



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Curso De Titulación
Diseño de Obras Viales

Tesina

**Diseño de 6,510 metros lineales de estructura de pavimento
flexible tramo de carretera Ochomogo-Mancarrón
Municipio de Belén, Rivas.**

Para optar al título de:
Ingeniero Civil.

Presentado por:

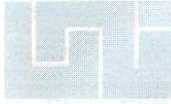
Br. Troile José Delgado Téllez.

Br. Gonzalo David Sequeira Hernández.

Tutor

M.S.c: José Fernando Bustamente.

Managua, Nicaragua
Enero del 2012.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DEPARTAMENTO DE VIAS DE TRANSPORTE

Managua, Nicaragua
Noviembre 18 del 2011

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano de la F.T.C.
Su Despacho.-

Estimado Dr. Gutiérrez

Me es grato dirigirme a usted, en ocasión de comunicarle que después de haber revisado el trabajo de Tesina titulado **“Diseño de 6,510 ML de Estructura de Pavimento Flexible Tramo de Carretera Ochomogo – el Macarrón Municipio de Belén, Rivas.”** Realizado por los Brs. **Troilo Juan José Delgado Téllez y Gonzalo David Sequeira Hernández.**

Lo he encontrado satisfactorio y doy mi aprobación para su presentación y defensa y confiando en que los sustentantes serán capaces de defender con seguridad el trabajo realizado por ellos.

Atentamente,

Ing. José Fernando Bustamante A.
Tutor
UNI - RUPAP

CC: Archivo.-



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.119
Managua, abril 21 del 2010

Bachilleres
TROILO JUAN JOSE DELGADO TELLEZ
GONZALO DAVID SEQUEIRA HERNANDEZ
Presente

Estimados Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tesina titulado "DISEÑO DE 6,510 ML. DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE TRAMO DE CARRETERA OCHOMOGO – EL MANCARRON MUNICIPIO DE TOLA, RIVAS", ha sido aprobado por esta Decanatura.

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

La fecha límite, para que presenten concluido su trabajo final, debidamente revisado por el tutor guía el 25 de junio del 2010.

Esperando puntualidad en la entrega del documento, me despido.

Atentamente,



DR.ING. OSCAR GUTIERREZ SOMARRIBA
Decano

CC: Protocolo
Tutor
Archivo*Consecutivo
DIOGS*mary



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

EC-FTC-REF-No.950

Managua, noviembre 11 del 2010

Bachilleres
TROILO JOSE DELGADO TELLEZ
GONZALO DAVID SEQUEIRA HERNANDEZ
Tesisista
Su atención

Estimado Bachiller:

Atendiendo su solicitud con fecha junio 30, de cambio de tutor para la Tesina, del curso de titulación de OBRAS HORIZONTALES titulada "DISEÑO DE 6,510, ml DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO DE CARRETERA OCHOMOGO - EL MANCARRON, MUNICIPIO DE BELEN RIVAS, tutoriada por el Ing. ISRAEL MORALES.

Esta Decanatura autoriza al Ing. JOSE FERNANDO BUSTAMANTE ARTEGA, seguir con la tutoría de este tema de trabajo final.

Sin otro particular, me despido.

Atentamente,

DR. ING. OSCAR GUTIERREZ SOMARRIBA
Decano



Cc: Tutor
Archivo-Consecutivo



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
COORDINACIÓN DE NORMATIVAS DE CULMINACIÓN DE
ESTUDIOS**

HOJA DE CONCLUSIÓN DE TESINA

NOMBRE DE LOS SUSTENTANTES: 1) Troilo José Delgado Téllez 2) Gonzalo David Sequeira Hernández
NOMBRE DEL CURSO: Curso de Titulación de Obras Viales 2009 - 2010
NOMBRE DE LA TESINA: “Diseño de 6,510 metros lineales de estructura de pavimento flexible proyecto Ochomogo – Mancarrón, municipio de Belén, Rivas”
ESPECIFIQUE AL MENOS DOS ÁREAS DE CONOCIMIENTO QUE ABORDARAN EN LA TESINA: 1) Estudio de suelos 2) Estudio de tránsito 3) Diseño de la estructura de pavimento flexible
FECHA DE DEFENSA: 13 de enero del 2012
VALORACIÓN DEL TUTOR SOBRE LA TESINA: He leído y revisado, dicha Tesina, la cual cumple con los objetivos propuestos, por tal razón la encuentro satisfactoria para que haga la defensa ante las autoridades académicas correspondientes.
JURADO CALIFICADOR DE LA TESINA: 1) Presidente: Ing. Marvin Antonio Blanco Rodríguez 2) Secretario: Ing. Iván Antonio Matus Lazo 3) Vocal: Ing. Claudia Verónica Reyes Romero
FIRMA COORDINADOR: _____

FIRMA DEL TUTOR _____.

M.Sc. Ing. José Fernando Bustamante Arteaga

DEDICATORIA

DEDICO ESTE TRABAJO A DIOS NUESTRO SEÑOR: Por el amor, la sabiduría y la paciencia que me regala, por enfrentar los retos de esta carrera y por haberme permitido llegar hasta este momento, por darme