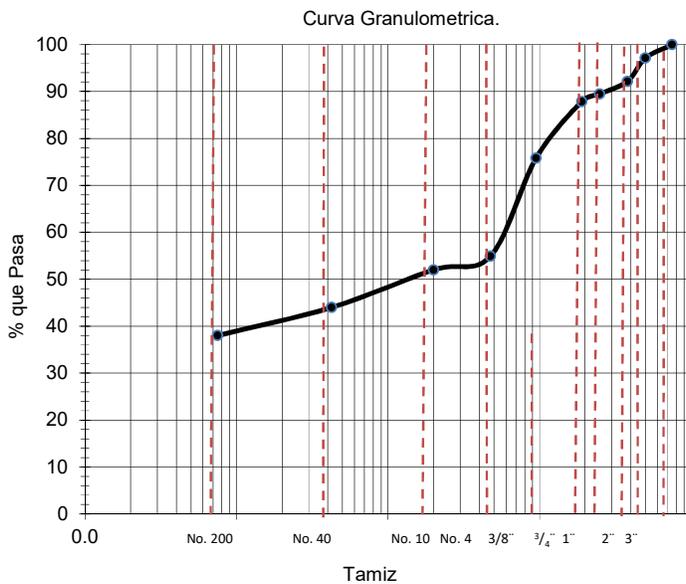
ANALISIS GRANULOMETRICO Y LIMITES DE ATTERBERG
METODO DE ENSAYO: AASHTO T 11, 27 - T 88, T 89 & T 90.

Banco DARIO GURDIAN				Fecha de muestreo	
Procedencia: Est. 12+100	Lado: Izquierdo	Sondeo No: 03	Muestra No: 02	14-feb-12	E. Sánchez
Profundidad (cm): 40 - 300	Descripción: Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color café.			Fecha de ensayo	
				28-feb-12	R. Amador

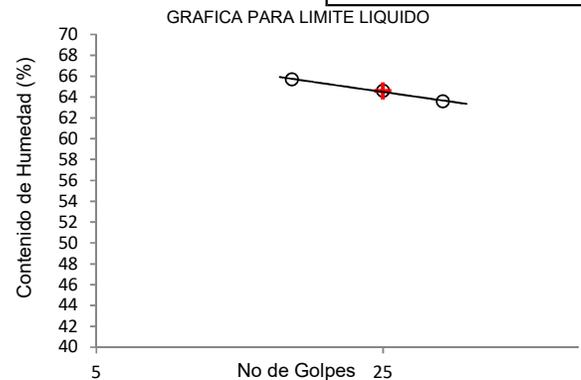
PESO DE MUESTRA PARA GRANULOMETRIA	
Identificación de Tara: A-30	Peso de Tara = 0.0 gr
Material húmedo sucio = 8294.0 gr	

CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MUESTRA	
Identificación de Tara: A-1	Peso de Tara = 1.0 gr
Tara + Material húmedo = 343.5 gr	w = 13.8%
Tara + Material seco = 301.9 gr	

Tamiz		Retenido Acumulativo	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	ESPECIFICACION		LIMITES DE ATTERBERG	
pulg.	mm				Limite Inferior	Limite Superior	LIMITE LIQUIDO	
3"	75.0	0.0	0.0	100	100.0	100.0	15 golpes	L.Liquido = 62
2"	50.0	240.0	2.9	97	70.0	100.0	Id. Tara: E- 2	P. Tara = 21.20
1 1/2"	38.1	651.0	7.8	92	60.0	100.0	T+M.h = 37.60	w = 65.7%
1"	25.0	873.0	10.5	89	46.0	90.0	T+M.s = 31.10	
3/4"	19.0	1010.0	12.2	88	40.0	70.0	25 golpes	L.Liquido = 65
3/8"	9.50	2007.0	24.2	76	30.0	60.0	Id. Tara: E- 21	P. Tara = 21.30
No. 4	4.75	3738.0	45.1	55	20.0	45.0	T+M.h = 39.90	w = 64.6%
No. 10	2.00	3981.1	48.0	52	10.0	15.0	T+M.s = 32.60	
No. 40	0.425	4644.6	56.0	44	5.0	15.0	35 golpes	L.Liquido = 66
No. 200	0.075	5142.3	62.0	38	LIMITE PLASTICO		Id. Tara: E- 5	P. Tara = 21.10



Id. Tara: E- 6	P. Tara = 21.20	T+M.h = 38.60	w = 63.6%
T+M.h = 41.70		T+M.s = 31.80	
T+M.s = 35.50		LIMITE LIQUIDO = 65	
Id. Tara: E- 17	P. Tara = 21.10	INDICE PLASTICO = 21	
T+M.h = 41.40		CLASIFICACION DE SUELOS	
T+M.s = 35.10	w = 45.0%	A-7-5 (4)	
Módulo de Plásticidad = 924			





"EMPALME EL PORTILLO - EL CUA"
ESTUDIO GEO-TECNICO



SONDEO EN BANCOS DE MATERIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO Y LIMITES DE ATTERBERG
METODO DE ENSAYO: AASHTO T 11, 27 - T 88, T 89 & T 90.

Banco DARIO GURDIAN					Fecha de muestreo			
Procedencia: Est. 12+100		Lado: Izquierdo	Sondeo No: 04	Muestra No: 01	14-feb-12	E. Sánchez		
Profundidad (cm): 0 - 40		Descripción: Material de Descapote			Fecha de ensayo			
					28-feb-12	R. Amador		
PESO DE MUESTRA PARA GRANULOMETRIA					CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MUESTRA			
Identificación de Tara: A-30		Peso de Tara = 0.0 gr			Identificación de Tara: A-1		Peso de Tara = 1.0 gr	
Material húmedo sucio = 11718.0 gr				Tara + Material humedo = 164.8 gr		w = 5.9%		
				Tara + Material seco = 155.7 gr				
Tamiz		Retenido Acumulativo	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	ESPECIFICACION		LIMITES DE ATTERBERG	
pulg.	mm				Limite Inferior	Limite Superior	LIMITE LIQUIDO	
3"	75.0	0.0	0.0	100	100.0	100.0	15 golpes	L.Liquido = 36
2"	50.0	1029.0	8.8	91	70.0	100.0	Id. Tara: E- 2	P. Tara = 21.20
1 1/2"	38.1	3069.0	26.2	74	60.0	100.0	T+M.h = 42.20	w = 38.2%
1"	25.0	4901.0	41.8	58	46.0	90.0	T+M.s = 36.40	
3/4"	19.0	6181.0	52.7	47	40.0	70.0	25 golpes	L.Liquido = 36
3/8"	9.50	8147.0	69.5	30	30.0	60.0	Id. Tara: E- 3	P. Tara = 21.30
No. 4	4.75	9034.0	77.1	23	20.0	45.0	T+M.h = 41.90	w = 36.4%
No. 10	2.00	9491.6	81.0	19	10.0	15.0	T+M.s = 36.40	
No. 40	0.425	10194.7	87.0	13	5.0	15.0	35 golpes	L.Liquido = 36
No. 200	0.075	10663.4	91.0	9	LIMITE PLASTICO		Id. Tara: E- 4	P. Tara = 21.00
					Id. Tara: E- 6	P. Tara = 21.20	T+M.h = 41.30	w = 34.4%
					T+M.h = 40.60	w = 27.6%	T+M.s = 36.10	
					T+M.s = 36.40		LIMITE LIQUIDO = 36	
					Id. Tara: E- 11	P. Tara = 21.10	INDICE PLASTICO = 9	
					T+M.h = 39.70	w = 27.4%	CLASIFICACION DE SUELOS	
					T+M.s = 35.70		A-2-4 (0)	
					Módulo de Plásticidad = 117			



"EMPALME EL PORTILLO - EL CUA"
ESTUDIO GEO-TECNICO



SONDEO EN BANCOS DE MATERIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO Y LIMITES DE ATTERBERG

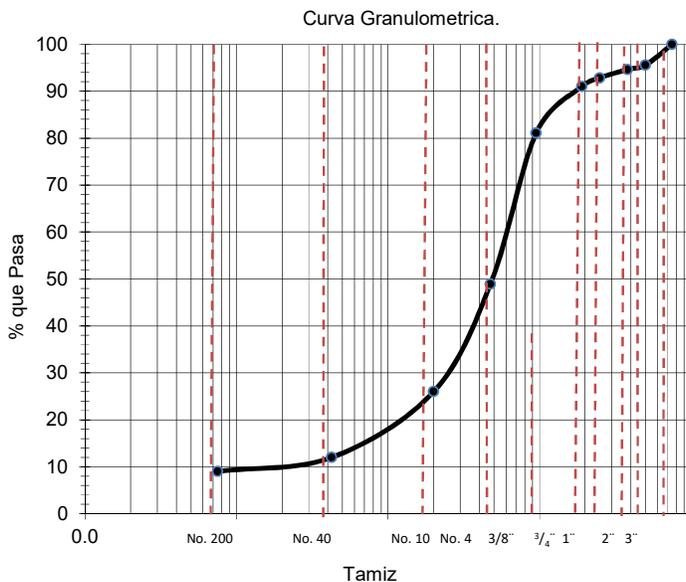
METODO DE ENSAYO: AASHTO T 11, 27 - T 88, T 89 & T 90.

Banco DARIO GURDIAN				Fecha de muestreo	
Procedencia: Est. 12+100	Lado: Izquierdo	Sondeo No: 04	Muestra No: 02	14-feb-12	E. Sánchez
Profundidad (cm): 40 - 280		Descripción: Grava areno-arcillosa de alta plasticidad. Color café.		Fecha de ensayo	
				28-feb-12	R. Amador

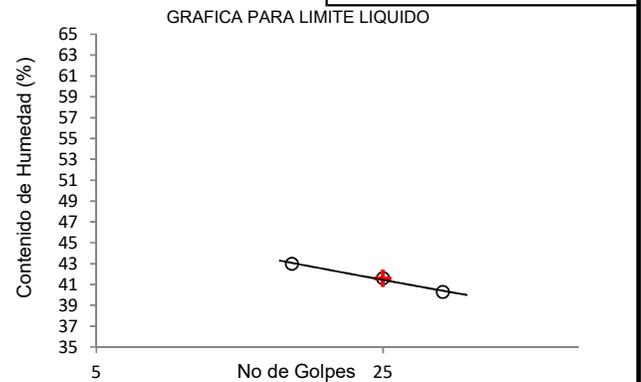
PESO DE MUESTRA PARA GRANULOMETRIA	
Identificación de Tara: A-30	Peso de Tara = 0.0 gr
Material húmedo sucio = 8603.0 gr	

CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MUESTRA	
Identificación de Tara: A-1	Peso de Tara = 1.0 gr
Tara + Material húmedo = 364.9 gr	w = 4.0%
Tara + Material seco = 351.0 gr	

Tamiz pulg.	mm	Retenido Acumulativo	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	ESPECIFICACION		LIMITES DE ATTERBERG	
					Limite Inferior	Limite Superior	LIMITE LIQUIDO	
3"	75.0	0.0	0.0	100	100.0	100.0	15 golpes	L.Liquido = 40
2"	50.0	383.0	4.5	96	70.0	100.0	Id. Tara: E- 7	P. Tara = 21.30
1 1/2"	38.1	461.0	5.4	95	60.0	100.0	T+M.h = 40.60	w = 43.0%
1"	25.0	615.0	7.1	93	46.0	90.0	T+M.s = 34.80	
3/4"	19.0	775.0	9.0	91	40.0	70.0	25 golpes	L.Liquido = 42
3/8"	9.50	1628.0	18.9	81	30.0	60.0	Id. Tara: E- 7	P. Tara = 20.90
No. 4	4.75	4393.0	51.1	49	20.0	45.0	T+M.h = 40.30	w = 41.6%
No. 10	2.00	6366.2	74.0	26	10.0	15.0	T+M.s = 34.60	
No. 40	0.425	7570.6	88.0	12	5.0	15.0	35 golpes	L.Liquido = 42
No. 200	0.075	7828.7	91.0	9	LIMITE PLASTICO		Id. Tara: E- 19	P. Tara = 21.20



Id. Tara: E- 13	P. Tara = 21.10	T+M.h = 40.00	w = 40.3%
T+M.h = 39.50		T+M.s = 34.60	
T+M.s = 35.30			LIMITE LIQUIDO = 42
Id. Tara: E- 21	P. Tara = 21.30		INDICE PLASTICO = 11
T+M.h = 40.10			CLASIFICACION DE SUELOS A-2-7 (0)
T+M.s = 35.60			
			Módulo de Plásticidad = 132





"EMPALME EL PORTILLO - EL CUA"
ESTUDIO GEO-TECNICO



SONDEO EN BANCOS DE MATERIALES

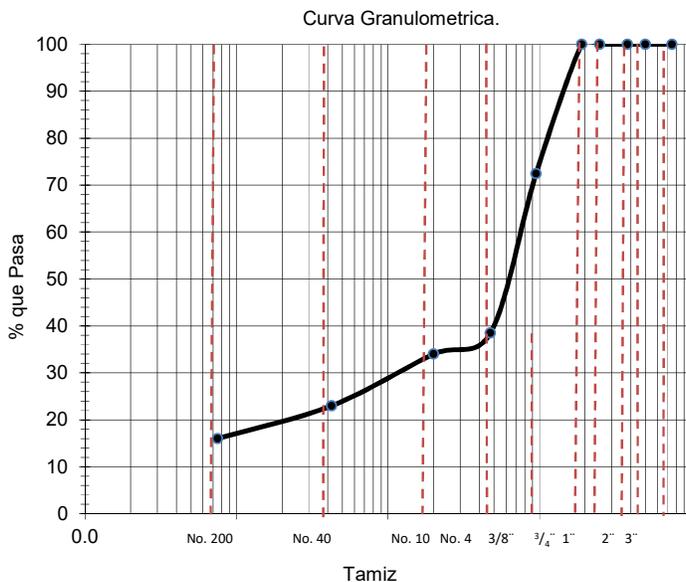
ANALISIS GRANULOMETRICO Y LIMITES DE ATTERBERG
METODO DE ENSAYO: AASHTO T 11, 27 - T 88, T 89 & T 90.

Banco DARIO GURDIAN				Fecha de muestreo	
Procedencia: Est. 12+100	Lado: Izquierdo	Sondeo No: 04	Muestra No: 03	14-feb-12	E. Sánchez
Profundidad (cm): 280 - 300				Fecha de ensayo	
Descripción: Grava areno-arcillosa de alta plasticidad. Color rojizo.				28-feb-12	R. Amador

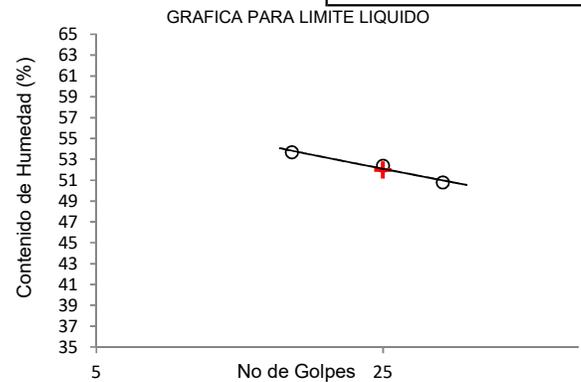
PESO DE MUESTRA PARA GRANULOMETRIA	
Identificación de Tara: A-30	Peso de Tara = 0.0 gr
Material húmedo sucio = 7228.0 gr	

CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MUESTRA	
Identificación de Tara: A-1	Peso de Tara = 1.0 gr
Tara + Material húmedo = 351.6 gr	w = 6.9%
Tara + Material seco = 329.1 gr	

Tamiz pulg.	Tamiz mm	Retenido Acumulativo	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	ESPECIFICACION		LIMITES DE ATTERBERG	
					Limite Inferior	Limite Superior	LIMITE LIQUIDO	
3"	75.0	0.0	0.0	100	100.0	100.0	15 golpes	L.Liquido = 50
2"	50.0	0.0	0.0	100	70.0	100.0	Id. Tara: E- 1	P. Tara = 21.20
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	100	60.0	100.0	T+M.h = 40.10	w = 53.7%
1"	25.0	0.0	0.0	100	46.0	90.0	T+M.s = 33.50	
3/4"	19.0	0.0	0.0	100	40.0	70.0	25 golpes	L.Liquido = 52
3/8"	9.50	1991.0	27.5	72	30.0	60.0	Id. Tara: E- 14	P. Tara = 21.10
No. 4	4.75	4444.0	61.5	39	20.0	45.0	T+M.h = 40.00	w = 52.4%
No. 10	2.00	4770.5	66.0	34	10.0	15.0	T+M.s = 33.50	
No. 40	0.425	5565.6	77.0	23	5.0	15.0	35 golpes	L.Liquido = 53
No. 200	0.075	6071.5	84.0	16	LIMITE PLASTICO		Id. Tara: E- 9	P. Tara = 21.10



Id. Tara: E- 5	P. Tara = 21.10	T+M.h = 39.80	w = 50.8%
T+M.h = 40.70		T+M.s = 33.50	
T+M.s = 35.40			LIMITE LIQUIDO = 52
Id. Tara: E- 17	P. Tara = 21.20		INDICE PLASTICO = 15
T+M.h = 38.00			CLASIFICACION DE SUELOS A-2-7 (0)
T+M.s = 33.40			
			Módulo de Plásticidad = 345





"EMPALME EL PORTILLO - EL CUA"
ESTUDIO GEO-TECNICO



SONDEO EN BANCOS DE MATERIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO Y LIMITES DE ATTERBERG
METODO DE ENSAYO: AASHTO T 11, 27 - T 88, T 89 & T 90.

Banco LA LAGUNA					Fecha de muestreo			
Procedencia: Est. 1+500		Lado: Izquierdo	Sondeo No: 01	Muestra No: 01	31-ene-12		J. Martínez	
Profundidad (cm): 0 - 5		Descripción: Material de Descapote			Fecha de ensayo			
					24-feb-12		R. Amador	
PESO DE MUESTRA PARA GRANULOMETRIA					CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MUESTRA			
Identificación de Tara: A-30		Peso de Tara = 0.0 gr			Identificación de Tara: A-1		Peso de Tara = 1.0 gr	
Material húmedo sucio = 11718.0 gr				Tara + Material humedo = 164.8 gr		w = 5.9%		
				Tara + Material seco = 155.7 gr				
Tamiz		Retenido Acumulativo	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	ESPECIFICACION		LIMITES DE ATTERBERG	
pulg.	mm				Limite Inferior	Limite Superior	LIMITE LIQUIDO	
3"	75.0	0.0	0.0	100	100.0	100.0	15 golpes	L.Liquido = 36
2"	50.0	1029.0	8.8	91	70.0	100.0	Id. Tara: E- 2	P. Tara = 21.20
1 1/2"	38.1	3069.0	26.2	74	60.0	100.0	T+M.h = 42.20	w = 38.2%
1"	25.0	4901.0	41.8	58	46.0	90.0	T+M.s = 36.40	
3/4"	19.0	6181.0	52.7	47	40.0	70.0	25 golpes	L.Liquido = 36
3/8"	9.50	8147.0	69.5	30	30.0	60.0	Id. Tara: E- 3	P. Tara = 21.30
No. 4	4.75	9034.0	77.1	23	20.0	45.0	T+M.h = 41.90	w = 36.4%
No. 10	2.00	9491.6	81.0	19	10.0	15.0	T+M.s = 36.40	
No. 40	0.425	10194.7	87.0	13	5.0	15.0	35 golpes	L.Liquido = 36
No. 200	0.075	10663.4	91.0	9	LIMITE PLASTICO		Id. Tara: E- 4	P. Tara = 21.00
					Id. Tara: E- 6	P. Tara = 21.20	T+M.h = 41.30	w = 34.4%
					T+M.h = 40.60	w = 27.6%	T+M.s = 36.10	
					T+M.s = 36.40		LIMITE LIQUIDO = 36	
					Id. Tara: E- 11	P. Tara = 21.10	INDICE PLASTICO = 9	
					T+M.h = 39.70	w = 27.4%	CLASIFICACION DE SUELOS	
					T+M.s = 35.70		A-2-4 (0)	
					Módulo de Plásticidad = 117			



"EMPALME EL PORTILLO - EL CUA"
ESTUDIO GEO-TECNICO



SONDEO EN BANCOS DE MATERIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO Y LIMITES DE ATTERBERG
METODO DE ENSAYO: AASHTO T 11, 27 - T 88, T 89 & T 90.

Banco LA LAGUNA					Fecha de muestreo			
Procedencia: Est. 1+500		Lado: Izquierdo	Sondeo No: 02	Muestra No: 01	02-feb-12	J. Martínez		
Profundidad (cm): 0 - 20		Descripción: Material de Descapote			Fecha de ensayo			
					24-feb-12	R. Amador		
PESO DE MUESTRA PARA GRANULOMETRIA					CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MUESTRA			
Identificación de Tara: A-30		Peso de Tara = 0.0 gr			Identificación de Tara: A-1		Peso de Tara = 1.0 gr	
Material húmedo sucio = 11718.0 gr				Tara + Material humedo = 164.8 gr		w = 5.9%		
				Tara + Material seco = 155.7 gr				
Tamiz		Retenido Acumulativo	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	ESPECIFICACION		LIMITES DE ATTERBERG	
pulg.	mm				Limite Inferior	Limite Superior	LIMITE LIQUIDO	
3"	75.0	0.0	0.0	100	100.0	100.0	15 golpes	L.Liquido = 36
2"	50.0	1029.0	8.8	91	70.0	100.0	Id. Tara: E- 2	P. Tara = 21.20
1 1/2"	38.1	3069.0	26.2	74	60.0	100.0	T+M.h = 42.20	w = 38.2%
1"	25.0	4901.0	41.8	58	46.0	90.0	T+M.s = 36.40	
3/4"	19.0	6181.0	52.7	47	40.0	70.0	25 golpes	L.Liquido = 36
3/8"	9.50	8147.0	69.5	30	30.0	60.0	Id. Tara: E- 3	P. Tara = 21.30
No. 4	4.75	9034.0	77.1	23	20.0	45.0	T+M.h = 41.90	w = 36.4%
No. 10	2.00	9491.6	81.0	19	10.0	15.0	T+M.s = 36.40	
No. 40	0.425	10194.7	87.0	13	5.0	15.0	35 golpes	L.Liquido = 36
No. 200	0.075	10663.4	91.0	9	LIMITE PLASTICO		Id. Tara: E- 4	P. Tara = 21.00
					Id. Tara: E- 6	P. Tara = 21.20	T+M.h = 41.30	w = 34.4%
					T+M.h = 40.60	w = 27.6%	T+M.s = 36.10	
					T+M.s = 36.40		LIMITE LIQUIDO = 36	
					Id. Tara: E- 11	P. Tara = 21.10	INDICE PLASTICO = 9	
					T+M.h = 39.70	w = 27.4%	CLASIFICACION DE SUELOS	
					T+M.s = 35.70		A-2-4 (0)	
					Módulo de Plásticidad = 117			



"EMPALME EL PORTILLO - EL CUA"
ESTUDIO GEO-TECNICO



SONDEO EN BANCOS DE MATERIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO Y LIMITES DE ATTERBERG
METODO DE ENSAYO: AASHTO T 11, 27 - T 88, T 89 & T 90.

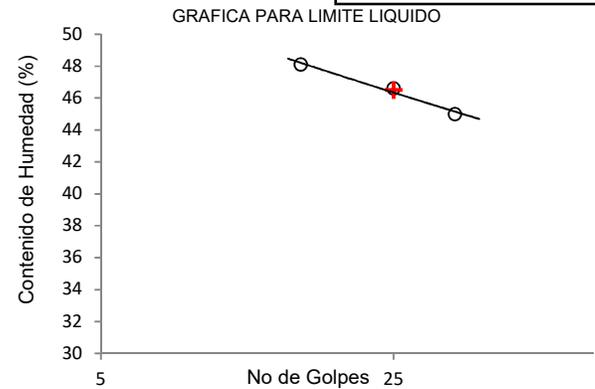
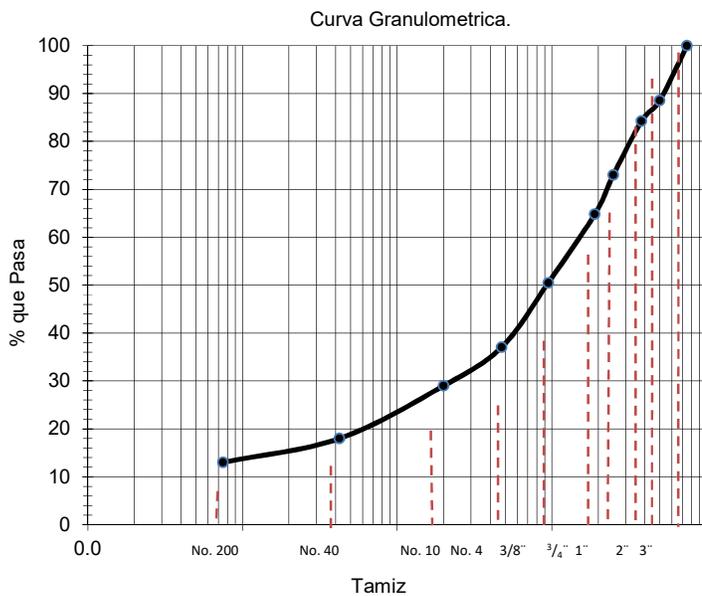
Banco LA LAGUNA				Fecha de muestreo	
Procedencia: Est. 1+500	Lado: Izquierdo	Sondeo No: 01	Muestra No: 02	31-ene-12	J. Martínez
Profundidad (cm): 5 - 300				Descripción: Grava areno-limosa de alta plasticidad. Color gris.	
				Fecha de ensayo	
				24-feb-12	R. Amador

PESO DE MUESTRA PARA GRANULOMETRIA	
Material húmedo sucio	= 18767.0 gr

CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MUESTRA	
Identificación de Tara: A-1	Peso de Tara = 1.0 gr
Tara + Material humedo = 455.1 gr	w = 10.2%
Tara + Material seco = 413.2 gr	

Tamiz		Retenido Acumulativo	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	ESPECIFICACION		LIMITES DE ATTERBERG	
pulg.	mm				Limite Inferior	Limite Superior	LIMITE LIQUIDO	
3"	75.0	0.0	0.0	100	100.0	100.0	15 golpes	L.Liquido = 45
2"	50.0	2140.0	11.4	89	70.0	100.0	Id. Tara: E- 7	P. Tara = 20.90
1 1/2"	38.1	2953.0	15.7	84	60.0	100.0	T+M.h = 44.90	w = 48.1%
1"	25.0	5065.0	27.0	73	46.0	90.0	T+M.s = 37.10	
3/4"	19.0	6601.0	35.2	65	40.0	70.0	25 golpes	L.Liquido = 47
3/8"	9.50	9286.0	49.5	51	30.0	60.0	Id. Tara: E- 17	P. Tara = 21.10
No. 4	4.75	11807.0	62.9	37	20.0	45.0	T+M.h = 42.80	w = 46.6%
No. 10	2.00	13324.6	71.0	29	10.0	15.0	T+M.s = 35.90	
No. 40	0.425	15388.9	82.0	18	5.0	15.0	35 golpes	L.Liquido = 47
No. 200	0.075	16327.3	87.0	13	LIMITE PLASTICO		Id. Tara: E- 21	P. Tara = 21.30

Id. Tara: E- 20	P. Tara = 21.00	T+M.h = 41.60	w = 45.0%
T+M.h = 40.30		T+M.s = 35.30	
T+M.s = 34.90		LIMITE LIQUIDO = 47	
Id. Tara: E- 11	P. Tara = 21.20	INDICE PLASTICO = 8	
T+M.h = 42.00		CLASIFICACION DE SUELOS	
T+M.s = 36.20		A-2-5 (0)	
Módulo de Plásticidad = 144			





"EMPALME EL PORTILLO - EL CUA"
ESTUDIO GEO-TECNICO



SONDEO EN BANCOS DE MATERIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO Y LIMITES DE ATTERBERG
METODO DE ENSAYO: AASHTO T 11, 27 - T 88, T 89 & T 90.

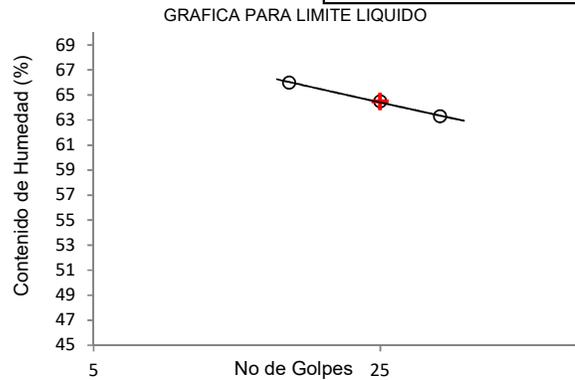
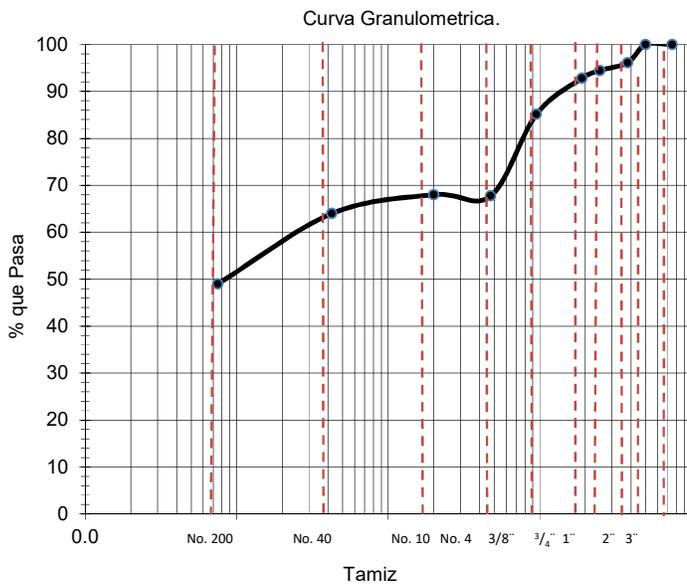
Banco LA LAGUNA				Fecha de muestreo	
Procedencia: Est. 1+500	Lado: Izquierdo	Sondeo No: 02	Muestra No: 02	02-feb-12	J. Martínez
Profundidad (cm): 20 - 300		Descripción: Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color anaranjado.		Fecha de ensayo	
				24-feb-12	R. Amador

PESO DE MUESTRA PARA GRANULOMETRIA	
Identificación de Tara: A-30	Peso de Tara = 0.0 gr
Material húmedo sucio = 7600.0 gr	

CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MUESTRA	
Identificación de Tara: A-1	Peso de Tara = 1.0 gr
Tara + Material húmedo = 426.8 gr	w = 11.4%
Tara + Material seco = 383.3 gr	

Tamiz		Retenido Acumulativo	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	ESPECIFICACION		LIMITES DE ATTERBERG	
pulg.	mm				Limite Inferior	Limite Superior	LIMITE LIQUIDO	
3"	75.0	0.0	0.0	100	100.0	100.0	15 golpes	L.Liquido = 62
2"	50.0	0.0	0.0	100	70.0	100.0	Id. Tara: E- 6	P. Tara = 21.20
1 1/2"	38.1	293.0	3.9	96	60.0	100.0	T+M.h = 37.80	w = 66.0%
1"	25.0	420.0	5.5	94	46.0	90.0	T+M.s = 31.20	
3/4"	19.0	547.0	7.2	93	40.0	70.0	25 golpes	L.Liquido = 65
3/8"	9.50	1130.0	14.9	85	30.0	60.0	Id. Tara: E- 22	P. Tara = 21.50
No. 4	4.75	2451.0	32.3	68	20.0	45.0	T+M.h = 39.60	w = 64.5%
No. 10	2.00	2432.0	32.0	68	10.0	15.0	T+M.s = 32.50	
No. 40	0.425	2736.0	36.0	64	5.0	15.0	35 golpes	L.Liquido = 66
No. 200	0.075	3876.0	51.0	49	LIMITE PLASTICO		Id. Tara: E- 17	P. Tara = 21.10

Id. Tara: E- 1	P. Tara = 21.20	T+M.h = 38.90	w = 63.3%
T+M.h = 37.70		T+M.s = 32.00	
T+M.s = 31.90		LIMITE LIQUIDO = 65	
Id. Tara: E- 13	P. Tara = 21.10	INDICE PLASTICO = 12	CLASIFICACION DE SUELOS A-7-5 (5)
T+M.h = 38.90	w = 52.1%		
T+M.s = 32.80		Módulo de Plásticidad = 768	





"EMPALME EL PORTILLO - EL CUA"
ESTUDIO GEO-TECNICO



SONDEO EN BANCOS DE MATERIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO Y LIMITES DE ATTERBERG
METODO DE ENSAYO: AASHTO T 11, 27 - T 88, T 89 & T 90.

Banco LA LAGUNA					Fecha de muestreo				
Procedencia: Est. 1+500	Lado: Izquierdo	Sondeo No: 03	Muestra No: 01	02-feb-12	J. Martínez				
Profundidad (cm): 0 - 20	Descripción: Material de Descapote			Fecha de ensayo					
				24-feb-12	R. Amador				
PESO DE MUESTRA PARA GRANULOMETRIA					CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MUESTRA				
Identificación de Tara: A-30		Peso de Tara = 0.0 gr			Identificación de Tara: A-1		Peso de Tara = 1.0 gr		
Material húmedo sucio = 11718.0 gr					Tara + Material humedo = 164.8 gr		w = 5.9%		
					Tara + Material seco = 155.7 gr				
Tamiz		Retenido Acumulativo	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	ESPECIFICACION		LIMITES DE ATTERBERG		
pulg.	mm				Limite Inferior	Limite Superior	LIMITE LIQUIDO		
3"	75.0	0.0	0.0	100	100.0	100.0	15 golpes	L.Liquido = 36	
2"	50.0	1029.0	8.8	91	70.0	100.0	Id. Tara: E- 2	P. Tara = 21.20	
1 1/2"	38.1	3069.0	26.2	74	60.0	100.0	T+M.h = 42.20	w = 38.2%	
1"	25.0	4901.0	41.8	58	46.0	90.0	T+M.s = 36.40		
3/4"	19.0	6181.0	52.7	47	40.0	70.0	25 golpes	L.Liquido = 36	
3/8"	9.50	8147.0	69.5	30	30.0	60.0	Id. Tara: E- 3	P. Tara = 21.30	
No. 4	4.75	9034.0	77.1	23	20.0	45.0	T+M.h = 41.90	w = 36.4%	
No. 10	2.00	9491.6	81.0	19	10.0	15.0	T+M.s = 36.40		
No. 40	0.425	10194.7	87.0	13	5.0	15.0	35 golpes	L.Liquido = 36	
No. 200	0.075	10663.4	91.0	9	LIMITE PLASTICO		Id. Tara: E- 4	P. Tara = 21.00	
					Id. Tara: E- 6	P. Tara = 21.20	T+M.h = 41.30	w = 34.4%	
					T+M.h = 40.60	w = 27.6%	T+M.s = 36.10		
					T+M.s = 36.40			LIMITE LIQUIDO = 36	
					Id. Tara: E- 11	P. Tara = 21.10	INDICE PLASTICO = 9		
					T+M.h = 39.70	w = 27.4%	CLASIFICACION DE SUELOS		
					T+M.s = 35.70		A-2-4 (0)		
					Módulo de Plásticidad = 117				



"EMPALME EL PORTILLO - EL CUA"
ESTUDIO GEO-TECNICO



SONDEO EN BANCOS DE MATERIALES

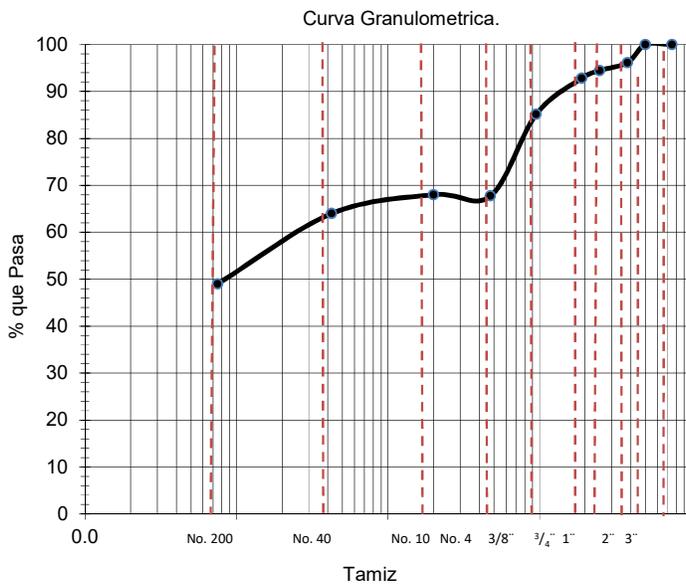
ANALISIS GRANULOMETRICO Y LIMITES DE ATTERBERG
METODO DE ENSAYO: AASHTO T 11, 27 - T 88, T 89 & T 90.

Banco LA LAGUNA				Fecha de muestreo	
Procedencia: Est. 1+500	Lado: Izquierdo	Sondeo No: 03	Muestra No: 02	02-feb-12	J. Martínez
Profundidad (cm): 20 - 300	Descripción: Suelo arcilloso de alta plasticidad. Color anaranjado.			Fecha de ensayo	
				24-feb-12	R. Amador

PESO DE MUESTRA PARA GRANULOMETRIA	
Identificación de Tara: A-30	Peso de Tara = 0.0 gr
Material húmedo sucio = 7600.0 gr	

CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MUESTRA	
Identificación de Tara: A-1	Peso de Tara = 1.0 gr
Tara + Material húmedo = 426.8 gr	w = 11.4%
Tara + Material seco = 383.3 gr	

Tamiz		Retenido Acumulativo	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	ESPECIFICACION		LIMITES DE ATTERBERG	
pulg.	mm				Limite Inferior	Limite Superior	LIMITE LIQUIDO	
3"	75.0	0.0	0.0	100	100.0	100.0	15 golpes	L.Liquido = 62
2"	50.0	0.0	0.0	100	70.0	100.0	Id. Tara: E- 6	P. Tara = 21.20
1 1/2"	38.1	293.0	3.9	96	60.0	100.0	T+M.h = 37.80	w = 66.0%
1"	25.0	420.0	5.5	94	46.0	90.0	T+M.s = 31.20	
3/4"	19.0	547.0	7.2	93	40.0	70.0	25 golpes	L.Liquido = 65
3/8"	9.50	1130.0	14.9	85	30.0	60.0	Id. Tara: E- 22	P. Tara = 21.50
No. 4	4.75	2451.0	32.3	68	20.0	45.0	T+M.h = 39.60	w = 64.5%
No. 10	2.00	2432.0	32.0	68	10.0	15.0	T+M.s = 32.50	
No. 40	0.425	2736.0	36.0	64	5.0	15.0	35 golpes	L.Liquido = 66
No. 200	0.075	3876.0	51.0	49	LIMITE PLASTICO		Id. Tara: E- 17	P. Tara = 21.10



Id. Tara: E- 1	P. Tara = 21.20	T+M.h = 38.90	w = 63.3%
T+M.h = 37.70		T+M.s = 32.00	
T+M.s = 31.90		LIMITE LIQUIDO = 65	
Id. Tara: E- 13	P. Tara = 21.10	INDICE PLASTICO = 12	
T+M.h = 38.90		CLASIFICACION DE SUELOS	
T+M.s = 32.80	w = 52.1%	A-7-5 (5)	
Módulo de Plásticidad = 768			





"EMPALME EL PORTILLO - EL CUA"
ESTUDIO GEO-TECNICO



SONDEO EN BANCOS DE MATERIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO Y LIMITES DE ATTERBERG
METODO DE ENSAYO: AASHTO T 11, 27 - T 88, T 89 & T 90.

Banco LA LAGUNA					Fecha de muestreo			
Procedencia: Est. 1+500		Lado: Izquierdo	Sondeo No: 04	Muestra No: 01	05-feb-12		J. Martínez	
Profundidad (cm): 0 - 20		Descripción: Material de Descapote			Fecha de ensayo			
					24-feb-12		R. Amador	
PESO DE MUESTRA PARA GRANULOMETRIA					CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MUESTRA			
Identificación de Tara: A-30		Peso de Tara = 0.0 gr			Identificación de Tara: A-1		Peso de Tara = 1.0 gr	
Material húmedo sucio = 11718.0 gr					Tara + Material humedo = 164.8 gr		w = 5.9%	
					Tara + Material seco = 155.7 gr			
Tamiz		Retenido Acumulativo	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	ESPECIFICACION		LIMITES DE ATTERBERG	
pulg.	mm				Limite Inferior	Limite Superior	LIMITE LIQUIDO	
3"	75.0	0.0	0.0	100	100.0	100.0	15 golpes	L.Liquido = 36
2"	50.0	1029.0	8.8	91	70.0	100.0	Id. Tara: E- 2	P. Tara = 21.20
1 1/2"	38.1	3069.0	26.2	74	60.0	100.0	T+M.h = 42.20	w = 38.2%
1"	25.0	4901.0	41.8	58	46.0	90.0	T+M.s = 36.40	
3/4"	19.0	6181.0	52.7	47	40.0	70.0	25 golpes	L.Liquido = 36
3/8"	9.50	8147.0	69.5	30	30.0	60.0	Id. Tara: E- 3	P. Tara = 21.30
No. 4	4.75	9034.0	77.1	23	20.0	45.0	T+M.h = 41.90	w = 36.4%
No. 10	2.00	9491.6	81.0	19	10.0	15.0	T+M.s = 36.40	
No. 40	0.425	10194.7	87.0	13	5.0	15.0	35 golpes	L.Liquido = 36
No. 200	0.075	10663.4	91.0	9	LIMITE PLASTICO		Id. Tara: E- 4	P. Tara = 21.00
					Id. Tara: E- 6	P. Tara = 21.20	T+M.h = 41.30	w = 34.4%
					T+M.h = 40.60	w = 27.6%	T+M.s = 36.10	
					T+M.s = 36.40		LIMITE LIQUIDO = 36	
					Id. Tara: E- 11	P. Tara = 21.10	INDICE PLASTICO = 9	
					T+M.h = 39.70	w = 27.4%	CLASIFICACION DE SUELOS	
					T+M.s = 35.70		A-2-4 (0)	
					Módulo de Plásticidad = 117			

Tabla 36
Propiedades Bancos de Materiales

No.	Nombre del Banco	CBR, %			PVS máx. kg/m ³	Hum. Opt. %	PVSS, kg/m ³	F.A. -1	D.L.A. % -2	I. A., % -3	G.E. -4	Abs. % -5
		90%	95%	100%								
1	La Laguna	20	50	80	1,468	35.4	1,039	1.41	17.6	1.5	2.497	5.4
2	Darío Gurdían	30	42	48	1,612	26.7	995	1.52	15.2	1.21	1.841	14.6
3	Las Perlitas	16	23	35	1,887	15	1,339	-				

(1) FA: Factor Abundamiento; (2) DLA: Desgaste Los Ángeles; (3) IA: Intemperismo Acelerado; (4) GE: Gravedad Específica; (5) Abs.: Absorción.

Tabla 37
Análisis Granulométrico del Material Las Perlitas

TAMIZ	3/4"	3/8"	N°4	N° 10	N° 40	N° 200
% QUE PASA	85	78	70	54	23	14

LIMITE LIQUIDO	36	INDICE DE PLASTICIDAD:	12
CLASIFICACION H.R.B	A-2-6(0)	EQUIVALENTE DE ARENA:	

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	ESTANDAR		
PESO VOLUM. SECO MAXIMO:	1,887		
HUMEDAD OPTIMA %	15.00%		

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	ASTM-D-1883		
% DE COMPACTACION	90%	95%	100%
PESO VOLUM. SECO REPRODUCIDO (KGS/M3)	1,690	1,783	1,879
C.B.R. SATURADO	16.00	23.00	35.00
HINCHAMIENTO (%)			
TIPO DE SATURACION (Horas)	96.00	96.00	96.00

Fuente: Ensayos de Laboratorio.

Tabla 38
Valor Soporte a la Resistencia de Mezcla con Cemento

DESCRIPCIÓN BANCOS	ESPECIMEN No.	MEZCLA NO.	% DE CEMENTO	AREA CM ²	CARGA KMS	CARGA DE RUPTURA		FECHA DE FABRICACION	FECHA DE RUPTURA	EDAD DIAS	HORAS DE CURADO	TEMP °C
						KGS/CM2	P.S.I					
LAS PERLITAS	1	1	4%	80.11	955	11.92	170.00	02-ago-07	04-ago-07	2	48	50
	2	2	5%	80.11	1,470	18.35	262.00	02-ago-07	04-ago-07	2	48	50
	3	3	6%	80.11	2,004	25.01	357.00	02-ago-07	04-ago-07	2	48	50

Fuente: Ensayos de Laboratorio.

ANEXO D

- 4.1** Requerimientos de un Pavimento.
- 4.2** Propiedades Físicas del Asfalto.
- 4.3** Funciones Principales Sub-Base.
- 4.4** Gráficos y Nomogramas.
- 4.5** Diagrama de Cargas Permisibles.
- 4.6** Modelo Obtenido Software EQx AASHTO 93 y WinPas
12.1.0.0
- 4.7** Especificaciones Técnicas Fabricación y Colocación de
Adoquines.

Figura 1.1

FUNCIONES CON LA QUE DEBE DE CUMPLIR UN PAVIMENTO

- a) Soportar y transmitir las cargas que se desarrollen como consecuencia del tránsito de los vehículos sobre la vía, con el fin de que no se produzcan deformaciones perjudiciales.

- b) Resistir las acciones que ejerza el clima, principalmente las lluvias, por lo que es necesario que posea un buen grado de impermeabilidad. Para lograr esto, además de tener cuidado con las características de los materiales a utilizar en las diferentes capas, se deben ejecutar obras con el fin de que el agua sobre la vía drene eficientemente y no se estanque.

- c) Soportar el desgaste producto del tránsito y del clima, presentando una superficie de rodamiento que permita una circulación vehicular ininterrumpida y de acuerdo a las especificaciones técnicas con que fue diseñada, garantizando un nivel de servicio, comodidad y seguridad adecuada para el usuario. La superficie debe ser regular transversal y longitudinalmente para evitar los brinco u oscilaciones de los vehículos y lograr un bajo nivel de ruido, además debe poseer un color que evite los reflejos y deslumbramientos a los usuarios.

- d) Ser Económico. Dado que la disponibilidad de recursos económicos es limitada, al ejecutarse un proyecto se debe velar por que sea técnica y además económicamente viable.

Figura 1.2

PROPIEDADES FÍSICAS DEL ASFALTO

a) Durabilidad: Es la medida de que tanto puede retener un asfalto sus características originales cuando es expuesto a procesos normales de degradación y envejecimiento. Es una propiedad juzgada principalmente a través del comportamiento del pavimento y por consiguiente es difícil definirlo solamente en términos de las propiedades del asfalto. Esto se debe a que el comportamiento del pavimento está afectado por el diseño de la mezcla, las características de agregado, la mano de obra en la construcción y otras variables que incluyen la misma durabilidad del asfalto. Existen pruebas rutinarias usadas para evaluar la durabilidad del asfalto.

Estas pruebas son:

- ✓ Prueba de Película Delgada en Horno (TFO)
- ✓ Prueba de Película Delgada en Horno Rotatorio (RTFO)

Ambas incluyen el calentamiento de películas delgadas de asfalto.

b) Adhesión y Cohesión: Adhesión es la capacidad del asfalto para adherirse al agregado en la mezcla para pavimentación. Cohesión es la capacidad del asfalto de mantener firmemente en su puesto, las partículas de agregado en el pavimento terminado.

El ensayo relacionado con esta propiedad es la ductilidad aunque este no mide directamente la adhesión o la cohesión, más bien, examina una propiedad del asfalto considerada por algunos como relacionada con la adhesión y la cohesión. En consecuencia, el ensayo es del tipo “califica - no califica” y solamente indica si la muestra es, o no, lo suficiente dúctil para cumplir con los requisitos mínimos.

Figura 1.3

PROPIEDADES FÍSICAS DEL ASFALTO

- c) Susceptibilidad a la Temperatura:** Los asfaltos tienen la característica de volverse más duro a medida que disminuye su temperatura, y más blandos si su temperatura aumenta. Esta característica se denomina susceptibilidad a la temperatura, la cual es una propiedad muy valiosa para los asfaltos; por eso se denominan termoplásticos.

La susceptibilidad a la temperatura varía entre asfaltos de petróleos de diferente origen, aún si los asfaltos tienen el mismo grado de consistencia. La susceptibilidad a la temperatura, se mide a través de medir la viscosidad (el ensayo a la penetración) y esta medición varía en relación a la temperatura del asfalto y del tipo de asfalto: así un asfalto si es duro se dice que es más viscoso y por el contrario si es más blando se dice que el asfalto es menos viscoso.

Es muy importante conocer la susceptibilidad a la temperatura del asfalto que va a ser utilizado, pues ella indica la temperatura adecuada a la cual se debe mezclar el asfalto con el agregado, y la temperatura a la cual se debe compactar la mezcla sobre la base de la carretera.

El asfalto debe tener fluidez a las altas temperaturas para que se puedan cubrir las partículas de agregados durante el mezclado para todos los procesos de pavimentación incluyendo el bacheo. Y también se necesita que después se vuelva lo suficientemente viscoso para mantener unidas las partículas de agregados.

- d) Endurecimiento y envejecimiento:** Los asfaltos tienden a endurecerse en la mezcla asfáltica durante la construcción y en el pavimento terminado. Esto es causado principalmente por el proceso de oxidación en el cual ocurre más fácilmente a altas temperaturas como las de la construcción.

Funciones Principales Sub-Base

- a)** Reducir los costos de un proyecto, disminuyendo el espesor de las demás capas de la estructura de pavimento, las cuales se construyen generalmente con materiales de mayor costo por tener que cumplir con mayores especificaciones.

- b)** Proteger la capa Base aislándola de los materiales que conforman la sub rasante, principalmente cuando se usan piedras trituradas en la base. previniendo la intrusión de los suelos finos ya que de no existir el aislamiento dado por el material de sub-base el material de terracería se introducirá en la base, pudiendo provocar cambios volumétricos perjudiciales al variar las condiciones de humedad, a la vez que disminuiría la resistencia estructural de la base.

- c)** Dar soporte a las capas estructurales siguientes.

- d)** Servir de capa de drenaje al pavimento, por lo tanto; el material a emplearse debe ser granular.

Tabla 56

Valores de CBR Ordenados y % de Valores

CBR 95%	CBR MENOR A MAYOR	CBR	CANTIDAD	PORCENTAJE	PORCENTIL
33	4	4	3	5	100
23	4	7	1	2	95
16	4	10	6	9	94
4	7	16	19	30	84
33	10	21	7	11	55
16	10	23	11	17	44
33	10	33	8	13	27
16	10	38	9	14	14
-	10		64	100	0
33	10				
16	16				
16	16				
16	16				
33	16				
-	16				
38	16				
16	16				
16	16				
38	16				
4	16				
38	16				
16	16				
38	16				
33	16				
16	16				
33	16				
10	16				
38	16				
16	16				
33	21				
16	21				
23	21				
16	21				
16	21				
38	21				
16	21				
16	23				
38	23				
16	23				
10	23				
38	23				
10	23				
16	23				
38	23				
23	23				
16	23				
23	23				
23	33				
10	33				
23	33				
21	33				
4	33				
-	33				
23	33				
10	33				
10	38				
21	38				
-	38				
23	38				
21	38				
-	38				
23	38				
21	38				
-	38				
23	-				
-	-				
21	-				
-	-				
23	-				
21	-				
21	-				
7	-				

Fuente: Cálculos Propios.

Tabla 40

Requisitos para Cementos Asfálticos clasificados por Viscosidad a 60°C

PRUEBA	Grado de Viscosidad					
	AC-2.5	AC-5	AC- 10	AC- 20	AC- 30	AC- 40
Viscosidad, 60° C, poises	250±50	500±100	1000±200	2000±400	3000±600	4000±800
Viscosidad, 135 °C, Cs- mínimo	125	175	250	300	350	400
Penetración, 25°C, 100g. 5s-min.	220	140	80	60	50	40
Punto de llama, Cleveland, °C -min.	163(325)	177(350)	219(425)	232(450)	232(450)	232(450)
Solubilidad en Tricloroetileno, % mín.	99	99	99	99	99	99
Pruebas sobre el residuo del ensayo TFO:						
Pérdida por calentamiento,% máximo (opcional) ¹	100	1	0.5	0.5	0.5	0.5
Viscosidad, 60 °C, poises- máximo	100 ²	200	4000	8000	12000	16000
Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm.-mínimo	100	100	75	50	40	25
Prueba de mancha (cuando y cómo se especifique) ³	Negativa para todos los grados					
Solvente normal de nafta						
Solvente de nafta-xileno, % xileno						
Solvente de heptano-xileno, % xileno						

(1) El uso del requisito de pérdida por calentamiento es opcional.

(2) Si la ductilidad es menor que 100, el material será aceptado si la ductilidad a 15.6°C tiene un valor/mínimo de 100.

(3) El uso de la prueba de mancha es opcional. El ingeniero deberá especificar el tipo de solvente usado cuando se va a utilizar la prueba, en el caso de los solventes de xileno, deberá especificar el % de xileno a ser usado

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente Serie de Manuales N° 22 (MS-22), Instituto del Asfalto.

Tabla 41
Requisitos para Cementos Asfálticos clasificados por Viscosidad
después del envejecimiento a 60°C

PRUEBAS SEGÚN AASHTO T -240	Grado de Viscosidad				
	AR ² -10	AR-20	AR-40	AR-80	AR-160
Viscosidad, 60° C, poises	1000±250	2000±500	4000±1000	8000±2000	16000±4000
Viscosidad, 135 °C, Cs- mínimo	140	200	275	400	550
Penetración, 25°C, 100g. 5s- mín.	65	40	25	20	20
% de Penetración. original, 25°C-mín.	.....	40	45	50	52
Ductilidad, 25°C, 5 cm/ min, cm-mín.	100 ²	100 ²	75	50	52
Pruebas sobre el asfalto original:		219(425)			
Punto de llama. Cleveland °C mínimo	205(400)		227(440)	232(450)	238(460)
Solubilidad en Tricloroetileno % mín.	99	99	99	99	99

(1) La abreviación AR corresponde a "Residuo envejecido"

(2) Si la ductilidad es menor que 100, el material será aceptado si la ductilidad a 15.6°C tiene un valor/mínimo de 100.

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente Serie de Manuales N° 22 (MS -22), Instituto del Asfalto.

Tabla 42

Requisitos para Cementos Asfálticos clasificados por Penetración

Prueba	Grado de Penetración									
	Mástic para sellado de juntas de concreto		Concreto asfáltico				Tratamientos superficiales			
	40-50		60-70		85-100		120-150		200-300	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Penetración a 25°C (77 °F) 100 g. 5 s	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Llama. Ensayo Cleveland °C	450	.....	450	.....	450	.....	425	.....	350	.....
Ductilidad a 25°C (77 °F) 5cm/min. Cm	100	.....	100	.....	100	.....	100	.....	.....	.....
Solubilidad en Tricloroetileno %	99	.....	99	.....	99	.....	99	.....	99	.....
Perdida por calentamiento %	.....	0.8	.....	0.8	.....	1.0	.....	1.3	.....	1.5
Penetración del residuo, % del original	58	.....	54	.....	50	.....	46	.....	40	.....
Ductilidad del residuo a 25°C. 5 cm/min. Cm	.....	.....	50	.....	75	.....	100	.....	100	.....
Prueba de mancha (cuando y cómo se especifique)	Negativa para todos los grados									
Solvente normal de nafta										
Solvente de nafta-xileno, % xileno										
Solvente de heptano-xileno, % xileno										

El uso de la prueba de mancha es opcional. El ingeniero deberá especificar el tipo de solvente usado cuando se va a utilizar la prueba, en el caso de los solventes de xileno, deberá especificar el % de xileno a ser usado.

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente Serie de Manuales N° 22 (MS-22), Instituto del Asfalto.

Tabla 45
Requisitos de la Mezcla de Concreto Asfáltico en Caliente

Parámetro de Diseño ⁽¹⁾	Clase de Mezcla		
	A	B	C
(a) Hveem (AASHTO T 246 y AASHTO T 247)			
(1) Estabilómetro, mínimo.	37	35	30
(2) Porcentaje de vacíos de aire (1)	3-5	3-5	3-5
(3) Vacíos en el agregado mineral, mínimo %	Ver tabla siguiente		
(b) Marshall (AASHTO T 245)			
(1) Estabilidad, KN mín.	8.00	5.34	4.45
(2) Flujo, 0.25 mm	8-14	8-16	8-20
(3) Porcentaje de vacíos de aire ⁽¹⁾	3-5	3-5	3-5
(4) Vacíos en el agregado mineral, mín. %	Ver tabla siguiente		
(5) Compactación, número de golpes en cada extremo del espécimen de prueba.	75	50	50
(c) Inmersión - Compresión (AASHTO T 165 y AASHTO T 167)			
(1) Resistencia a la Compresión, MPa mín.	2.1	1.7	1.4
(2) Resistencia retenida, mín. %	70	70	70
(d) Relación con Resistencia a la Tensión, mín. % (ASTM D 4867) Resistencia retenida, mín. %	70	70	70
(e) Relación polvo - asfalto ⁽²⁾	0.6 - 1.3	0.6 - 1.3	0.6 - 1.3

(1) Los porcentajes de vacíos de aire están basados en AASHTO T 166, AASHTO T 209, AASHTO T 269. La gravedad específica máxima (densidad) estará basada en AASHTO T 209.

(2) La relación polvo-asfalto es definida como el porcentaje de material que contiene aditivo para adherencia, no líquido y relleno mineral que pasa el tamiz de 75 μ , dividido entre el porcentaje de asfalto (calculado en peso de la mezcla).

Fuente: NIC-2000, Subdivisión 1000, sección 405; pág. 198.

Tabla 46
Vacíos en el Agregado Mineral
Diseño de Mezcla según los métodos Marshall y HVEEM.

Tamaño del Tamiz ⁽¹⁾	Mínimo de Vacíos ^{(2) (3)} Porcentaje	
	Marshall	Hveem
2.36 mm	21	19
4.75 mm	18	16
9.5 mm	16	14
12.5 mm	15	13
19 mm	14	12
25 mm	13	11
37.5 mm	12	10
50 mm	11.5	9.5

(1) El tamaño de tamiz más grande listado en la especificación aplicable, en el cual es permitido retener cualquier material.

(2) El VAM a ser determinado de acuerdo con el Manual MS-2 del AI.

(3) Cuando se usa relleno mineral o un aditivo no líquido para adherencia, incluyase el porcentaje especificado en el cálculo de cumplimiento con el VAM.

Fuente: NIC-2000, Subdivisión 1000, Sección 405.2; pág. 199.

Tabla 47

FACTORES EQUIVALENTE DE CARGA

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples,

Pt= 2; SN=4

TABLA DE FACTORES EQUIVALENTES

		SN = 4,0 y pt = 2		
Carga (kips)	Carga (ton)	FE(simples)	FE(dobles)	FE(triples)
2	0.91	0.0002	0.0000	0.0000
4	1.82	0.002	0.0002	0.0001
6	2.72	0.010	0.001	0.0003
8	3.63	0.033	0.003	0.0008
10	4.54	0.085	0.007	0.002
12	5.45	0.183	0.014	0.003
14	6.36	0.350	0.026	0.006
16	7.26	0.612	0.046	0.010
18	8.17	1.00	0.075	0.017
20	9.08	1.55	0.117	0.026
22	9.99	2.31	0.174	0.038
24	10.90	3.33	0.252	0.055
26	11.80	4.68	0.353	0.077
28	12.71	6.42	0.481	0.105
30	13.62	8.6	0.643	0.140
32	14.53	11.5	0.842	0.184
34	15.44	15.0	1.08	0.238
36	16.34	19.3	1.38	0.303
38	17.25	24.6	1.72	0.381
40	18.16	30.9	2.13	0.473
42	19.07	38.6	2.62	0.580
44	19.98	47.6	3.18	0.705
46	20.88	58.3	3.83	0.849
48	21.79	70.9	4.58	1.014
50	22.70	86.	5.44	1.20

Fuente: Guía para el Diseño de Estructura de Pavimento, 1993. Tabla D-1 a D-18.

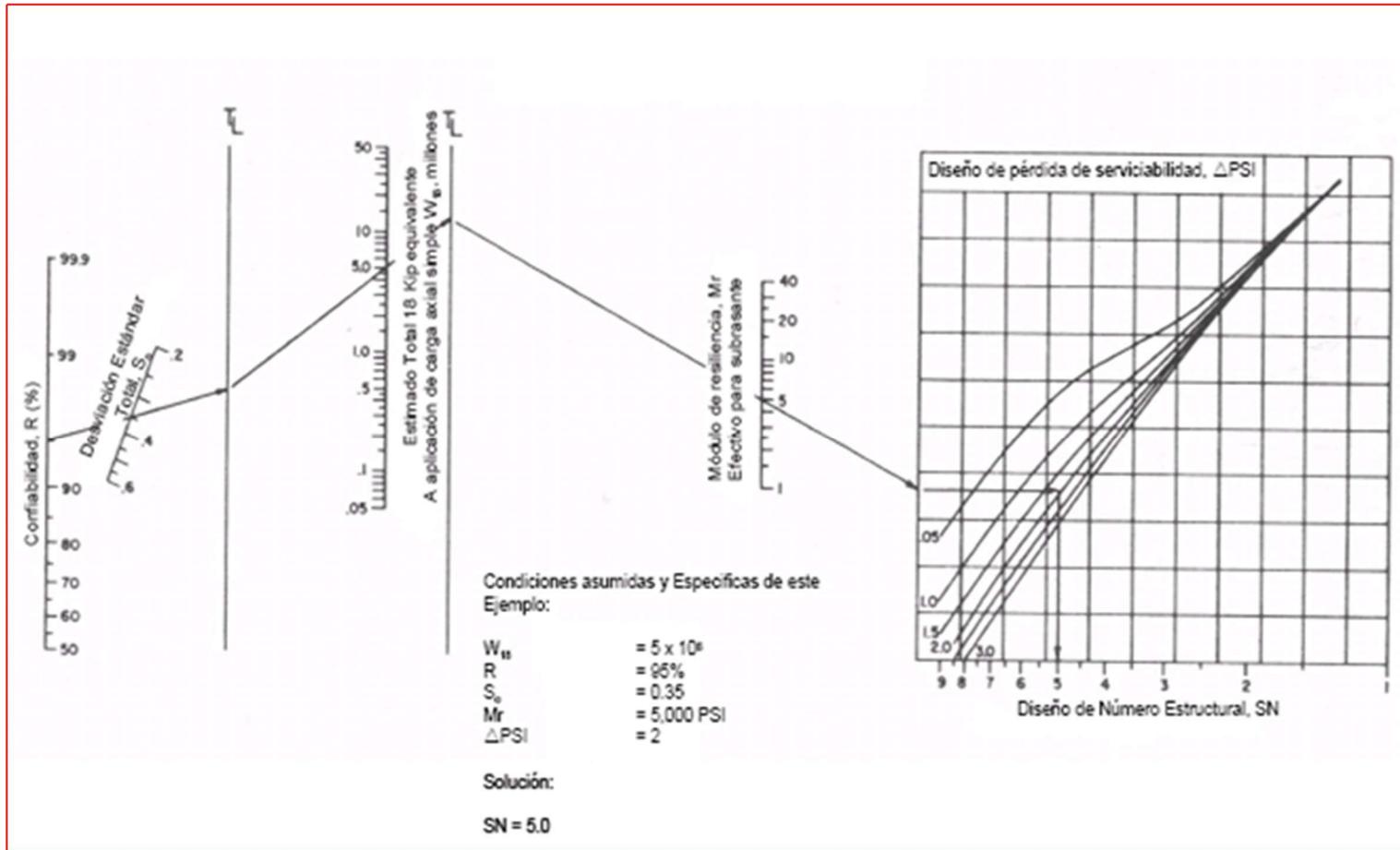
Kips = 1000 Kg = 10 kN.

Tabla 49
VALORES DE DESVIACION NORMAL ESTANDAR (ZR)

Valores de Desviación Normal Estándar (ZR) Correspondientes al Nivel Seleccionado de Confiabilidad	
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645

Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993

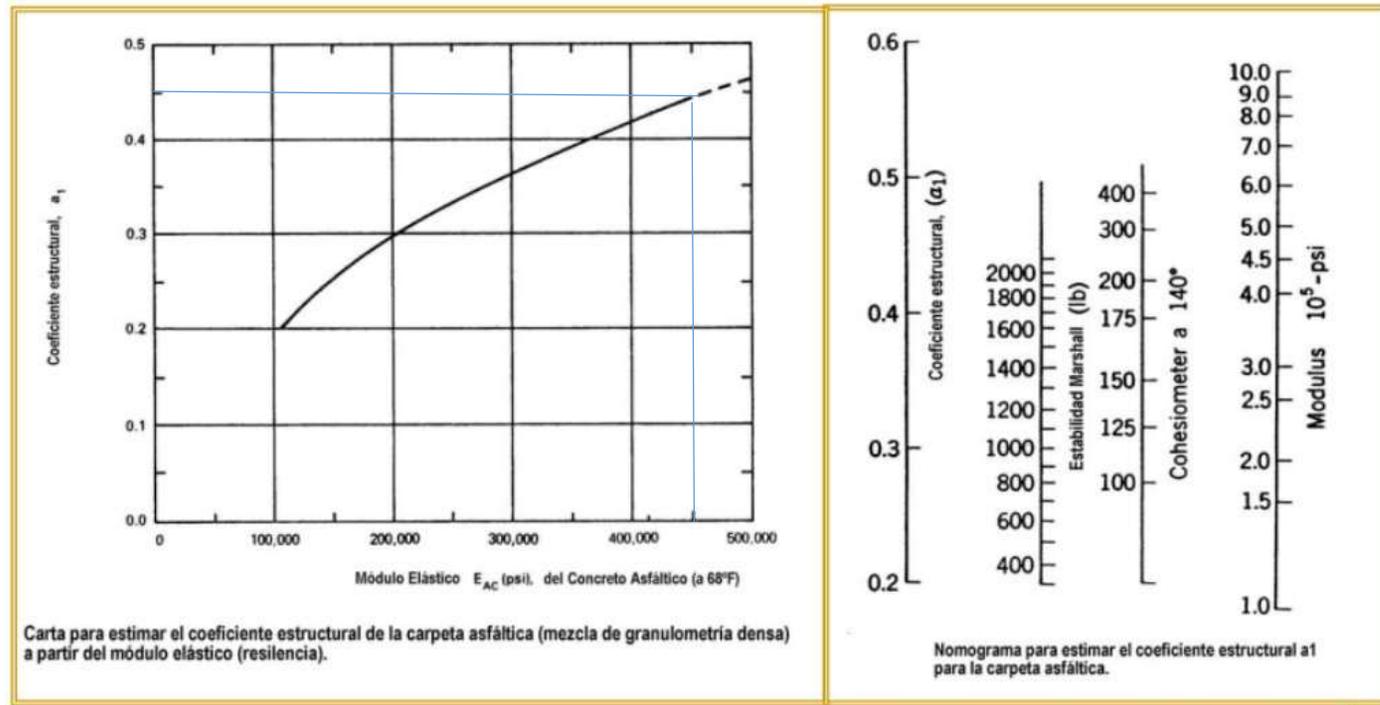
Gráfica #2 NOMOGRAMA DE PAVIMENTO FLEXIBLE



Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993.

Figura 1.4

FIGURA PARA EL CALCULO DEL COEFICIENTE a_1 PARA LA CARPETA DE RODAMIENTO

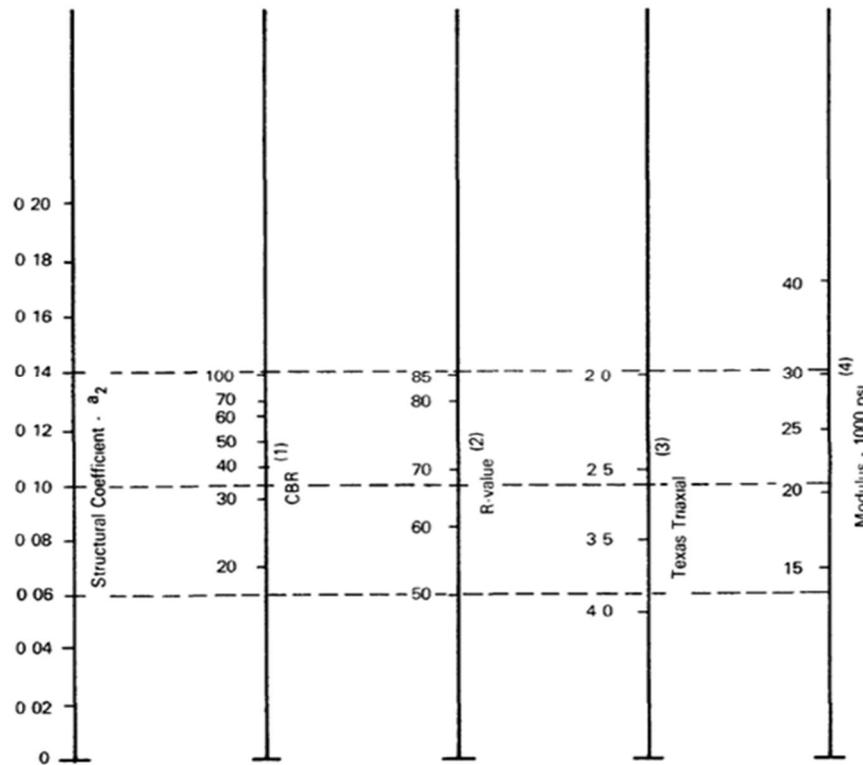


Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993.

Figura 1.5

FIGURA PARA EL CALCULO DEL COEFICIENTE a_2 PARA LA BASE GRANULAR

Variación del coeficiente a_2 con diferentes parámetros de Resistencia de la Base Granular

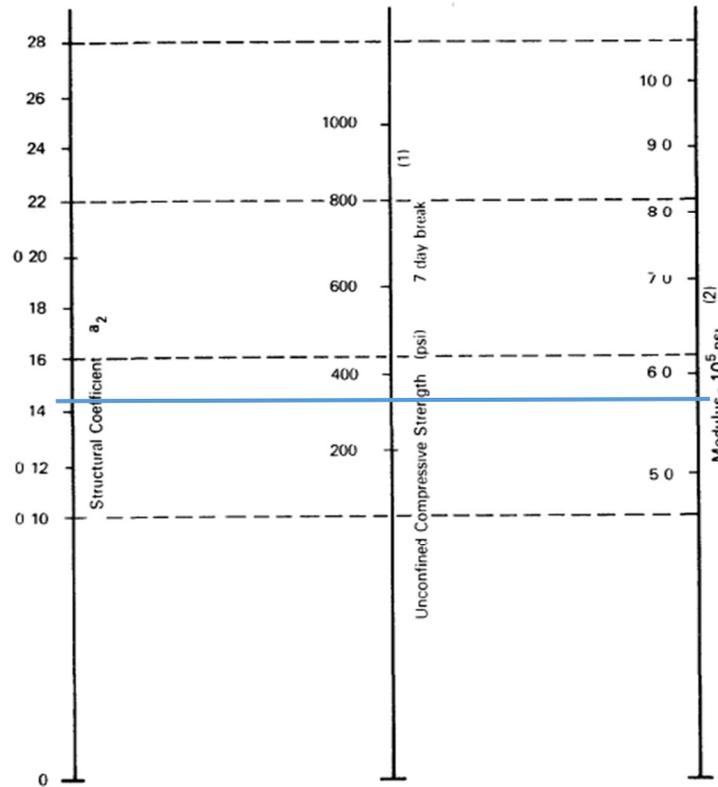


Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993.

Figura 1.6

FIGURA PARA EL CALCULO DEL COEFICIENTE a_2 PARA BASES TRATADAS CON CEMENTO.

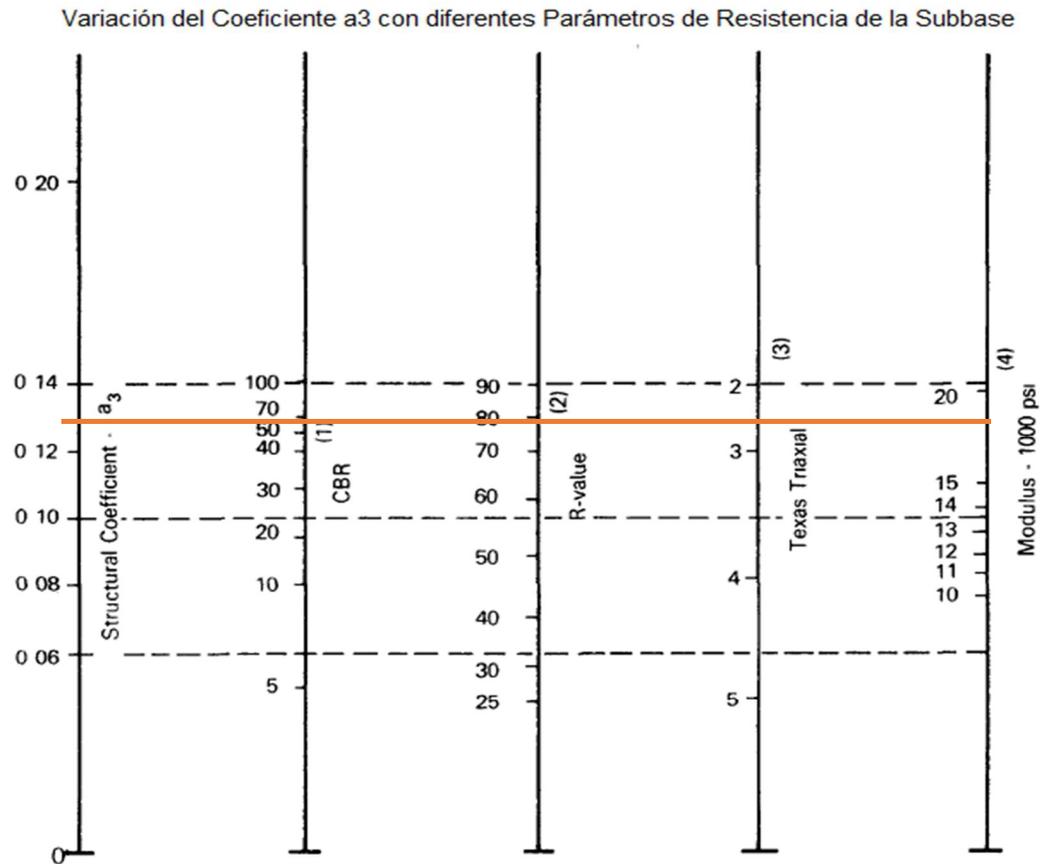
Variación del coeficiente a_2 en Bases tratadas con cemento para diferentes parámetros de Resistencia



Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993.

Figura 1.7

FIGURA PARA EL CALCULO DEL COEFICIENTE a_3 PARA LA SUB-BASE



Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1,993.

Tabla 54

DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES



REPUBLICA DE NICARAGUA
 MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
 DIRECCION GENERAL DE VIALIDAD



DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES
PESOS MAXIMOS PERMISIBLES POR TIPO DE VEHICULOS

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2		4,50	9,00					13,50
C3		5,00	16,00					21,00
			8,00	8,00				
C4		5,00	20,00					25,00
			6,67	6,66	6,66			
T2-S1		5,00	9,00	9,00				23,00
T2-S2		5,00	9,00	16,00				30,00
				8,00	8,00			
T2-S3		5,00	9,00	20,00				34,00
				6,67	6,66	6,66		
T3-S1		5,00	16,00		9,00			30,00
			8,00	8,00				
T3-S2		5,00	16,00		16,00			37,00
			8,00	8,00	8,00	8,00		
T3-S3		5,00	16,00		20,00			41,00
			8,00	8,00	6,67	6,66	6,66	
C2-R2		4,50	9,00	4.0 a	4.0 a			21,50
		4,50	9,00	6.5 b	6.5 b			26,50
C3-R2		5,00	16,00		4.0 a	4.0 a		29,00
		5,00	8,00	8,00	6.5 b	6.5 b		34,00
C3-R3		5,00	16,00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35,00
		5,00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37,50

NOTA: El peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna.
 a : Eje sencillo llanta sencilla. b : Eje sencillo llanta doble.

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura

Gráfico #4

Ecuación AASHTO 93 Software. Determinación SN requerido

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
85 % $Z_r = -1.037$ So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
PSI inicial 4.20 PSI final 2.00

Módulo resiliente de la subrasante
Mr 19315 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 =** 947969
 Calcular W18

Número Estructural
SN =

Calcular Salir

Fuente: Resultados Software AASHTO, 93.

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 85 % $Z_r = -1.037$ So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial = 4.20 PSI final = 2.00

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr = 19315 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)

Módulo de rotura del concreto - S_c (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 = 947969**
 Calcular W18

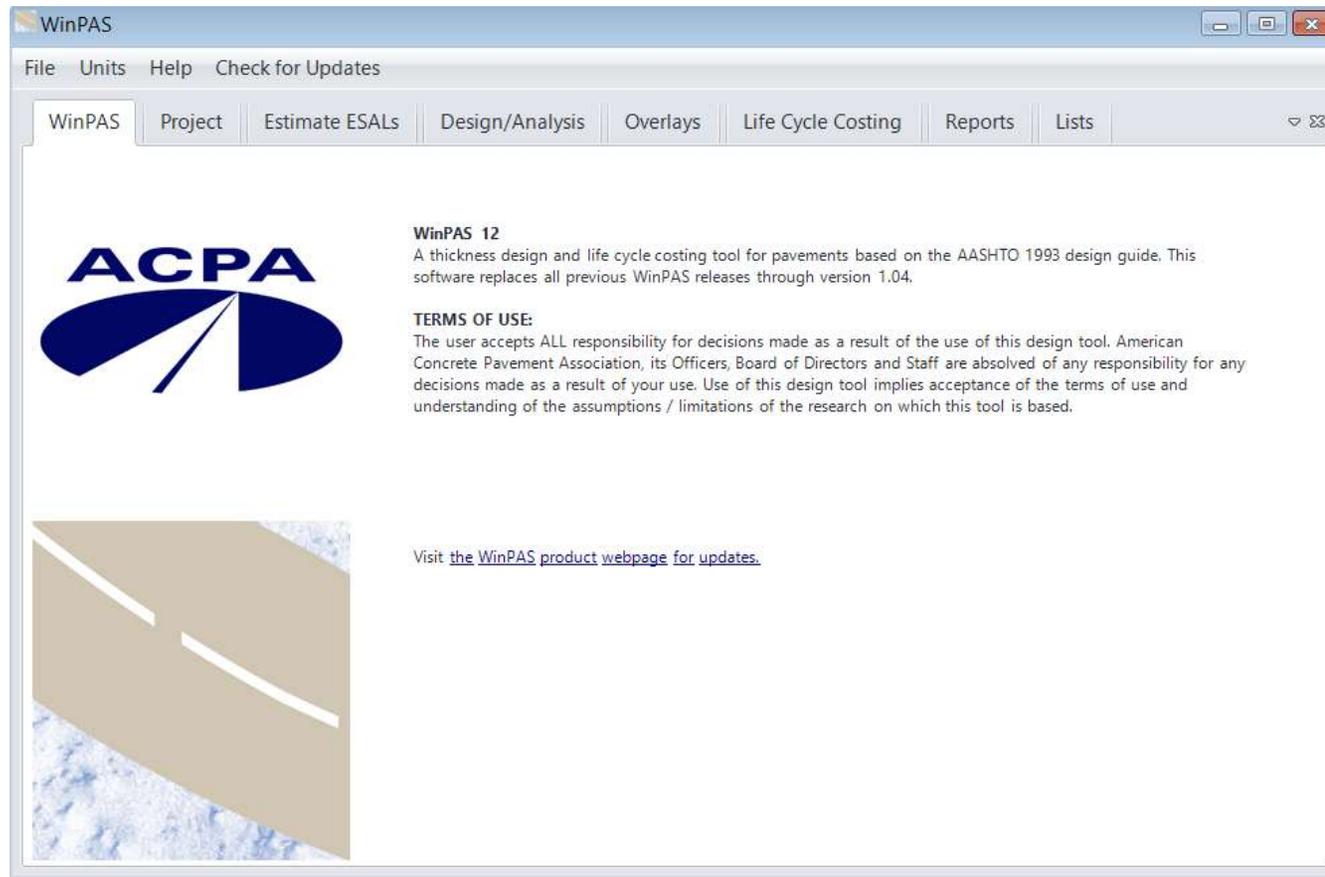
Número Estructural
SN = 2.26

Calcular Salir

Fuente: Software AASHTO, 93.

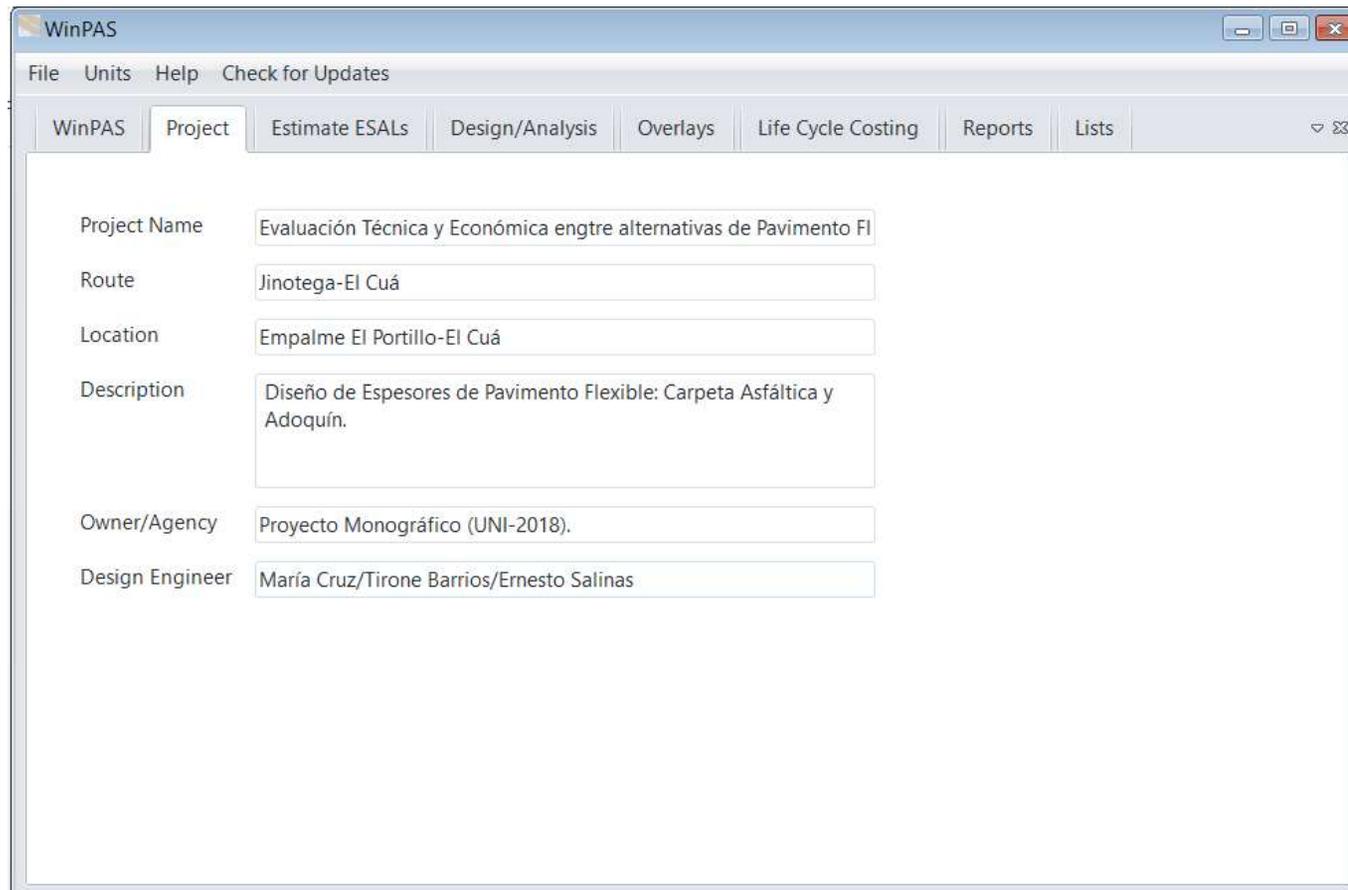
Gráfico #5

Resultados Software WinPas, Alternativa Mezcla Asfáltica.



Fuente: Resultados Software WinPas 12.1.0.0.

Datos Perfil Proyecto.



The image shows a screenshot of the WinPAS software interface. The window title is "WinPAS". The menu bar includes "File", "Units", "Help", and "Check for Updates". The main menu has tabs for "WinPAS", "Project", "Estimate ESALs", "Design/Analysis", "Overlays", "Life Cycle Costing", "Reports", and "Lists". The "Project" tab is active, displaying the following data:

Project Name	Evaluación Técnica y Económica engtre alternativas de Pavimento FI
Route	Jinotega-El Cuá
Location	Empalme El Portillo-El Cuá
Description	Diseño de Espesores de Pavimento Flexible: Carpeta Asfáltica y Adoquín.
Owner/Agency	Proyecto Monográfico (UNI-2018).
Design Engineer	María Cruz/Tirone Barrios/Ernesto Salinas

Fuente: Resultados Software WinPas 12.1.0.0.

Datos Entrada (SN Requerido).

The screenshot shows a software window titled "Asphalt Design Inputs" with standard Windows window controls (minimize, maximize, close). The window is divided into two main sections. The top section, titled "Asphalt Pavement Design/Analysis Inputs", contains several input fields and a calculation button. The bottom section, titled "Asphalt Pavement Design/Analysis", contains a warning message and a "Solve For" button. On the right side of the window, there are two buttons: "Save and Close" and "Help".

Parameter	Value	Unit
Asphalt Structural Number	0.00	
Total Flexible ESALs	947,969	
Reliability	85.00	%
Overall Standard Deviation	0.45	
Subgrade Resilient Modulus	19,315.0	psi
Initial Serviceability	4.20	
Terminal Serviceability	2.00	

Warning! Input Value Changed, Press Solve For to Recalculate

Fuente: Resultados Software WinPas 12.1.0.0.

Asphalt Design Inputs

Asphalt Pavement Design/Analysis Inputs

Asphalt Structural Number	2.26
<input type="button" value="Calculate Asphalt Structural Number"/>	
Total Flexible ESALs	947,969
Reliability	85.00 %
Overall Standard Deviation	0.45
Subgrade Resilient Modulus	19,315.0 psi
Initial Serviceability	4.20
Terminal Serviceability	2.00

Asphalt Pavement Design/Analysis

Warning! Input Value Changed,
Press Solve For to Recalculate

Fuente: Resultados Software WinPas 12.1.0.0.

Asphalt Design Inputs

Asphalt Pavement Design/Analysis Inputs

Asphalt Structural Number	<input type="text" value="2.26"/>
<input type="button" value="Calculate Asphalt Structural Number"/>	
Total Flexible ESALs	<input type="text" value="947,969"/>
Reliability	<input type="text" value="85.00"/> %
Overall Standard Deviation	<input type="text" value="0.45"/>
Subgrade Resilient Modulus	<input type="text" value="19,315.0"/> psi
Initial Serviceability	<input type="text" value="4.20"/>
Terminal Serviceability	<input type="text" value="2"/>

Asphalt Pavement Design/Analysis

Asphalt Structural Number: 2.26	<input type="button" value="Solve For"/>
---------------------------------	--

Fuente: Resultados Software WinPas 12.1.0.0.

**Resultado Espesores de Pavimento para 15 años.
Alternativa Mezcla Asfáltica**

		inches			inches	
Layer Material	Layer Coefficient...	Drainage Coefficien... ▲	Layer Thickness	Layer Struct No, SNi	Additional Thickness	
Asphalt Cement Concrete	0.44		3	0	2.05	
Asphalt Treated Agg. Base	0.145	1	9	1.3	-0.34	
▶ Granular Subbase	0.126	1	8	1.01	-0.4	
	0		0	0	7.17	
	0		0	0	7.17	
			0	0	7.17	

Sum of SN	2.31	OK
SN	2.26	

Fuente: Resultados Software WinPas 12.1.0.0.

Gráfico #6
Resultados Espesores de Pavimento para 15 años.
Alternativa Adoquinado

Calculate Asphalt Structural Number						
Layer Material	Layer Coefficient, a	Drainage Coefficien...	Layer Thickness	Layer Struct No, SNI	Additional Thickness	
ddaf	0.45		4	0	0	
Asphalt Treated Agg. Base	0.145	1	10	1.45	-1.38	inches
Granular Subbase	0.126	1	8	1.01	-1.59	inches
	0		0	0	9.59	
	0	0	0	0	-1.59	
	0	0	0	0	-1.59	
Sum of SN			2.46	OK		
SN			2.26			

Save and Close Help

Fuente: Resultados Software WinPas 12.1.0.0.

Asphalt Design Inputs

Asphalt Pavement Design/Analysis Inputs

Asphalt Structural Number	<input type="text" value="2.46"/>
<input type="button" value="Calculate Asphalt Structural Number"/>	
Total Flexible ESALs	<input type="text" value="947,969"/>
Reliability	<input type="text" value="85.00"/> %
Overall Standard Deviation	<input type="text" value="0.45"/>
Subgrade Resilient Modulus	<input type="text" value="19,315.0"/> psi
Initial Serviceability	<input type="text" value="4.20"/>
Terminal Serviceability	<input type="text" value="2"/>

Asphalt Pavement Design/Analysis

Asphalt Structural Number: 2.26	<input type="button" value="Solve For"/>
---------------------------------	--

Fuente: Resultados Software WinPas 12.1.0.0.

**ESPECIFICACIONES DE NORMAS TECNICAS OBLIGATORIAS
NICARGUENSES (NTON 12 009-10) PARA PAVIMENTO DE ADOQUINES DE
CONCRETO.**

PAVIMENTO DE ADOQUINES DE CONCRETO

Descripción:

Este trabajo consistirá en el suministro y colocación de adoquines de concreto sobre una superficie preparada de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad razonable con las líneas, rasantes y secciones transversales mostradas en los planos u ordenadas por el Ingeniero.

Materiales:

Los materiales a usar en el adoquinado deberán llenar los siguientes requisitos: Adoquines de Concreto. - El adoquín a usarse, incluyendo las “cuchillas”, será el denominado TIPO TRÁFICO, cuya resistencia característica a los 28 días no deberá ser menor que los siguientes valores:

Tipo 1 para Tráfico Pesado: 24.22 MPa (3,505.8 PSI)

Tipo 2 para Tráfico Liviano: 20.60 MPa (2,980.64PSI)

El adoquín no deberá presentar en su superficie fisuras ni cascaduras ni cavidades, ni tener materiales extraños tales como piedras, trozos de madera o vidrio, embebidos en su masa. Las aristas deberán ser regulares y la superficie no deberá ser extremadamente rugosa. El tamaño de los adoquines deberá ser uniforme para evitar irregularidades o juntas muy anchas al ser colocados. El tamaño máximo del agregado a usar en el concreto es de 19 milímetros.

ESPECIFICACIONES DE LA NIC-2000 PARA PAVIMENTO DE ADOQUINES DE CONCRETO.

Capa de Arena:

La arena que servirá de colchón a los adoquines deberá ser arena lavada, dura, angular y uniforme y no deberá contener más del 3% (en peso) de limo, arcilla o de ambos. Su graduación será tal que pase totalmente por el tamiz No. 4 y no más del 15% sea retenido en el tamiz No. 10. El espesor de esta capa no deberá ser menor de 3 cm ni mayor de 5 centímetros.

Remate del Pavimento:

Las áreas adoquinadas deberán quedar confinadas en todos sus bordes y a los intervalos mostrados en los planos. Al comienzo y al final del adoquinamiento deberán construirse remates de concreto simple, Clase A, de las dimensiones mostradas en los planos. Los materiales y métodos de construcción de estos remates se ajustarán a lo establecido en la Sección-901 de estas especificaciones.

Requisitos para la Construcción (502.03).

Capa de Apoyo: El adoquinado se apoyará en una capa de terracería mejorada, sub-base o base del espesor indicado en los planos.

La construcción de la capa requerida en los planos, ya sea de Préstamo Seleccionado, sub-base o base, será hecha de acuerdo con lo estipulado en Sección-203, Sección-208, Sección-302, Sección-303, Sección-304, Sección-305, Sección-306, Sección-307 ó Sección-308 de estas especificaciones, según corresponda.

El perfil de la superficie de apoyo del adoquinado deberá ser igual al requerido para la superficie final del pavimento, con una tolerancia de 20 mm del nivel de diseño.

Lecho de Arena: Sobre la superficie de apoyo se colocará una capa suelta de arena que servirá de lecho a los adoquines. El espesor requerido de arena suelta que se colocará dependerá de su contenido de humedad, graduación y grado de compactación. Dado que la arena no es vibrada sino hasta que los adoquines han sido colocados, el espesor suelto correspondiente al espesor compacto requerido de 3 a 5 cm es determinado por tanteos al comenzar los trabajos. Se deberán hacer frecuentes comprobaciones del nivel de la superficie del adoquinado para asegurarse de que el espesor que se está colocando de arena sin compactar es el correcto.

Una vez que la arena se ha depositado y esparcido sobre la superficie de apoyo, se emparejará y alisará por medio de reglas de enrasamiento (codales). En calles o caminos de 5 m o menos de ancho se podrán usar las cunetas o bordillos laterales como guías para el enrasamiento de la superficie de la capa de arena; en pavimentos más anchos será necesario colocar rieles “provisionales para apoyar los codales de enrasamiento.

Durante el esparcido y enrasamiento de la capa de arena, no será permitido que nadie se apoye, ponga de pie o camine sobre la arena, pues de hacerlo se producirá una pre-compactación dispereja lo que causará irregularidades en la superficie final del pavimento. Para minimizar los riesgos de alteración, se deberá evitar el enrasamiento de la arena en grandes distancias adelante de la brigada de colocación de adoquines.

Asimismo, antes de iniciar el trabajo de enrasamiento, el Contratista deberá remover de la arena todos los pedruzcos, raíces, pedazos de madera, ripios, lodo, etc. que contenga la arena.

Adoquinamiento:

El adoquinado comprende cuatro etapas:

1) La colocación de los adoquines sobre la superficie preparada, 2) el recorte de los adoquines en los bordes de la vía, 3) la vibración de toda el área adoquinada y 4) relleno con arena.

1) Colocación de los Adoquines: Las primeras filas de adoquines deberán ser colocadas con mucho cuidado para evitar el desalojo de los bloques que ya están colocados. Una vez que se han colocado las primeras filas, se asentarán las demás firmemente dejando ranuras de 3 a 5 mm, entre adoquines. A estas alturas no se deberá intentar el recorte de los adoquines para ajustarlos a los bordes. El adoquinador deberá trabajar a partir de la capa de adoquines previamente colocada y evitará la alteración de la arena enrasada y la última fila de bloques colocados, comprobando frecuentemente que los bloques están bien asentados y acomodados y, si es necesario, acomodándolos a golpes de un mazo de hule o madera. Si hay áreas en que hayan quedado ranuras muy abiertas se les removerá y volverá a colocar.

2) Recorte de los Adoquines: Aquellas formas irregulares que queden en los bordes serán rellenas con cuñas o pedazos de adoquín cortados con un cortador de adoquines o aserrados. Se evitará colocar piezas muy pequeñas o delgadas, pues con frecuencia se hacen pedazos con la vibración. El recorte de los adoquines para ajustar el pavimento a los

bordes, no se hará sino hasta haber colocado adoquines en un área considerable.

En las parrillas de tragantes, en pozos de visita y tapas de inspección se procederá de una manera similar hacia los bordes, teniendo cuidado de que los bloques, al ser compactados, queden ligeramente más arriba del nivel de entrada al dren.

- 3) Vibración: Una vez que los bordes del adoquinado hayan sido completados a lo largo de la calle o camino, se vibrará la superficie por medio de una plancha o rodillo vibratorio. El número de pases requerido dependerá de una variedad de factores y será determinado por medio de tanteos en el sitio, tratando de obtener una superficie que sea transitable con suavidad y que no sea posteriormente compactada por los vehículos.

Generalmente, bastan dos o tres pasadas. No se aplicará vibración a áreas que queden dentro de un metro de adoquines no confinados; por otra parte, no se deberán dejar áreas sin vibrar de un día para otro.

- 4) Rellenado con Arena: Finalmente, se rellenarán las ranuras o juntas entre adoquines con arena, la que será aplicada con escoba o cepillo y, luego, se pasará el vibrador dos o tres veces hasta completar la trabazón entre los bloques.

Tan pronto como se haya completado la vibración, se podrá abrir el camino o calle al tráfico.

Las ranuras que queden entre los bordillos o cunetas laterales o entre los remates o travesaños de concreto y los adoquines serán rellenadas con mortero de arena y cemento Portland en proporción de 4:1.

ANEXO E

5.1 Hojas de Entrada RED MODEL.

5.2 Hojas de Salida RED MODEL.

5.3 Modelo Obtenido Software RED Alternativas Propuestas
(Adoquín y Mezcla Asfáltica).

HOJAS DE ENTRADA DE RED

Los nombres de las siete hojas de entrada disponibles se dan a continuación. En estas hojas, Usted ingresa sus datos de entrada en todas las celdas con fondo amarillo.

- Control y Seteo
- VOC y Velocidades Unitarios
- Tiempo y Accidentes
- Tránsito
- Indicadores Multi-Criterio
- Alter. de Proyecto - Principales Características
- Alter. de Proyecto - Otros Beneficios

Las hojas de entrada se describen a continuación.

Control y Seteo

Esta hoja define los parámetros básicos de control y define los nombres de los vehículos, tipos de terreno de camino, y tipos de camino a ser utilizados en la evaluación. El Área de Control recoge los siguientes datos de entrada de usuario principales.

1. Nombre de país, nombre de proyecto, código de identificación de camino, nombre de camino, nombre de moneda, símbolo de moneda, y fecha de evaluación por razones de información.
2. Duración de la estación húmeda, en días, que puede establecerse en cero si las estaciones seca y húmeda tienen las mismas características de tránsito y condición de camino.

3. Factor de costos económicos de agencia de caminos, que es la razón entre los costos económicos de agencia de caminos (neto de impuesto y subsidios) y costos financieros de agencia de caminos (valores de mercado).
4. Tasa de descuento, en porcentaje, utilizada para calcular valores actuales.
5. Periodo de evaluación, en años, que define el número de años a considerar en la evaluación. Debe tenerse en cuenta que el periodo de evaluación debe ser de entre 2 y 20 años.
6. El año calendario inicial, que es el año calendario del primer año del periodo de evaluación.
7. Población servida por el camino.

El Área de Seteo prepara el modelo para un país determinado. Aquí usted define los nombres de hasta nueve tipos de vehículo a ser utilizados en el análisis. El modelo trae por defecto los siguientes nueve tipos de vehículo; puede cambiar los nombres de los vehículos ingresando nuevos nombres de hasta dos palabras.

1. Automóviles y Utilitarios.
2. Autobuses Livianos, Medianos y Pesados.
3. Camiones Livianos, Medianos, Pesados y Articulado.

Para cada tipo de vehículo que usted define en el área de seteo, el RED necesita la relación entre los costos operativos de vehículo y velocidades, y la rugosidad del camino. El RED define estas relaciones utilizando polinomios cúbicos que pueden ser calculados utilizando otros módulos del RED. La relación entre los costos operativos de vehículo y velocidades, y la rugosidad del camino varía para diferentes tipos de terreno de camino y tipos de camino (tipo de superficie, ancho y otras características que afectan las velocidades deseadas), por lo tanto, el RED le permite definir estas relaciones para hasta nueve combinaciones de tipos de terreno y de camino. Debería ingresar en el Área de Seteo los nombres de hasta tres posibles tipo de terreno y los nombres de hasta tres posibles tipos de camino. Los tipos de terreno y de camino por defecto son dados a continuación.

Debe tenerse en cuenta que cada tipo de terreno está identificado como A, B o C y cada tipo de camino está identificado como X, Y o Z, y no pueden ser modificados.

1. Tipo de terreno llano, ondulado o montañoso.
2. Tipo de camino de tierra, ripio o pavimento.

Debe tenerse en cuenta que en esta hoja solamente está definiendo los nombres de los tipos de vehículos, terrenos de camino, y tipos de camino. En la hoja "VOC y Velocidades Unitarios", usted estará definiendo los polinomios cúbicos para cada una de estas opciones. Observe también que si no trabaja con un tipo determinado de vehículo, puede borrar el nombre del vehículo e ingresar cero para el correspondiente tránsito diario.

El último dato de entrada en el Área de Seteo es su elección en referencia al parámetro/parámetro(s) a utilizar para definir la condición del camino. Usted tiene las siguientes tres opciones.

1. Ingresar la rugosidad del camino, similar a los modelos HDM-III y HDM-4; en este caso, las velocidades y los costos operativos de los vehículos se estiman como una función de la rugosidad ingresada.
2. Ingresar la velocidad de un vehículo motorizado de referencia; en este caso, el RED estima la rugosidad del camino basado en la velocidad del vehículo de referencia y luego estima las velocidades y costos operativos de todos los vehículos utilizando la rugosidad estimada. El RED ofrece la posibilidad de ingresar la velocidad de un vehículo de referencia para caracterizar la condición de un camino dado porque la rugosidad de caminos no pavimentados es difícil de medir o estimar debido a su variabilidad a lo largo de las estaciones, al camino a lo largo de la ruta, y a las actividades de mantenimiento. Debe tenerse en cuenta que esta opción es apropiada solamente para terreno nivelado y ondulado, donde las velocidades de los vehículos son esencialmente una función de la rugosidad,

pero no es apropiada para un terreno montañoso o bajo otras circunstancias que limiten las velocidades de los vehículos.

3. Ingrese la rugosidad y las velocidades de todos los vehículos directamente; en este caso, sólo los costos operativos de vehículo son estimados como una función de la rugosidad ingresada. Esta opción es particularmente apropiada para caminos empinados o montañosos donde la velocidad de los vehículos están más en función de la geometría del camino (alineaciones vertical y horizontal) que de la rugosidad. Si utiliza esta opción, depende de usted caracterizar la rugosidad y las velocidades de los vehículos para un camino dado.

VOC (Costos operativos de vehículo) y Velocidades Unitarios

Esta hoja define las relaciones entre los costos operativos de vehículo y velocidades, y rugosidad para nueve posibles combinaciones de tipos de terreno y de camino para nueve posibles tipos de vehículos. Aquí también se define la relación entre la rugosidad y la velocidad de un vehículo de referencia para las nueve posibles combinaciones de tipos de terreno y de camino. Todas estas relaciones toman la forma de polinomios cúbicos. Por ejemplo:

VOC (\$/veh-km) como función de la rugosidad (IRI):

$$\text{VOC} = a_0 + a_1 \cdot \text{IRI} + a_2 \cdot \text{IRI}^2 + a_3 \cdot \text{IRI}^3$$

Para un automóvil, terreno llano y camino de dos carriles para un país determinado

$$a_0 = 0.115347$$

$$a_1 = -0.000428$$

$$a_2 = 0.000928$$

$$a_3 = -0.000018$$

Usted debe proveer los correspondientes coeficientes (a_0 , a_1 , a_2 , y a_3) para los polinomios cúbicos, que son las bases del RED y pueden ser calculadas

fácilmente, para un determinado país, utilizando los módulos del RED, que adoptan las ecuaciones de velocidades y costos operativos de vehículo del HDM-III o del HDM-4. Estos coeficientes también pueden ser obtenidos por otros medios o mediante otros modelos, por lo tanto el Módulo Principal de Evaluación Económica del RED puede ser utilizado en conjunto con cualquier otro modelo de predicción de velocidades y costos operativos de vehículo.

Tiempo y Accidentes

Esta hoja define los costos de tiempo y de accidentes. El modelo calcula los beneficios debidos a la reducción en los tiempos de los pasajeros, en los tiempos de retención de carga, y en los costos de accidentes. Para calcular los beneficios relacionados con el tiempo, ingrese el número de pasajeros por tipo de vehículo y el valor del tiempo de pasajero y el tiempo de retención de carga. Para calcular beneficios de seguridad, ingrese el costo medio por accidente evitado, si se dispone de datos, en accidentes con muertes, accidentes con lesiones y accidentes con daños materiales solamente.

Tránsito

El RED evalúa beneficios obtenidos por los siguientes tipos de tránsito.

1. Tránsito normal, i.e. tránsito transitando por el camino en ausencia de alguna nueva inversión.
2. Tránsito generado debido al decrecimiento de los costos de transporte, i.e., tránsito asociado al aumento de la frecuencia de viajes por parte de usuarios existentes del camino de proyecto.
3. Tránsito inducido debido al desarrollo económico local, i.e., tránsito atraído al camino de proyecto desde otros caminos, cambiando su origen o destino, debido al aumento del desarrollo de la actividad en la zona de influencia del camino ocasionado por el proyecto.

4. Tránsito derivado, i.e., tránsito que se deriva al camino de proyecto desde un camino alternativo con el mismo origen y destino que el proyecto. Para las estaciones seca y húmeda por separado, ingrese, para cada tipo de vehículo, el tránsito normal (TMDA) presente en el primer año del período de evaluación y la tasa de crecimiento para los tránsitos normal, generado y derivado, que se considera igual para todos estos tipos de tránsito. La tasa de crecimiento de tránsito se ingresa para hasta cuatro períodos de cinco años y define el aumento en el tránsito que ocurre debido al aumento general de la actividad económica, que afecta por igual a estos tipos de tránsito y a todas las alternativas de proyecto. El tránsito y el crecimiento inducidos para las estaciones seca y húmeda se definen por separado. Defina el tránsito generado debido al decrecimiento de los costos de transporte definiéndolo como un porcentaje del tránsito normal, de manera similar a los modelos HDM, o ingresando una elasticidad-precio de demanda 4; i.e. el aumento porcentual en el tránsito por decrecimiento porcentual en costos de transporte. La elasticidad-precio de la demanda es utilizada luego para calcular el tránsito generado basado en el decrecimiento estimada en los costos de usuario de camino. En este caso, la elasticidad-precio de la demanda debería ser estimada para los usuarios del camino en consideración, no para todos los usuarios con el mismo origen y destino.

Defina el tránsito inducido debido al desarrollo económico local ingresando para cada alternativa de proyecto, tipo de vehículo y año el correspondiente tránsito. Esto le brinda a usted flexibilidad total para definir el año en que aparecerá el tránsito, la cantidad de tránsito y diferentes tasas de crecimiento de tránsito a lo largo del período de evaluación. Observe que el tránsito derivado es definido en la hoja "Alter. de Proyecto - Principales Características" para cada alternativa de proyecto.

Para tránsito generado e inducido, el RED aproxima los beneficios calculándolos como un 50% de la disminución de costos de transporte para cada unidad de tránsito generado o inducido. Los beneficios obtenidos por el tránsito derivado son

estimados sobre la base de la diferencia en los costos de transporte utilizando el camino alternativo y el camino de proyecto.

Indicadores Multi-Criterio

Esta hoja guarda hasta 8 indicadores multi-criterio para futuras referencias. Usted puede cambiar la definición de los indicadores multi-criterio e ingresar los indicadores correspondientes. Observe que estos indicadores multi-criterio no son utilizados en el análisis económico realizado por el RED; son recogidos aquí para futuros análisis y referencias.

Alter de Proyecto - Principales Características

Esta hoja define las características de las tres alternativas de proyecto a evaluar. La primera alternativa de proyecto es el caso sin proyecto que representa una política de mínima desde el punto de vista de la política y los costos de la agencia de caminos (caso base). Las otras dos alternativas de proyecto son las que se comparan con el caso sin proyecto. Para todas las alternativas de proyecto, primero ingrese lo siguiente.

1. Descripción de la alternativa de proyecto.
2. Código de tipo de terreno (A, B o C), y código de tipo de camino (X, Y o Z).
3. Condición del camino durante el período de buena transitabilidad (estación seca) y, si es aplicable, durante el período de transitabilidad perturbada (estación húmeda). La condición del camino es expresada en términos de longitud de camino y a) rugosidad o b) velocidad de un vehículo de referencia o c) rugosidad y velocidades de todos los vehículos. La definición de cómo caracterizar la condición del camino se realiza en la hoja "Control y Seteo".

El RED asume, para cada alternativa de proyecto, un nivel de servicio medio durante el período de análisis que es representado por una rugosidad de camino media y velocidades de vehículo medias.

El nivel de servicio medio anual medio es definido por los siguientes dos posibles períodos estacionales durante un año.

1. Período con buena transitabilidad (estación seca)
2. Período en el cual la transitabilidad se ve perturbada por un alto deterioro de la condición del camino (estación húmeda); en este caso, los vehículos encontrarán rutas alternativas o utilizarán sendas a lo largo del camino existente para facilitar el tránsito, acarreado mayores costos de transporte debido a un cambio en la distancia de viaje, rugosidad del camino y velocidades. Debe tenerse en cuenta que el RED no calcula los costos económicos de los días en que el tránsito de vehículos se ve totalmente interrumpido.

Ingrese entonces lo siguiente.

1. Duración de la inversión en años (0 a 3) y porcentaje de costos de inversión en cada año, en porcentaje.
2. Costos financieros de inversión por kilómetro, en miles de moneda por km.
3. Costos financieros fijos de mantenimiento por kilómetro-año, en miles de moneda por km-año.
4. Costos financieros variables de mantenimiento por kilómetro-año-tránsito, en miles de moneda por km-año-TDA, que son costos anuales de mantenimiento opcionales que dependen del tránsito.

La inversión se refiere a una inversión inicial (pavimentado, reparación del enripiado, rehabilitación, etc.) comenzando el primer año del período de evaluación con la duración especificada. Si para una alternativa de proyecto, no habrá una inversión inicial, debería ingresar 0 como duración y costos de inversión. Los costos de mantenimiento son costos de mantenimiento anualizados necesarios para mantener el nivel de servicio especificado. Existe un componente

fijo (independiente del tránsito) y un componente opcional variable función del tránsito. Debe tenerse en cuenta que usted ingresa costos financieros (valores de mercado) y el RED calcula internamente los costos económicos basado en el multiplicador que usted definió en la hoja "Control y Seteo".

Finalmente, usted puede ingresar lo siguiente de manera opcional.

1. Tasa de accidentes, en número de accidentes por 100 millones de vehículos-km, y de manera opcional porcentaje de accidentes con fatalidades, con lesiones y con daños materiales solamente, en porcentaje. Debe tenerse en cuenta que si usted solamente ingresó los costos medios por accidente en la hoja "Tiempo y Accidentes", sólo necesita ingresar la tasa general de accidentes, sin tener en cuenta los porcentajes de accidentes son fatalidades, lesiones, y daños materiales solamente.
2. Tránsito derivado de un camino alternativo y características del camino alternativo, que son la longitud del camino, tipo de terreno tipo de camino y rugosidad.

Alter de Proyecto - Otros Beneficios

Esta hoja recoge otros beneficios netos para cada alternativa de proyecto que deberían ser calculados por separado. Usted puede ingresar, para cada alternativa de proyecto y año, otros beneficios netos como ser servicios sociales e impactos ambientales. Observe que los beneficios netos pueden ser positivos (beneficios adicionales en relación al caso sin proyecto) o negativos (costos adicionales en relación al caso sin proyecto).

HOJAS DE SALIDA DEL RED

Las hojas de salida son descritas a continuación.

Alter. de Proyecto – Solución

Esta hoja presenta un resumen de los resultados. Para cada alternativa de proyecto, el RED presenta los siguientes indicadores económicos.

1. Valor actual neto a la tasa de descuento dada, en millones de \$.
2. Tasa interna de retorno, en porcentaje.
3. Beneficios netos anuales equivalentes, en \$ por km. Representa un flujo anual equivalente de beneficios netos a lo largo del período de evaluación con un valor actual, a la tasa de descuento dada, igual al valor actual neto dividido por la longitud del camino.
4. Tasa modificada de retorno considerando la tasa de reinversión y la tasa de financiamiento asumidas como la tasa de descuento dada, en porcentaje.
5. Proporción del valor actual neto por costos financieros de inversión.
6. Proporción del valor actual neto por valor actual de costos económicos de agencia.
7. Proporción de los beneficios del primer año por costos económicos de inversión.
8. Costos financieros de inversión, en millones de \$.
9. Valor actual de costos económicos de agencia, en millones de \$.
10. Valor actual de costos económicos de usuario de tránsito normal, en millones de \$.
11. Valor actual de costos económicos de usuario de tránsito generado, en millones de \$.
12. Valor actual de costos económicos de la sociedad en millones de \$.
13. Número de fatalidades por km-año después de la inversión.
14. Inversión por población servida, en \$/persona.

Gráfico – Valor Actual Neto

Esta hoja presenta un gráfico que compara el valor actual neto y el valor actual de costos económicos de agencia para todas las alternativas de proyecto.

Gráfico – Costos Totales de la Sociedad

Esta hoja presenta un gráfico que compara el valor actual de los costos totales de la sociedad y el valor actual de costos económicos de agencia para todas las alternativas de proyecto.

Alter. 1 – Viabilidad

Esta hoja presenta los detalles de la evaluación económica para la opción 1. En la parte superior de la tabla tendrá todos los datos de entrada previamente asumidos y debajo tendrá las velocidades de vehículos, tiempos de viaje, tránsito y flujos de beneficios netos calculados. Al final de la tabla se encuentran los indicadores económicos. Esta hoja también realiza un análisis de sensibilidad básico en los flujos de agencia de caminos y de beneficios netos de usuario. Usted puede cambiar los multiplicadores de sensibilidad en las celdas N28 y O28.

Opción 1 - Impactos sobre el Usuario

Esta hoja presenta los impactos de las inversiones propuestas sobre el usuario. Muestra, para cada tipo de vehículo, la reducción de costos económicos anuales de usuario de camino en relación a la alternativa sin proyecto, en porcentaje. También presenta, para la alternativa de proyecto y para la opción sin proyecto, para cada tipo de vehículo los costos de viaje unitarios financieros y los costos de viaje anuales financieros del año posterior a aquel en que se haya realizado la inversión.

Opción 1 - Distribución de los Beneficios

Esta hoja presenta la distribución de los beneficios netos totales de la sociedad entre beneficios de la agencia y beneficios de los usuarios del camino. También muestra la distribución de los beneficios netos de usuario de camino entre tipos de vehículo y fuente de beneficios.

OPCIÓN 1 – SENSIBILIDAD

Esta hoja presenta un análisis de sensibilidad para todos los datos de entrada principales. Ingrese dos posibles multiplicadores para cada parámetro de entrada principal, en las columnas G y L, y, después de presionar el botón “Actualizar Sensibilidad” localizado en la parte superior de la hoja, el modelo presenta los correspondientes indicadores económicos.

Opción 1 - Valores Intercambiados

Esta hoja presenta análisis de valores intercambiados para todos los datos de entrada principales. Después de presionar el botón “Actualizar Valores Intercambiados” localizado en la parte superior de la hoja, el modelo presenta los correspondientes valores intercambiados para cada parámetro de entrada principal. Para cada parámetro de entrada a evaluar, el valor fluctuante es el valor del parámetro de entrada que acarrea un valor actual neto igual a cero o una tasa interna de retorno igual a la tasa de descuento. El valor fluctuante es utilizado para obtener el impacto de un parámetro de entrada en los beneficios de un proyecto.

Economic Feasibility: Adoquín

Country	Nicaragua	Project	Mejoramiento de Caminos Rurales.	01/01/2015
Road	Mejoramiento Camino Emp. El Portillo-El Cua	Alternative	Adoquín 0	

Alternatives	Description	Terrain Type	Road Type	Wet Season Duration (days/year)
Without Project	Grava	C: Mountainous	X: Grava	180
Project	Adoquín	C: Mountainous	Y: Adoquín	

Alternatives	Dry Season		Wet Season		Car	Utility	Light Bus	Medium Bus	Heavy Bus	Light Truck	Medium Truck	Heavy Truck	Artic. Truck
	Length (km)	Roughness (IRI)	Length (km)	Roughness (IRI)									
Without Project	11.6	16.0	11.6	16.0	30.0	30.0	30.0	30.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Project	11.6	4.0	11.6	4.0	65.0	65.0	65.0	65.0	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5
					Traffic Composition in 2015 (%)								
					16%	45%	0%	1%	13%	3%	18%	4%	0%
					Average Travel Time (hours)								
Without Project	0	0.00	11.07	0.00	00:23	00:23	00:23	00:23	00:27	00:27	00:27	00:27	00:27
Project	3	205.17	3.48	0.00	00:10	00:10	00:10	00:10	00:11	00:11	00:11	00:11	00:11

Year	Annual Normal Daily Traffic (veh/day)	Annual Generated Daily Traffic (veh/day)	Annual Induced Daily Traffic (veh/day)	Net Economic Benefits								Sensitivity Analysis			
				Agency Benefits		User Benefits				Road Safety	Other Benefits	Total	A	B	A & B
				Investment Costs	Maintenance Costs	Normal Traffic VOC	Generated Traffic VOC	Time	Time				Agency *	User *	A & B
				(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	1.2	0.8	(M\$/year)		
2015	203	0	0	-0.951	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.951	-1.141	-0.951	-1.141
2016	211	0	0	-1.427	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-1.427	-1.712	-1.427	-1.712
2017	220	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2018	229	32	0	0.000	0.088	0.329	0.413	0.023	0.029	0.000	0.000	0.881	0.899	0.723	0.740
2019	239	33	0	0.000	0.088	0.343	0.429	0.024	0.030	0.000	0.000	0.914	0.932	0.749	0.767
2020	251	35	0	0.000	0.088	0.360	0.451	0.025	0.032	0.000	0.000	0.957	0.974	0.783	0.800
2021	264	37	0	0.000	0.088	0.379	0.474	0.027	0.033	0.000	0.000	1.001	1.019	0.818	0.836
2022	278	39	0	0.000	0.088	0.398	0.499	0.028	0.035	0.000	0.000	1.048	1.065	0.856	0.873
2023	292	41	0	0.000	0.088	0.419	0.524	0.029	0.037	0.000	0.000	1.097	1.115	0.895	0.913
2024	307	43	0	0.000	0.088	0.441	0.551	0.031	0.039	0.000	0.000	1.149	1.166	0.937	0.954
2025	324	45	0	0.000	0.088	0.465	0.582	0.033	0.041	0.000	0.000	1.208	1.226	0.984	1.002
2026	343	48	0	0.000	0.088	0.492	0.614	0.034	0.043	0.000	0.000	1.271	1.289	1.035	1.052
2027	362	51	0	0.000	0.088	0.520	0.649	0.036	0.045	0.000	0.000	1.338	1.355	1.088	1.105
2028	383	54	0	0.000	0.088	0.549	0.685	0.038	0.048	0.000	0.000	1.408	1.426	1.144	1.162
2029	404	57	0	0.000	0.088	0.580	0.723	0.041	0.051	0.000	0.000	1.482	1.500	1.204	1.221
				Net Present Value (million \$) at 12% Discount Rate								3.088	2.730	2.113	1.754
				Internal Rate of Return (%)								28%	25%	24%	21%
				Equivalent Annual Net Benefits (\$/km) at 12% Discount Rate								34932	30882	23895	19845
				Modified Rate of Return at 12% Reinvestment Rate (%)								19%	18%	17%	16%
				Net Present Value per Financial Investment Costs (ratio)								1.30	1.15	0.89	0.74
				First-Year Benefits per Economic Investment Cost (ratio)								0.33	0.28	0.27	0.23

3.7% Growth

Evaluation Period (years)
15

Economic Feasibility: Adoquín

Country	Nicaragua	Project	Mejoramiento de Caminos Rurales.	01/01/2015
Road	Mejoramiento Camino Emp. El Portillo-EI Cua	Alternative	Adoquín 0	

Alternatives	Description	Terrain Type	Road Type	Wet Season Duration (days/year)
Without Project	Grava	C: Mountainous	X: Grava	180
Project	Adoquín	C: Mountainous	Y: Adoquín	

Alternatives	Dry Season		Wet Season		Car	Utility	Light Bus	Medium Bus	Heavy Bus	Light Truck	Medium Truck	Heavy Truck	Artic. Truck
	Length (km)	Roughness (IRI)	Length (km)	Roughness (IRI)									
Without Project	11.6	16.0	11.6	16.0	30.0	30.0	30.0	30.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Project	11.6	4.0	11.6	4.0	65.0	65.0	65.0	65.0	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5
					Average Speeds (km/hr)								
					Traffic Composition in 2015 (%)								
					16%	45%	0%	1%	13%	3%	18%	4%	0%
					Average Travel Time (hours)								
Without Project	0	0.00	11.07	0.00	00:23	00:23	00:23	00:23	00:27	00:27	00:27	00:27	00:27
Project	3	205.17	3.48	0.00	00:10	00:10	00:10	00:10	00:11	00:11	00:11	00:11	00:11

Year	Annual Normal Daily Traffic (veh/day)	Annual Generated Daily Traffic (veh/day)	Annual Induced Daily Traffic (veh/day)	Net Economic Benefits								Sensitivity Analysis			
				Agency Benefits		User Benefits				Total	A Agency *	B User *	A & B		
				Investment Costs	Maintenance Costs	Normal Traffic		Generated Traffic						Road Safety	Other Benefits
						VOC	Time	VOC	Time						
(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)			
2015	203	0	0	-0.951	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.951	-1.046	-0.951	-1.046
2016	211	0	0	-1.427	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-1.427	-1.569	-1.427	-1.569
2017	220	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2018	229	32	0	0.000	0.088	0.329	0.413	0.023	0.029	0.000	0.000	0.881	0.890	0.802	0.811
2019	239	33	0	0.000	0.088	0.343	0.429	0.024	0.030	0.000	0.000	0.914	0.923	0.832	0.840
2020	251	35	0	0.000	0.088	0.360	0.451	0.025	0.032	0.000	0.000	0.957	0.965	0.870	0.878
2021	264	37	0	0.000	0.088	0.379	0.474	0.027	0.033	0.000	0.000	1.001	1.010	0.910	0.919
2022	278	39	0	0.000	0.088	0.398	0.499	0.028	0.035	0.000	0.000	1.048	1.057	0.952	0.961
2023	292	41	0	0.000	0.088	0.419	0.524	0.029	0.037	0.000	0.000	1.097	1.106	0.996	1.005
2024	307	43	0	0.000	0.088	0.441	0.551	0.031	0.039	0.000	0.000	1.149	1.157	1.043	1.051
2025	324	45	0	0.000	0.088	0.465	0.582	0.033	0.041	0.000	0.000	1.208	1.217	1.096	1.105
2026	343	48	0	0.000	0.088	0.492	0.614	0.034	0.043	0.000	0.000	1.271	1.280	1.153	1.162
2027	362	51	0	0.000	0.088	0.520	0.649	0.036	0.045	0.000	0.000	1.338	1.347	1.213	1.222
2028	383	54	0	0.000	0.088	0.549	0.685	0.038	0.048	0.000	0.000	1.408	1.417	1.276	1.285
2029	404	57	0	0.000	0.088	0.580	0.723	0.041	0.051	0.000	0.000	1.482	1.491	1.343	1.352
				Net Present Value (million \$) at 12% Discount Rate								3.088	2.909	2.600	2.421
				Internal Rate of Return (%)								28%	26%	26%	24%
				Equivalent Annual Net Benefits (\$/km) at 12% Discount Rate								34932	32907	29414	27388
				Modified Rate of Return at 12% Reinvestment Rate (%)								19%	18%	18%	18%
				Net Present Value per Financial Investment Costs (ratio)								1.30	1.22	1.09	1.02
				First-Year Benefits per Economic Investment Cost (ratio)								0.33	0.30	0.30	0.28

3.7% Growth

Evaluation Period (years)	15
---------------------------	----

Economic Feasibility: Conc. Asfáltico en Caliente

Country	Nicaragua	Project	Mejoramiento de Caminos Rurales.	01/01/2015
Road	Mejoramiento Camino Emp. El Portillo-El Cua	Alternative	Conc. Asfáltico en Caliente	

Alternatives	Description	Terrain Type	Road Type	Wet Season Duration (days/year)
Without Project	Grava	C: Mountainous	X: Grava	180
Project	Conc. Asfáltico en Caliente	C: Mountainous	Z: Pavimento	

Alternatives	Dry Season		Wet Season		Car	Utility	Light Bus	Medium Bus	Heavy Bus	Light Truck	Medium Truck	Heavy Truck	Artic. Truck	
	Length (km)	Roughness (IRI)	Length (km)	Roughness (IRI)										
Without Project	11.6	16.0	11.6	16.0	30.0	30.0	30.0	30.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	
Project	11.6	3.0	11.6	3.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	
Average Speeds (km/hr)														
Without Project	30.0													
Project	65.0													
Traffic Composition in 2015 (%)														
Without Project	16%		45%		0%		1%		13%		3%		18%	
Project	16%		45%		0%		1%		13%		3%		18%	
Average Travel Time (hours)														
Without Project	00:23		00:23		00:23		00:23		00:27		00:27		00:27	
Project	00:10		00:10		00:10		00:10		00:10		00:10		00:10	

Year	Annual Normal Daily Traffic (veh/day)	Annual Generated Daily Traffic (veh/day)	Annual Induced Daily Traffic (veh/day)	Net Economic Benefits								Sensitivity Analysis				
				Agency Benefits		User Benefits				Road Safety	Other Benefits	Total	A	B	A & B	
				Investment Costs	Maintenance Costs	Normal Traffic		Generated Traffic					Agency *	User *	A & B	
				(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)	(M\$/year)		
2015	203	0	0	-0.999	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.999	-1.099	-0.999	-1.099
2016	211	0	0	-1.499	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-1.499	-1.649	-1.499	-1.649
2017	220	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2018	229	32	0	0.000	0.073	0.344	0.421	0.024	0.029	0.000	0.000	0.891	0.891	0.898	0.809	0.816
2019	239	33	0	0.000	0.073	0.358	0.438	0.025	0.031	0.000	0.000	0.925	0.925	0.932	0.840	0.847
2020	251	35	0	0.000	0.073	0.376	0.461	0.026	0.032	0.000	0.000	0.968	0.968	0.976	0.879	0.886
2021	264	37	0	0.000	0.073	0.396	0.484	0.028	0.034	0.000	0.000	1.014	1.014	1.022	0.920	0.927
2022	278	39	0	0.000	0.073	0.416	0.509	0.029	0.036	0.000	0.000	1.063	1.063	1.070	0.964	0.971
2023	292	41	0	0.000	0.073	0.438	0.535	0.031	0.037	0.000	0.000	1.113	1.113	1.121	1.009	1.016
2024	307	43	0	0.000	0.073	0.460	0.562	0.032	0.039	0.000	0.000	1.167	1.167	1.174	1.057	1.064
2025	324	45	0	0.000	0.073	0.486	0.593	0.034	0.042	0.000	0.000	1.228	1.228	1.235	1.113	1.120
2026	343	48	0	0.000	0.073	0.514	0.627	0.036	0.044	0.000	0.000	1.293	1.293	1.300	1.171	1.178
2027	362	51	0	0.000	0.073	0.543	0.662	0.038	0.046	0.000	0.000	1.362	1.362	1.369	1.233	1.240
2028	383	54	0	0.000	0.073	0.573	0.699	0.040	0.049	0.000	0.000	1.434	1.434	1.441	1.298	1.305
2029	404	57	0	0.000	0.073	0.606	0.738	0.042	0.052	0.000	0.000	1.511	1.511	1.518	1.367	1.374

3.7% Growth

Evaluation Period (years)
15

Net Present Value (million \$) at 12% Discount Rate	3,053	2,855	2,550	2,352
Internal Rate of Return (%)	27%	26%	25%	24%
Equivalent Annual Net Benefits (\$/km) at 12% Discount Rate	34528	32290	28837	26600
Modified Rate of Return at 12% Reinvestment Rate (%)	19%	18%	18%	17%
Net Present Value per Financial Investment Costs (ratio)	1.22	1.14	1.02	0.94
First-Year Benefits per Economic Investment Cost (ratio)	0.33	0.30	0.29	0.27

ANEXO F

- 6.1** Curvas IDF.
- 6.2** Coeficientes de Escorrentía.
- 6.3** Intensidades de Lluvia Estación Meteorológica Jinotega.
- 6.4** Tiempo de Concentración de la Cuenca.
- 6.5** Área de la Cuenca y Caudal de Diseño.
- 6.6** Características Alcantarillas Existentes en el Tramo.
- 6.7** Resultados Elementos Hidráulicos.
- 6.8** Resultados de Evaluación Estructuras de Drenaje Menor.
- 6.9** Resultados Finales Diseño.

Tabla 76

CURVA DE INTENSIDAD, DURACION Y FRECUENCIA DEL MUNICIPIO DE JINOTEGA



INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
INETER

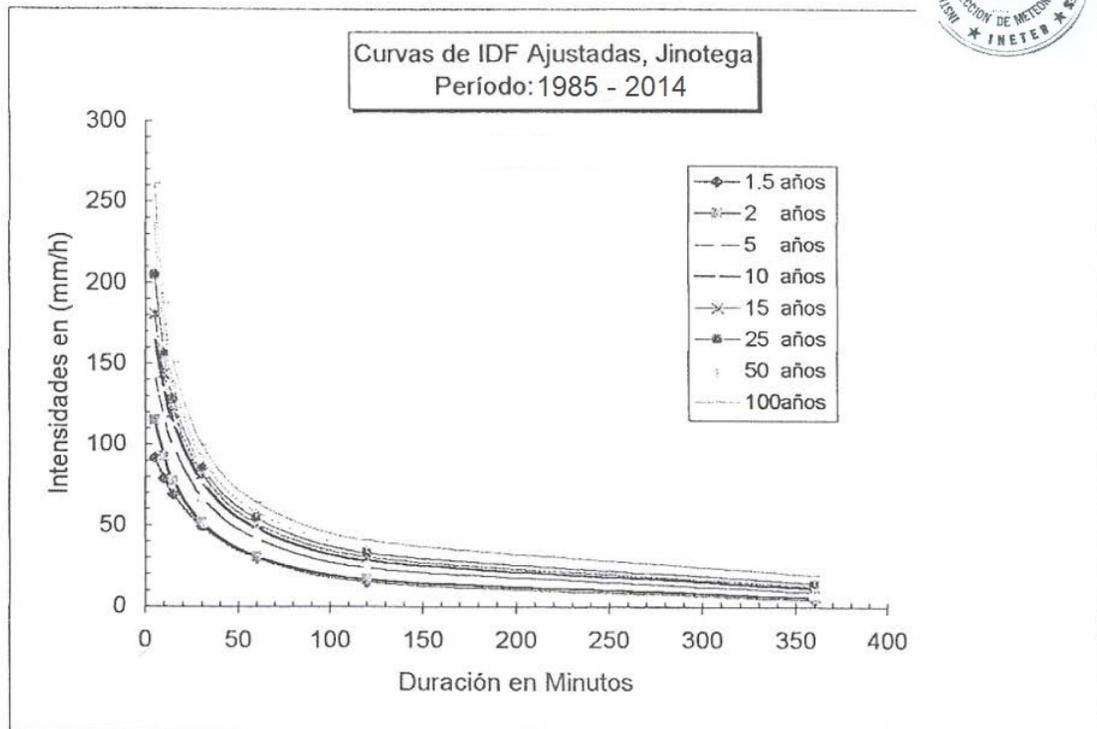
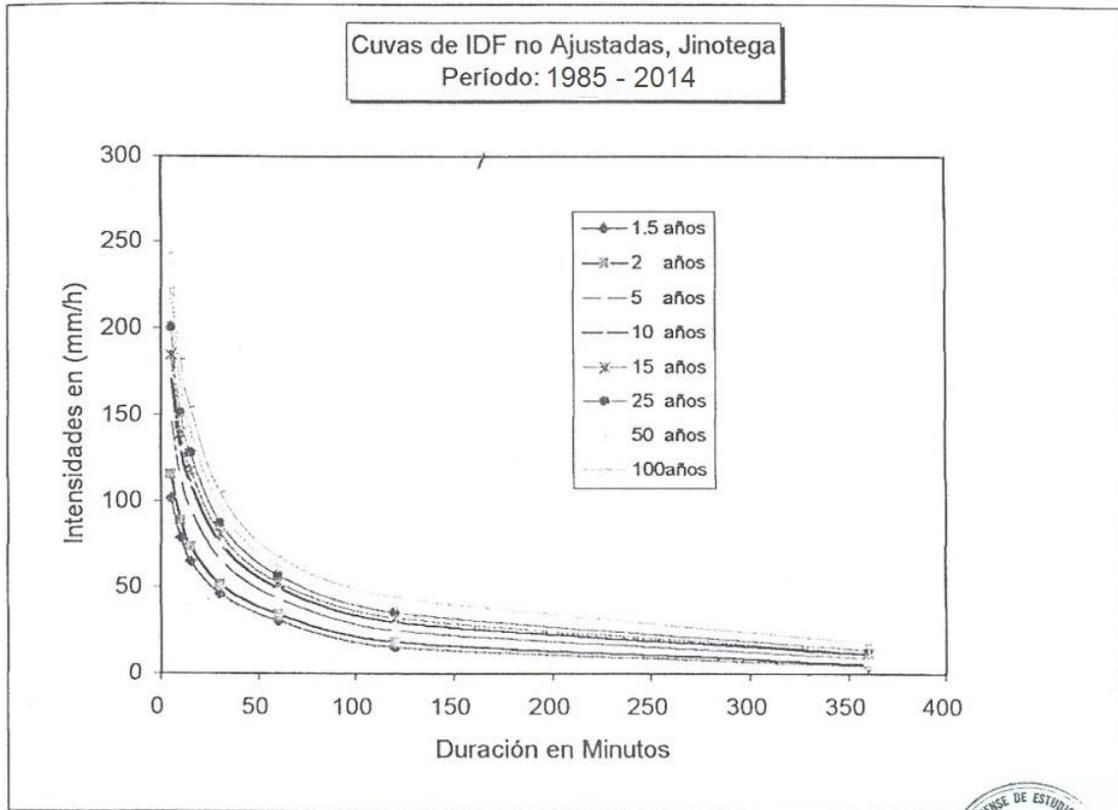




Tabla 77
INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
INETER

COMPARACIONES ENTRE DESV. MAXIMA Y EL VALOR CRITICO DE KOLGOMOROV(KV) PARA EL AJUSTE ANALITICO A LA DISTRIBUCION DE GUMBELL TIPO I			
DURACION MINUTOS	DESV. MAXIMA DM	KV	OBSV.
5	0.126	0.24	SAJ
10	0.129	0.24	SAJ
15	0.122	0.24	SAJ
30	0.103	0.24	SAJ
60	0.052	0.24	SAJ
120	0.074	0.24	SAJ
360	0.074	0.24	SAJ

*SE ACEPTA EL AJUSTE (SAJ), SI $DM < KV$, CON UN NIVEL DE SIGNIFICACION DE 0.05
*NO SE ACEPTA EL AJUSTE (SAJ), SI $DM > KV$

INTENSIDADES DE LLUVIA PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO
Y OBTENIDAS A TRAVES DEL AJUSTE ANALITICO

	5	10	15	30	60	120	360
1.5 años	101.6	78.7	64.9	46.1	30.9	15.5	4.3
2 años	115.5	88.8	73.7	51.9	34.5	18.3	5.6
5 años	149.6	113.8	95.4	66.1	43.5	25.3	8.9
10 años	172.2	130.3	109.7	75.5	49.4	29.9	11.0
15 años	185.0	139.6	117.8	80.8	52.8	32.5	12.3
25 años	200.8	151.1	127.9	87.4	57.0	35.7	13.8
50 años	222.0	166.6	141.3	96.2	62.5	40.0	15.8
100 años	243.0	182.0	154.6	105.0	68.1	44.3	17.8

PARAMETROS DE AJUSTE PARA LAS ECUACIONES DE LA FORMA
 $I = A/(t+d)^b$

T: Años	r	A	d	b
1.5	-0.9986	19481.117	40.0	1.407
2	-0.9980	2577.454	16.0	1.020
5	-0.9992	2412.143	15.0	0.939
10	-0.9993	2148.290	13.0	0.885
15	-0.9993	1879.062	11.0	0.844
25	-0.9988	1381.324	7.0	0.769
50	-0.9976	1104.403	4.0	0.704
100	-0.9972	1064.616	3.0	0.677



INTENSIDADES EN (mm/h) OBTENIDAS DEL AJUSTE
ESTACION: JINOTEGA

	Tiempo en Minuto						
	5	10	15	30	60	120	360
1.5 años	92.0	79.3	69.3	49.4	29.9	15.4	4.3
2 años	115.4	92.8	77.5	51.8	31.1	17.1	6.1
5 años	144.6	117.3	98.8	67.5	41.8	24.1	9.2
10 años	166.6	134.1	112.7	77.1	48.3	28.4	11.4
15 años	181.0	143.9	120.2	81.8	51.5	30.7	12.8
25 años	204.5	156.5	128.4	86.1	54.5	33.4	14.8
50 años	235.2	172.4	139.0	92.3	59.1	37.1	17.4
100 años	260.7	187.7	150.6	100.0	64.5	41.0	19.7

Tabla 81
COEFICIENTES DE ESCORRENTIA UTILIZADOS

Periodo de retorno T=25 años

CUENCA	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA			
	% Bosque (C=0.30)	% Pradera (C=0.40)	% Cultivo (C=0.45)	Coef. de escorrentía promedio
Alc.1	100	0	0	0.30
Alc.2	70	0	30	0.35
Alc.3	96	0	4	0.31
Alc.4	47	0	53	0.38
Alc.5	40	0	60	0.39
Alc.6	65	6	29	0.35
Alc.7	68	32	0	0.33
Alc.8	66	34	0	0.33
Alc.9	96	4	0	0.30
Alc.10	97	3	0	0.30
Alc.11	0	100	0	0.40
Alc.12	0	100	0	0.40
Alc.13	0	55	45	0.42
Alc.14	0	8	92	0.45
Alc.15	0	100	0	0.40
Alc.16	0	100	0	0.40
Alc.17	18	82	0	0.38
Alc.18	31	31	38	0.39
Alc.19	37	49	14	0.37
Alc.20	10	19	71	0.43
Alc.21	48	25	27	0.37
Alc.22	79	21	0	0.32
Alc.23	87	8	5	0.32
Alc.24	32	49	19	0.38
Alc.25	84	6	10	0.32
Alc.26	55	5	40	0.37
Alc.27	52	38	10	0.35
Alc.28	81	10	9	0.32
Alc.29	80	13	7	0.32
Alc.30	91	0	9	0.31
Alc.31	84	0	16	0.32
Alc.32	66	29	5	0.34
Alc.33	0	0	100	0.45
Alc.34	0	0	100	0.45
Alc.35	0	0	100	0.45

Tabla 82
INTENSIDADES DE LLUVIA DE JINOTEGA

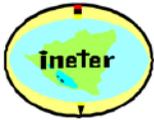
		INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES INETER					
INTENSIDADES MAXIMAS ANUALES DE PRECIPITACION (mm).							
ESTACION : JINOTEGA.							
CODIGO : 45041				Latitud : 13°06'01" N			
Periodo :1985=2014				Longitud : 86°00'08" O			
				Elevación : 990 msnm			
				Tipo : HMP			
ANOS	5	10	15	30	60	120	360
1985	198.0	115.2	84.0	59.0	44.4	30.9	6.3
1986	117.6	96.0	70.0	60.0	37.3	23.0	15.5
1987	96.0	60.0	50.0	35.2	18.0	8.1	4.4
1988	110.4	75.6	62.8	47.2	36.7	18.4	2.5
1989	111.6	74.4	73.2	56.6	34.7	18.1	2.5
1990	124.8	123.0	91.2	60.4	39.9	23.1	6.6
1991	213.6	148.8	132.4	98.0	61.7	41.7	4.9
1992	117.6	97.2	96.4	62.8	39.1	23.7	7.1
1993	120.0	114.6	72.0	54.8	35.6	22.1	8.6
1994	117.6	116.4	89.6	60.2	45.9	25.4	1.4
1995	126.0	63.0	57.2	47.4	35.1	14.8	6.5
1996	130.8	123.0	96.8	50.8	26.9	11.7	4.1
1997	102.0	69.0	53.2	38.0	36.4	24.6	7.7
1998	63.6	50.4	40.8	34.2	34.2	20.8	8.1
1999	100.8	86.4	86.4	56.4	38.0	20.2	12.5
2000	100.8	77.4	66.4	56.8	51.1	33.5	2.7
2001	108.0	85.8	69.6	44.0	25.3	24.5	6.2
2002	123.6	85.2	62.8	43.2	23.7	10.4	2.2
2003	184.8	148.2	106.0	58.0	27.3	15.5	8.4
2004	135.6	124.2	116.4	91.0	57.7	30.2	3.2
2005	102.8	74.4	60.0	42.0	27.0	14.8	6.1
2006	118.8	118.8	117.6	66.8	42.7	13.2	10
2007	240.4	149.4	139.6	96.4	55.7	6.1	3
2008	120.0	88.2	68.0	55.8	32.6	6.0	4
2009	99.7	70.9	62.1	38.4	28.0	16.5	8.1
2010	82.8	57.0	56.8	42.4	28.9	17.2	5.1
2011	118.8	99.0	68.0	43.2	29.9	15.5	0.9
2012	69.5	60.0	50.0	42.0	31.6	18.4	4.9
2013	90.0	64.8	63.2	52.0	32.9	18.2	6.4
2014	108	87	70	42.4	27.7	22.2	16.4

Tabla 84
CALCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACION E INTENSIDAD DE LLUVIA

Periodo de retorno T=25 años

CUENCA	DATOS FISIOGRAFICOS						TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (min)				INTENSIDAD (mm/h)
	ÁREA (Ha)	LONGITUD CAUCE PRINCIPAL (km)	H MAX (m)	H MIN (m)	DESNIVEL MAX (m)	PENDIENTE MEDIA (m/m)	Kirpich	Brasby-Williams	Basso	Promedio	
Alc.1	28.249	1.155	1508	1058	450	0.3894	6.39	22.91	3.36	10.88	150.36
Alc.2	1.633	0.346	1220	1041	179	0.5173	2.26	8.62	1.19	4.02	218.15
Alc.3	39.211	1.472	1460	1032	428	0.2908	8.61	29.94	4.53	14.36	131.17
Alc.4	1.800	0.327	1200	1033	167	0.5107	2.18	8.09	1.14	3.80	221.57
Alc.5	9.988	0.529	1300	1033	267	0.5047	3.17	11.05	1.66	5.29	200.60
Alc.6	7.628	0.378	1260	1044	216	0.5714	2.33	7.91	1.23	3.82	221.25
Alc.7	30.037	0.770	1300	1035	265	0.3442	4.90	15.55	2.58	7.68	175.05
Alc.8	28.990	0.706	1300	1016	284	0.4023	4.32	13.87	2.27	6.82	183.35
Alc.9	2.009	0.155	880	788	92	0.5935	1.16	3.68	0.61	1.81	259.08
Alc.10	2.207	0.175	840	774	66	0.3771	1.51	4.51	0.79	2.27	249.22
Alc.11	0.524	0.080	770	759	11	0.1375	1.22	2.91	0.64	1.59	264.26
Alc.12	0.330	0.075	700	673	27	0.3600	0.80	2.36	0.42	1.19	274.06
Alc.13	1.863	0.265	700	653	47	0.1774	2.78	8.07	1.46	4.10	216.92
Alc.14	1.395	0.128	660	631	29	0.2266	1.45	3.82	0.76	2.01	254.77
Alc.15	1.098	0.149	670	638	32	0.2148	1.66	4.60	0.87	2.38	247.02
Alc.16	1.337	0.281	640	618	22	0.0783	3.99	10.42	2.10	5.50	198.04
Alc.17	12.760	0.539	660	576	84	0.1558	5.05	13.90	2.66	7.20	179.54
Alc.18	28.859	0.906	620	546	74	0.0817	9.66	24.50	5.08	13.08	137.55
Alc.19	1.806	0.207	610	532	78	0.3768	1.72	5.44	0.90	2.69	240.92
Alc.20	2.046	0.347	580	507	73	0.2104	3.21	10.12	1.69	5.00	204.32
Alc.21	1.869	0.241	560	505	55	0.2282	2.35	6.98	1.23	3.52	226.15
Alc.22	3.206	0.338	580	504	76	0.2249	3.06	9.30	1.61	4.66	208.98
Alc.23	11.679	0.792	630	495	135	0.1705	6.56	20.23	3.45	10.08	155.76
Alc.24	1.299	0.435	580	495	85	0.1954	3.93	13.47	2.06	6.49	186.81
Alc.25	37.760	1.380	650	488	162	0.1174	11.62	33.78	6.11	17.17	119.28
Alc.26	6.194	0.788	636	483	153	0.1942	6.22	20.90	3.27	10.13	155.44
Alc.27	55.352	1.406	713	480	233	0.1657	10.32	30.92	5.43	15.56	125.79
Alc.28	13.144	0.980	670	493	177	0.1806	7.56	24.46	3.98	12.00	143.53
Alc.29	10.401	0.869	670	526	144	0.1657	7.13	22.59	3.75	11.15	148.65
Alc.30	3.840	0.345	590	535	55	0.1594	3.55	9.98	1.87	5.13	202.62
Alc.31	2.053	0.292	580	524	56	0.1918	2.91	8.67	1.53	4.37	213.03
Alc.32	24.239	1.073	700	512	188	0.1752	8.21	25.34	4.31	12.62	140.02
Alc.33	1.752	0.170	560	509	51	0.3000	1.61	4.69	0.85	2.38	246.90
Alc.34	2.866	0.247	560	510	50	0.2024	2.50	7.02	1.32	3.61	224.61
Alc.35	1.917	0.255	520	459	61	0.2392	2.41	7.29	1.27	3.66	223.92

Tabla 85
CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO
Periodo de retorno T=25 años

CUENCA	ÁREA (Ha)	INTENSIDAD (mm/h)	Coef. de escorrentía promedio	CAUDAL (m3/s)
Alc.1	28.249	150.36	0.30	3.540
Alc.2	1.633	218.15	0.35	0.341
Alc.3	39.211	131.17	0.31	4.372
Alc.4	1.800	221.57	0.38	0.420
Alc.5	9.988	200.60	0.39	2.171
Alc.6	7.628	221.25	0.35	1.638
Alc.7	30.037	175.05	0.33	4.849
Alc.8	28.990	183.35	0.33	4.931
Alc.9	2.009	259.08	0.30	0.439
Alc.10	2.207	249.22	0.30	0.463
Alc.11	0.524	264.26	0.40	0.154
Alc.12	0.330	274.06	0.40	0.100
Alc.13	1.863	216.92	0.42	0.474
Alc.14	1.395	254.77	0.45	0.440
Alc.15	1.098	247.02	0.40	0.301
Alc.16	1.337	198.04	0.40	0.294
Alc.17	12.760	179.54	0.38	2.431
Alc.18	28.859	137.55	0.39	4.278
Alc.19	1.806	240.92	0.37	0.447
Alc.20	2.046	204.32	0.43	0.494
Alc.21	1.869	226.15	0.37	0.429
Alc.22	3.206	208.98	0.32	0.597
Alc.23	11.679	155.76	0.32	1.594
Alc.24	1.299	186.81	0.38	0.254
Alc.25	37.760	119.28	0.32	4.016
Alc.26	6.194	155.44	0.37	0.976
Alc.27	55.352	125.79	0.35	6.827
Alc.28	13.144	143.53	0.32	1.695
Alc.29	10.401	148.65	0.32	1.389
Alc.30	3.840	202.62	0.31	0.678
Alc.31	2.053	213.03	0.32	0.394
Alc.32	24.239	140.02	0.34	3.172
Alc.33	1.752	246.90	0.45	0.541
Alc.34	2.866	224.61	0.45	0.805
Alc.35	1.917	223.92	0.45	0.537

Tabla 86
ESTADO DE LAS ALCANTARILLAS EXISTENTES

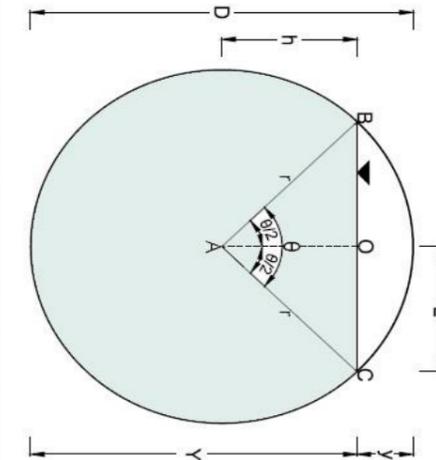
Nº DE OBRA	EST.	GEOMETRÍA DE ALCANTARILLA EXISTENTE: El Portillo (Estación 0+000) – El Cuá (Estación 11+590)					
		SECCIÓN HIDRAÚLICA	LONG. (m)	COTA DE ENTRADA (m)	COTA DE SALIDA (m)	PEND. (m/m)	Estado
Alc.1	0+106	1-ALC-42"-TCR	18.43	1041.31	1041.12	0.0103	Buen estado*
Alc.2	0+173	1-ALC-24"-TCR	15.17	1040.42	1039.34	0.0712	Buen estado
Alc.3	0+315	1-ALC-60"-TCR	9.39	1032.91	1032.19	0.0770	Buen estado
Alc.4	0+348	1-ALC-30"-TCR	16.73	1032.52	1031.65	0.0520	Buen estado
Alc.5	0+410	1-ALC-30"-TCR	13.00	1031.75	1031.49	0.0200	Buen estado
Alc.6	0+725	1-ALC-30"-TCR	15.16	1044.18	1044.00	0.0119	Mal estado*
Alc.7	1+565	1-ALC-30"-TCR	16.63	1034.83	1034.15	0.0409	Buen estado
Alc.8	2+045	1-ALC-42"-TCR	11.12	1016.56	1015.69	0.0782	Mal estado
Alc.9	3+856	1-ALC-30"-TCR	15.76	787.93	786.53	0.0888	Buen estado
Alc.10	4+026	1-ALC-30"-TCR	33.20	773.95	771.77	0.0657	Buen estado
Alc.11	4+676	1-ALC-30"-TCR	11.55	758.25	757.99	0.0225	Mal estado
Alc.12	5+499	1-ALC-30"-TCR	11.22	672.87	672.25	0.0553	Buen estado
Alc.13	5+708	1-ALC-30"-TCR	13.99	653.32	652.31	0.0725	Buen estado
Alc.14	6+166	1-ALC-30"-TCR	16.03	631.23	630.68	0.0343	Buen estado
Alc.15	6+896	1-ALC-30"-TCR	12.12	639.33	638.75	0.0479	Mal estado
Alc.16	7+145	1-ALC-30"-TCR	15.71	618.45	617.78	0.0428	Buen estado
Alc.17	7+487	1-ALC-30"-TCR	22.00	575.19	573.97	0.0555	Buen estado
Alc.18	7+672	1-ALC-30"-TCR	26.13	544.57	542.49	0.0796	Buen estado
Alc.19	8+136	1-ALC-30"-TCR	10.17	530.98	530.28	0.0688	Mal estado
Alc.20	8+548	1-ALC-30"-TCR	14.60	505.65	504.78	0.0596	Buen estado
Alc.21	8+588	1-ALC-24"-TCR	9.63	505.35	505.32	0.0031	Buen estado
Alc.22	8+870	1-ALC-30"-TCR	7.86	504.72	504.25	0.0598	Buen estado
Alc.23	9+136	1-ALC-30"-TCR	12.01	496.28	495.11	0.0974	Buen estado
Alc.24	9+186	1-ALC-30"-TCR	14.35	494.95	494.34	0.0425	Buen estado
Alc.25	9+416	1-ALC-30"-TCR	15.25	487.92	487.15	0.0505	Buen estado
Alc.26	9+537	1-ALC-30"-TCR	8.63	484.52	484.19	0.0382	Mal estado
Alc.27	9+912	1-ALC-30"-TCR	13.51	479.65	479.35	0.0222	Mal estado
Alc.28	10+149	1-ALC-30"-TCR	31.20	492.95	491.11	0.0590	Buen estado
Alc.29	10+334	1-ALC-30"-TCR	12.24	526.4	525.80	0.0492	Buen estado
Alc.30	10+787	1-ALC-30"-TCR	10.95	536.7	536.13	0.0524	Mal estado
Alc.31	10+881	1-ALC-30"-TCR	17.04	521.12	520.09	0.0604	Mal estado
Alc.32	10+953	1-ALC-48"-TCR	22.04	511.67	510.41	0.0572	Mal estado
Alc.33	11+040	1-ALC-30"-TCR	13.00	508.52	508.27	0.0194	Mal estado
Alc.34	11+250	1-ALC-30"-TCR	8.69	493.44	493.27	0.0199	Buen estado
Alc.35	11+515	1-ALC-30"-TCR	25.99	459.77	459.23	0.0208	Buen estado

* Buen estado: Alcantarillas que generalmente solo requieren limpieza de sedimentos en la salida y/o entrada.

* Mal estado: Cabezal de entrada y/o salida dañados, disipadores de energía dañados fisurados, alcantarillas aterradas.

Tabla 87
CALCULO DE PARAMETROS HIDRAULICOS

Nº DE OBRA	EST.	SECCIÓN HIDRAÚLICA	Diametro D (m)	Tirante Hidráulico Y (m)	y (m)	Radio r (m)	h (m)	L (m)	Angulo θ (°)	Área Hidráulica A_h (m ²)	Perímetro Mojado P_m (m)	Radio Hidráulico R_h (m)
Alc.1	0+106	1-ALC-42"-TCR	1.07	0.85	0.21	0.53	0.32	0.43	106.26	0.77	2.36	0.32
*Alc.2	0+173	1-ALC-24"-TCR	0.61	0.49	0.12	0.30	0.18	0.24	106.26	0.25	1.35	0.19
Alc.3	0+315	1-ALC-60"-TCR	1.52	1.22	0.30	0.76	0.46	0.61	106.26	1.56	3.37	0.46
Alc.4	0+348	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.5	0+410	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.6	0+725	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.7	1+565	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.8	2+045	1-ALC-42"-TCR	1.07	0.85	0.21	0.53	0.32	0.43	106.26	0.77	2.36	0.32
Alc.9	3+856	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.10	4+026	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.11	4+676	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.12	5+499	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.13	5+708	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.14	6+166	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.15	6+896	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.16	7+145	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.17	7+487	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.18	7+672	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.19	8+136	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.20	8+548	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
*Alc.21	8+588	1-ALC-24"-TCR	0.61	0.49	0.12	0.30	0.18	0.24	106.26	0.25	1.35	0.19
Alc.22	8+870	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.23	9+136	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.24	9+186	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.25	9+416	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.26	9+537	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.27	9+912	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.28	10+149	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.29	10+334	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.30	10+787	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.31	10+881	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.32	10+953	1-ALC-48"-TCR	1.22	0.98	0.24	0.61	0.37	0.49	106.26	1.00	2.70	0.37
Alc.33	11+040	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.34	11+250	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23
Alc.35	11+515	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23



*Nota: Cabe señalar que únicamente las alcantarillas Alc.2 y Alc.21, poseen diámetros menores a lo normalizado por el MTI, por lo tanto, se deberá tomar en cuenta por criterio de diseño que involucra la seguridad de la obra y el mantenimiento adecuado de las mismas, cambiar dichas tuberías a diámetros mayores o iguales a 30 pulgadas (0.76m) que es el mínimo recomendado por el MTI; por lo tanto sus elementos hidráulicos serán:

Nº DE OBRA	EST.	SECCIÓN HIDRAÚLICA	Diametro D (m)	Tirante Hidráulico Y (m)	y (m)	Radio r (m)	h (m)	L (m)	Angulo θ (°)	Área Hidráulica A_h (m ²)	Perímetro Mojado P_m (m)	Radio Hidráulico R_h (m)
*Alc.2	0+173	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.68	0.23
*Alc.21	8+588	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.61	0.15	0.38	0.23	0.30	106.26	0.39	1.69	0.23

Tabla 88
RESULTADOS DE LA EVALUACION DEL DRENAJE MENOR PARA EL TRAMO EN ESTUDIO.

Nº DE OBRA	EST.	SECCIÓN HIDRAÚLICA	Diametro D (m)	Área Hidráulica A _h (m²)	Radio Hidráulico R _h (m)	Coefficiente Manning n	Pendiente S ₀ (m/m)	Velocidad Calculada V _c (m/s)	Caudal Calculado Q _c (m³/s)	CAUDAL DE DISEÑO (m³/seg)	Observaciones
Alc.1	0+106	1-ALC-42"-TCR	1.07	0.77	0.32	0.013	0.0103	3.69	2.83	3.540	No cumple con los parámetros de diseño
*Alc.2	0+173	1-ALC-24"-TCR	0.61	0.25	0.19	0.013	0.0712	6.67	1.67	0.341	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.3	0+315	1-ALC-60"-TCR	1.52	1.56	0.46	0.013	0.0770	12.79	20.00	4.372	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.4	0+348	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0520	6.62	2.59	0.420	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.5	0+410	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0200	4.10	1.61	2.171	No cumple con los parámetros de diseño
Alc.6	0+725	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0119	3.16	1.24	1.638	No cumple con los parámetros de diseño
Alc.7	1+565	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0409	5.87	2.30	4.849	No cumple con los parámetros de diseño
Alc.8	2+045	1-ALC-42"-TCR	1.07	0.77	0.32	0.013	0.0782	10.16	7.79	4.931	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.9	3+856	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0888	8.65	3.38	0.439	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.10	4+026	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0657	7.44	2.91	0.463	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.11	4+676	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0225	4.36	1.70	0.154	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.12	5+499	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0553	6.82	2.67	0.100	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.13	5+708	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0725	7.81	3.06	0.474	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.14	6+166	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0343	5.38	2.10	0.440	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.15	6+896	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0479	6.35	2.48	0.301	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.16	7+145	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0428	6.00	2.35	0.294	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.17	7+487	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0555	6.84	2.67	2.431	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.18	7+672	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0796	8.19	3.20	4.278	No cumple con los parámetros de diseño
Alc.19	8+136	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0688	7.62	2.98	0.447	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.20	8+548	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0596	7.09	2.77	0.494	Cumple con los parámetros de diseño
*Alc.21	8+588	1-ALC-24"-TCR	0.61	0.25	0.19	0.013	0.0031	1.40	0.35	0.429	No cumple con los parámetros de diseño
Alc.22	8+870	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0598	7.10	2.78	0.597	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.23	9+136	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0974	9.06	3.54	1.594	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.24	9+186	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0425	5.98	2.34	0.254	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.25	9+416	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0505	6.52	2.55	4.016	No cumple con los parámetros de diseño
Alc.26	9+537	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0382	5.68	2.22	0.976	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.27*	9+912	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0222	4.33	1.69	6.827	No cumple con los parámetros de diseño
Alc.28	10+149	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0590	7.05	2.76	1.695	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.29	10+334	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0492	6.44	2.52	1.389	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.30	10+787	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0524	6.65	2.60	0.678	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.31	10+881	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0604	7.14	2.79	0.394	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.32	10+953	1-ALC-48"-TCR	1.22	1.00	0.37	0.013	0.0572	9.49	9.51	3.172	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.33	11+040	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0194	4.04	1.58	0.541	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.34	11+250	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0199	4.10	1.60	0.805	Cumple con los parámetros de diseño
Alc.35	11+515	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0208	4.18	1.64	0.537	Cumple con los parámetros de diseño

Nº DE OBRA	EST.	SECCIÓN HIDRAÚLICA	Diametro D (m)	Área Hidráulica A _h (m²)	Radio Hidráulico R _h (m)	Coefficiente Manning n	Pendiente S ₀ (m/m)	Velocidad Calculada V _c (m/s)	Caudal Calculado Q _c (m³/s)	CAUDAL DE DISEÑO (m³/seg)	Observaciones
*Alc.2	0+173	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0712	7.73	3.01	0.341	Cumple con los parámetros de diseño
*Alc.21	8+588	1-ALC-30"-TCR	0.76	0.39	0.23	0.013	0.0031	1.62	0.63	0.429	Cumple con los parámetros de diseño
*Alc.27	9+912	1-ALC-42"-TCR	1.07	0.77	0.32	0.013	0.0222	5.41	4.15	6.827	No cumple con los parámetros de diseño

*Nota: Se retirará el tubo existente de 24 pulgadas (0.61m), y se colocará una tubería de concreto reforzado, de 30 pulgadas (0.76mt), según lo establecido por el MTI. Para la Alc #27, se propone remover la tubería existente de 30" y cambiarla por una de 42" ya que se nota que el Caudal Calculado es mucho menor al Caudal de Diseño.

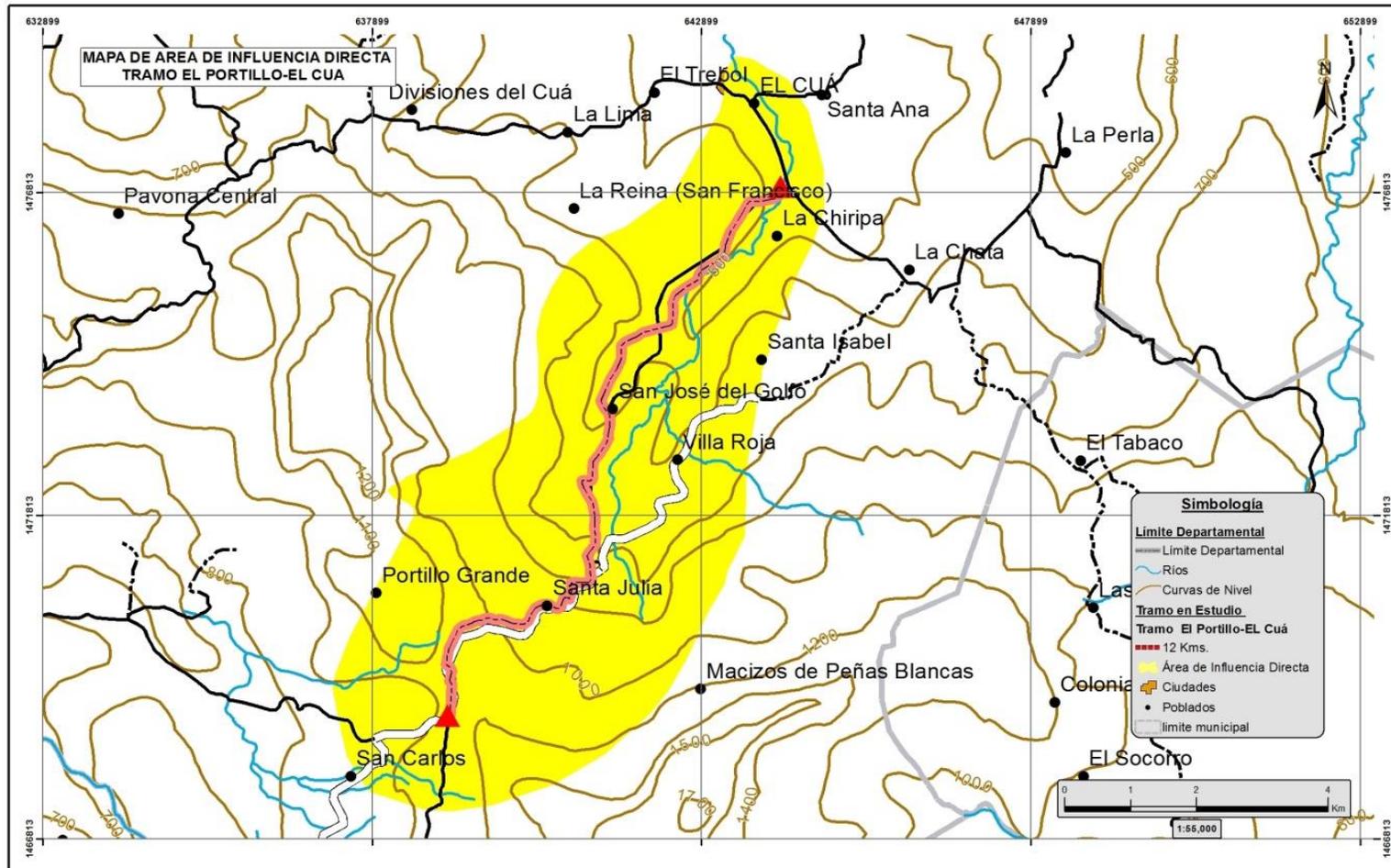
Tabla 89
RESULTADOS FINALES DEL ESTUDIO HIDRAULICO EMPALME EL PORTILLO - EL CUA

Estructura de drenaje existente						Cálculo Hidrológico	Estructura Requerida			
Nº DE OBRA	EST.	SECCIÓN HIDRAÚLICA	Diámetro D (m)	Estado	Caudal Calculado Q _c (m³/s)	CAUDAL DE DISEÑO (m³/seg)	Tubos		Caudal Calculado Q _c (m³/s)	Observaciones
							Cantidad	Diámetro (plg)		
Alc.1	0+106	1-ALC-42"-TCR	1.07	Buen estado*	2.83	3.540	2	42	5.65	Anexar una tubería de 42" (2-ALC-42"-TCR)
*Alc.2	0+173	1-ALC-24"-TCR	0.61	Buen estado	1.67	0.341	1	30	3.01	1-ALC-30"-TCR
Alc.3	0+315	1-ALC-60"-TCR	1.52	Buen estado	20.00	4.372	1	60	20.00	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.4	0+348	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	2.59	0.420	1	30	2.59	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.5	0+410	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	1.61	2.171	2	30	3.21	Anexar una tubería de 30" (2-ALC-30"-TCR)
Alc.6	0+725	1-ALC-30"-TCR	0.76	Mal estado*	1.24	1.638	2	30	2.47	Anexar una tubería de 30" (2-ALC-30"-TCR)
Alc.7	1+565	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	2.30	4.849	3	30	6.89	Anexar doble tubería de 30" (3-ALC-30"-TCR)
Alc.8	2+045	1-ALC-42"-TCR	1.07	Mal estado	7.79	4.931	1	42	7.79	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.9	3+856	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	3.38	0.439	1	30	3.38	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.10	4+026	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	2.91	0.463	1	30	2.91	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.11	4+676	1-ALC-30"-TCR	0.76	Mal estado	1.70	0.154	1	30	1.70	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.12	5+499	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	2.67	0.100	1	30	2.67	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.13	5+708	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	3.06	0.474	1	30	3.06	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.14	6+166	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	2.10	0.440	1	30	2.10	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.15	6+896	1-ALC-30"-TCR	0.76	Mal estado	2.48	0.301	1	30	2.48	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.16	7+145	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	2.35	0.294	1	30	2.35	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.17	7+487	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	2.67	2.431	1	30	2.67	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.18	7+672	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	3.20	4.278	2	30	6.41	Anexar una tubería de 30" (2-ALC-30"-TCR)
Alc.19	8+136	1-ALC-30"-TCR	0.76	Mal estado	2.98	0.447	1	30	2.98	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.20	8+548	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	2.77	0.494	1	30	2.77	Se mantiene alcantarilla existente
*Alc.21	8+588	1-ALC-24"-TCR	0.61	Buen estado	0.35	0.429	1	30	0.63	1-ALC-30"-TCR
Alc.22	8+870	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	2.78	0.597	1	30	2.78	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.23	9+136	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	3.54	1.594	1	30	3.54	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.24	9+186	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	2.34	0.254	1	30	2.34	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.25	9+416	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	2.55	4.016	2	30	5.10	Anexar una tubería de 30" (2-ALC-30"-TCR)
Alc.26	9+537	1-ALC-30"-TCR	0.76	Mal estado	2.22	0.976	1	30	2.22	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.27	9+912	1-ALC-30"-TCR	0.76	Mal estado	1.69	6.827	2	42	8.30	2-ALC-42"-TCR
Alc.28	10+149	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	2.76	1.695	1	30	2.76	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.29	10+334	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	2.52	1.389	1	30	2.52	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.30	10+787	1-ALC-30"-TCR	0.76	Mal estado	2.60	0.678	1	30	2.60	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.31	10+881	1-ALC-30"-TCR	0.76	Mal estado	2.79	0.394	1	30	2.79	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.32	10+953	1-ALC-48"-TCR	1.22	Mal estado	9.51	3.172	1	48	9.51	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.33	11+040	1-ALC-30"-TCR	0.76	Mal estado	1.58	0.541	1	30	1.58	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.34	11+250	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	1.60	0.805	1	30	1.60	Se mantiene alcantarilla existente
Alc.35	11+515	1-ALC-30"-TCR	0.76	Buen estado	1.64	0.537	1	30	1.64	Se mantiene alcantarilla existente

ANEXO G

- 7.1** Área de Influencia Ambiental.
- 7.2** Descripción General del Medio (Físico, Biológico, Socioeconómico y Cultural).
- 7.3** Factores Ambientales a ser Impactados.
- 7.4** Matrices de Valoración Ambiental.
- 7.5** Valoración de Impactos Ambientales.
- 7.6** Impactos Negativos/Fase Ejecución.
- 7.7** Medidas de Mitigación Ambiental.

Imagen 1.6
Area de influencia ambiental del proyecto.



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental: Empalme El Portillo – El Cuá, 2014.

Descripción General del medio físico, biológico, socioeconómico y cultural (Linea Base)

Geología y Geomorfología	<p>El tramo de carretera de Empalme El Portillo-El Cuá, cuenta con un tipo de geología perteneciente a la era terciario donde se encuentran formaciones principalmente del grupo Matagalpa, grupo coyol y en menor proporción el grupo cuaternario aluvial además se ubica dentro de la provincia geológica central.</p> <p>Geomorfológicamente se ubica el proyecto en Región III Provincia del Central, topográficamente son las zonas elevadas del territorio nacional, con un relieve montañoso y accidentado que varía de 500-2000 msnm.</p>	Vegetación	<p>En esta zona encontramos una variedad de flora existente, entre las especies forestales que prevalecen en las áreas de bosque, se encuentra La Caoba, El Pochote, El Cedro Real, El Cedro Macho, El Laurel, Madroño, Coyote, Bálsamo, Nancitón, Níspero, así como Jiñocuabo y Ceibas. Y abundantes plantas frutales como: ornamentales y medicinales.</p>
Suelos	<p>Los suelos pueden presentar una variación que va desde superficiales en las zonas escarpadas a profundas en las pendientes moderadas, son oscuros, franco – arcillosos, bien drenados, ricos en bases, con fertilidad de moderada a alta. Son susceptibles a la erosión, ocasionada por la topografía.</p> <p>El área de influencia del tramo de carretera empalme El Portillo– El Cuá se emplaza sobre una variedad amplia de tipos de suelo, presenta las órdenes: Alfisol y Ultisol.</p>	Fauna	<p>La Fauna es de relevancia para determinar el estado de los ecosistemas, además juega un papel muy importante en la dinámica de ellos y sobre todo en el sistema social económico de la población por la diversidad de aves, y mamíferos que suplen en gran medida las necesidades alimenticias y de sustento de la población.</p> <p>Entre las especies más comunes de animales verificadas durante el camino mediante el formato de campo para la verificación de especies terrestre los que sobresalen son: Ardilla, Paloma, Potrareña, Carpintero norteño, Corallilla norteña, Pijul, Urraca, Cascabel, Chocoyo común, Zanate clarinero, Chachalaca, Boa, Armadillo, venado, Guardatinaja.</p>
Agua	<p>Las abundantes y fuertes precipitaciones pluviales en conjunto con las condiciones naturales características de la zona, producen uno de los más densos sistemas hidrológicos del país, con una vasta potencialidad de recursos hídricos. Además de la cantidad de cuerpos de agua que cruzan por el municipio y sus comunidades. Es destacable el alto potencial para la generación de energía hidroeléctrica.</p>	Población	<p>La población estimada del tramo de Empalme El Portillo – El Cuá, cuenta según censo del año 2005 con 46,178 habitantes, de estos el 51.75 % son hombres y el 48.25 % mujeres. En la actualidad, según proyección poblacional (2010) la población asciende a 52,004 habitantes.</p>
Clima y amenazas naturales	<p>El clima del municipio es de temperaturas que oscilan entre los 19° y 21°centígrados, con grandes precipitaciones anuales de 1600 a 2000 mm que le dan características de una zona de sabana tropical.</p> <p>Según los datos recopilados por el Instituto Nicaragüense de Estudios territoriales, INETER, las amenazas del municipio de El Cuá que mostraron mayor peligro son inundación y huracanes luego en menor escala sismos, sequía y deslizamiento, en cuanto a volcanes y tsunami no representan peligro de amenaza.</p>	Economía	<p>La Población Económicamente Activa (PEA) del Municipio, representa el 26.5% de la población total municipal. Sin embargo datos proporcionados por la Alcaldía Municipal indican que un 35% de la PEA tiene ocupación plena; el 25% se encuentra en situación de subempleo y el resto en desempleo abierto.</p> <p>A nivel Nacional el municipio de El Cuá ocupa el decimonoveno lugar con la siguientes incidencias: No Pobres el 11.40 % Pobres el 22.90 % y Pobres Extremos el 65.70 %</p>

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental: Empalme El Portillo – El Cuá, 2014.

Tabla 90
Posibles Factores Ambientales a ser Impactados como
Resultado de la Ejecución del Proyecto

Componente Ambiental	Subcomponente Ambiental	Factor Ambiental	Definición
Físico	Aire	Calidad del aire	Presencia en el aire de sustancias que alteran su calidad
		Material Particulado	Afección a la calidad de aire por material particulado durante el proceso constructivo de la vía
		Nivel Sonoro	Generación de ruido relacionado con las actividades constructivas, operación y mantenimiento del proyecto vía
	Suelo	Contaminación	Degradación de la calidad del suelo por uso de combustibles, grasas, aceites, etc., para el mantenimiento de maquinaria
		Compactación	Compactación de suelo debido a circulación e intervención en la vía
	Agua	Agua Superficial	Alteración de la calidad de agua producto de las actividades constructivas del proyecto vial
		Agua Subterránea	Alteración a la calidad y a la cantidad del agua subterránea, producto de las actividades constructivas y de funcionamiento del proyecto
Biótico	Flora	Vegetación	Alteración de la cobertura vegetal existente en los predios aledaños a la vía y que pueden ser removidos por la ampliación de la misma
	Fauna	Ahuyamiento de las especies	Disminución de la población por alteración de su hábitat en la zona en la que se desarrollará el proyecto
Socioeconómico	Población	Tráfico vehicular y peatonal	Interrupción temporal y alteración del tráfico durante construcción (rectificación y mejoramiento) y operación del proyecto
		Accesos	Cierre parcial y temporal de caminos y accesos a propiedades y a la comunidad
		Disposición de residuos orgánicos e inorgánicos	Contaminación de suelo debido a la incorrecta disposición de residuos de tipo orgánico e inorgánico generados por actividades adicionales de los obreros como alimentación y aseo; así como también por la disposición incorrecta de escombros y material de excavación procedente del proceso constructivo
		Calidad de vida y Bienestar	Alteración del bienestar ciudadano de las personas que habitan en el área de influencia
		Infraestructura	Interrupción temporal de servicios para la construcción de la obra básica, cunetas, colocación, mejoramiento y reposición de alcantarillas.
		Relaciones Comunitarias	Afectación de relaciones comunitarias durante el proceso de indemnización y compensación de predios ubicados dentro del derecho de vía. Posibles molestias generadas durante el proceso constructivo
		Salud	Alteración de la salud del personal que laborará en el proyecto.
		Seguridad	Riesgos a los que están expuestos los trabajadores y usuarios de la vía en la intervención (actividades vinculadas con la rectificación, mejoramiento y mantenimiento)
		Accidentes	Riesgo de ocurrencia de accidentes por condiciones inseguras en los lugares de trabajo (falta de señalización, uso de equipos/implementos de protección personal)

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental: Empalme El Portillo – El Cuá, 2014.

Tabla 91

Proyecto tramo de carretera Empalme el Portillo El Cuá de 11.59 Km

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS NEGATIVOS											
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO			ETAPA: EJECUCION								
			ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO								
			Instalación de Campamentos y Planteles	Abra y Destronque	Excavación y Terraplén	Explotación de Bancos de Materiales	Explotación de fuentes de agua	Desvíos provisionales de servicios y obras complementarias	Construcción obras de drenaje menor	Construcción de la Base	Colocación de Superficie de Rodamiento
MEDIO	FACTOR	COD	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
MEDIO ABIOTICO Y AMENAZAS NATURALES	Geología y geomorfología	M1			X	X					
	Suelo	M2	X	X	X	X		X	X		
	Agua	M3	X	X	X		X		X		
	Clima y amenazas naturales	M4		X							
	Paisaje	M5							X		
MEDIO BIOTICO	Vegetación	M6	X	X		X		X	X		
	Fauna	M7		X							
MEDIO SOCIO ECONOMICO-CULTURAL	Población	M8	X	X		X	X	X			
	Equipamiento social	M9						X			
	Economía	M10									
	Usos del suelo	M11				X					
	Comunidades indígenas	M12									
	Patrimonio histórico y cultural	M13									
	Áreas protegidas	M14		X							

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental: Empalme El Portillo – El Cuá, 2014.

Tabla 92

Proyecto tramo de carretera Empalme el Portillo - El Cuá de 11.59 Km
MATRIZ PARA LA VALORACION DE IMPACTOS NEGATIVOS

ETAPA: EJECUCION																																							
I M P A C T O S	VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE IMPACTOS																														Importancia [I= - (3IN + 2EX + MO + PE + RV+ AC + PB + EF + PR + PS)]	Valor Máximo de Importancia							
	(-)	(+)	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4			8	12					
	impacto perjudicial	impacto beneficioso	Baja	Media	Alta	Muy alta	Total	Puntual	Parcial	Extenso	Total	Crítica	Largo plazo	Medio plazo	Inmediato	Fugaz	Temporal	Permanente	Recuperable a c. Plazo	Recuperable a m. plazo	Irrecuperable	Simple (sin sinergia)	Sinérgico	Acumulativo	Probable	Dudoso	Cierto	Indirecto	Directo	Irregular y discontinuo			Periódico	Continuo	Mínima	Media	Alta	Máxima	Total
	Signo	I	Ex	Mo	Pe	Rv	Ac	Pb	Ef	Pr	PS	S	S																										
A1M2	(-)	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-16	-100		
A1M3	(-)	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-16	-100	
A1M6	(-)	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-16	-100	
A1M8	(-)	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-19	-100	
A2M2	(-)	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-19	-100	
A2M3	(-)	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-18	-100	
A2M4	(-)	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-15	-100	
A2M6	(-)	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-20	-100	
A2M7	(-)	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-19	-100	
A2M8	(-)	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-19	-100	
A2M14	(-)	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-19	-100	
A3M1	(-)	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-16	-100	
A3M2	(-)	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-17	-100	
A3M3	(-)	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-15	-100	
A4M1	(-)	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-17	-100	
A4M2	(-)	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-21	-100	

Tabla 92

Proyecto tramo de carretera Empalme el Portillo - El Cuá de 11.59 Km
MATRIZ PARA LA VALORACION DE IMPACTOS NEGATIVOS

ETAPA: EJECUCION																																							
IMPACTOS	VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE IMPACTOS																														Importancia [I= - (3IN + 2EX + MO + PE + RV+ AC + PB + EF + PR + PS)]	Valor Máximo de Importancia							
	(-)	(+)	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4			8	12					
	impacto perjudicial	impacto beneficioso	Baja	Media	Alta	Muy alta	Total	Puntual	Parcial	Extenso	Total	Crítica	Largo plazo	Medio plazo	Inmediato	Fugaz	Temporal	Permanente	Recuperable a c. Plazo	Recuperable a m. plazo	Irrecuperable	Simple (sin sinergia)	Sinérgico	Acumulativo	Probable	Dudoso	Cierto	Indirecto	Directo	Irregular y discontinuo			Periódico	Continuo	Mínima	Media	Alta	Máxima	Total
	Signo	I	Ex	Mo	Pe	Rv	Ac	Pb	Ef	Pr	PS	S	S																										
A4M6	(-)	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-21	-100	
A4M8	(-)	1	1	4	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-17	-100
A4M11	(-)	1	1	4	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-17	-100
A5M3	(-)	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-18	-100
A5M8	(-)	1	1	4	1	1	4	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-17	-100
A6M2	(-)	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-17	-100
A6M6	(-)	1	1	4	1	1	4	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-18	-100
A6M9	(-)	2	1	4	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-21	-100
A6M8	(-)	1	1	4	1	1	4	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-18	-100
A7M2	(-)	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-16	-100
A7M3	(-)	1	1	4	1	1	4	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-18	-100
A7M5	(-)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-14	-100
A7M6	(-)	1	1	4	2	1	4	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-18	-100

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental: Empalme El Portillo – El Cuá, 2014.

I = Intensidad (grado de destrucción)

EX = Extensión (Área de influencia)

MO = Momento (plazo de manifestación)

PR = Persistencia (permanencia del efecto)

RV = Reversibilidad (recuperabilidad)

AC = Acumulación (incremento progresivo)

PB = Probabilidad (certidumbre de aparición)

EF = Efecto (relación causa efecto)

PR = Periodicidad (regularidad de manifestación)

PS = Percepción social (grado de percepción del impacto por la población)

Tabla 93

Proyecto tramo de carretera Empalme el Portillo - El Cuá de 11.59 Km
MATRIZ DE IMPORTANCIA IMPACTOS NEGATIVOS
 Fase: Ejecución

ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO														
MEDIO Y FACTORES			Instalación de campamentos y planteles	Abra y destronque	Excavación y Terraplenado	Explotación de bancos de Materiales	Explotación de fuentes de Agua	Desvíos provisionales de servicios y obras complement.	Construcción obras de drenaje menor	Construcción de la Base	Colocación de Superficie de Rodamiento	Valor de la Alteración	Máximo valor de la Alteración	Grado de Alteración
MEDIO	FACTOR	COD	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9			
MEDIO ABIOTICO Y AMENAZAS NATURALES	GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M1			-16	-17						-33	200	-17
	SUELO	M2	-16	-19	-17	-21		-17	-16			-106	600	-18
	AGUA	M3	-16	-18	-15		-18		-18			-85	500	-17
	CLIMA Y AMENAZAS NATURALES	M4		-15								-15	100	-15
	PAISAJE	M5							-14			-14	100	-14
MEDIO BIOTICO	VEGETACION	M6	-16	-20		-21		-18	-18			-93	500	-19
	FAUNA	M7		-19								-19	100	-19
MEDIO SOCIO-ECONOMICO Y CULTURAL	POBLACION	M8	-19	-19		-17	-17	-18				-90	500	-18
	EQUIPAMIENTO SOCIAL	M9						-21				-21	100	-21
	ECONOMIA	M10										0	0	0
	USOS DE SUELO	M11				-17						-17	100	-17
	COMUNIDADES INDIGENAS	M12										0	0	0
	PATRIMONIO HISTORICO Y CULTURAL	M13										0	0	0
	AREAS PROTEGIDAS	M14		-19								-19	100	-19
Valor Medio de Importancia				-18										
Dispersión Típica				2										
Rango de Discriminación			-16		-20									
Valor de la Alteración			-67	-129	-48	-93	-35	-74	-66	0	0	-512		
Máximo Valor de Alteración			400	700	300	500	200	400	400	0	0		2900	
Grado de Alteración			-17	-18	-16	-19	-18	-19	-17	0	0			-18

	VALOR ALTO
	VALOR BAJO
	VALOR MEDIO

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental: Empalme El Portillo – El Cuá, 2014.

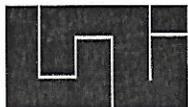
Tabla 94
**MEDIDAS AMBIENTALES DERIVADAS DE LA MATRIZ
 DE IMPORTANCIA IMPACTOS NEGATIVOS**

ACT.	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACION	RESP.
INSTALACION DE CAMPAMENTOS Y PLANTELES	Contaminación de las corrientes superficiales de agua. Afectación a la Población	Instalación de sanitarios portátiles, incluyendo el tratamiento de aguas residuales y eliminación de químicos. En caso de existir una población cercana se deberá conectar al drenaje municipal. Vigilar que no existan vertimientos de aguas residuales, desechos de obra, ni fecalismo en ríos, arroyos o canales de riego.	CONTRATISTA
ABRA Y DESTRONQUE	Afectaciones al suelo por debidas a la erosión.	Siembra de engramado en taludes de relleno. Medida correctiva tendiente a estabilizar taludes inestables mediante la siembra de Vetiver con tierra vegetal, para evitar la erosión.	CONTRATISTA
	Afectaciones a la vegetación.	Siembra de plantas por medio de postes vivos en cercas. Con ésta medida se contribuye con el ornato y la seguridad del derecho de vía.	
	Contaminación del suelo	Evitar el uso de herbicidas o agroquímicos	
EXPLOTACION DE BANCOS DE MATERIALES	Aumento en los niveles de emision de Polvo. Afectación del Suelo	Utilizar vehículos cubiertos y manejar los materiales húmedos. El límite de velocidad para los camiones del contratista se debe establecer a una velocidad de 30km/hora en los centros poblados de esta manera se disminuye el material particulado en suspensión (polvo) y el ruido.	CONTRATISTA
	Eliminación de la cubierta vegetal	En la etapa de abandono se deberá restituir el suelo. Se deberá realizar la arborización en las áreas utilizadas para bancos de préstamo.	
EXPLOTACION DE FUENTES DE AGUA	Modificación de cauces	Contar con un buen proyecto hidrológico Evitar el desvío de las corrientes superficiales (si es posible construir vados)	CONTRATISTA
	Calidad del agua	Evitar arrojar desechos en las corrientes superficiales producto de la construcción.	
	Aprovechamiento de las fuentes de agua	Se debe establecer un sistema de extracción de agua de manera que no exista contaminación del recurso por lo que el camión cisterna no debe tener contacto con el agua, la bomba a utilizar debe ser estacionaria y colocada a 30m del cuerpo de agua.	

ACT. = Actividad a ser impactada

Resp. = Responsable

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental: Empalme El Portillo – El Cuá, 2014.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION hace constar que:

CRUZ SÁNCHEZ MARIA VIRGINIA

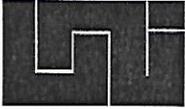
Carne: 2009-29766 Turno Diurno Plan de Estudios 97 de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es EGRESADO de la Carrera de INGENIERIA CIVIL.

Se extiende la presente CARTA DE EGRESADO, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los doce días del mes de abril del año dos mil dieciocho.

Atentamente,



Dr. Francisco Efraín Chamorro Blandón
Secretario de Facultad



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION** hace constar que:

BARRIOS PÉREZ TIRONE JOSÉ

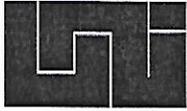
Carne: **2009-29741** Turno **Diurno** Plan de Estudios **97** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA CIVIL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los doce días del mes de abril del año dos mil dieciocho.

Atentamente,

Dr. Francisco Efraín Chamorro Blandón
Secretario de Facultad





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION** hace constar que:

SALINAS LÓPEZ ERNESTO JOSÉ

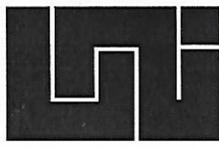
Carne: **2009-29940** Turno **Diurno** Plan de Estudios **97** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA CIVIL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los doce días del mes de abril del año dos mil dieciocho.

Atentamente,

Dr. Francisco Efraín Chamorro Blandón
Secretario de Facultad





HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2018

No. Recibo **91439** No. Inscripción **1307**

NOMBRES Y APELLIDOS: Maria Virginia Cruz Sánchez

CARRERA: INGENIERIA CIVIL CARNET: 2009-29766 TURNO:

PLAN DE ESTUDIO: 97 SEMESTRE: PRIMER SEMESTRE FECHA: 12/04/2018
2018

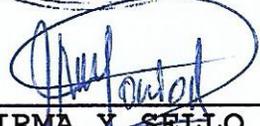
No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1	ULTIMA LINEA					



F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura

ISOZA

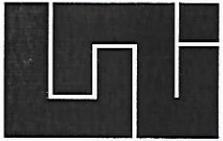
GRABADOR



**FIRMA Y SELLO DEL
 FUNCIONARIO**

**FIRMA DEL
 ESTUDIANTE**

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
SECRETARIA ACADEMICA**

**HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2018**

No. Recibo **94438** No. Inscripción **1305**

NOMBRES Y APELLIDOS: Tirone José Barrios Pérez **TURNO:**
CARRERA: INGENIERIA CIVIL **CARNET:** 2009-29741
PLAN DE ESTUDIO: 97 **SEMESTRE:** PRIMER SEMESTRE **FECHA:** 12/04/2018
2018

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1	ULTIMA LINEA					



F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

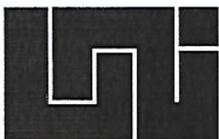
ISOZA

GRABADOR

**FIRMA Y SELLO DEL
FUNCIONARIO**

**FIRMA DEL
ESTUDIANTE**

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
SECRETARIA ACADEMICA**

**HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2018**

No. Recibo **91440**

No. Inscripción **1306**

NOMBRES Y APELLIDOS: Ernesto José Salinas López

CARRERA: INGENIERIA CIVIL

CARNET: 2009-29940

TURNO:

PLAN DE ESTUDIO: 97

SEMESTRE: PRIMER SEMESTRE
2018

FECHA: 12/04/2018

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1	ULTIMA LINEA					



F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

ISOZA

GRABADOR

FIRMA Y SELLO DEL
FUNCIONARIO

FIRMA DEL
ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 12-abr.-2018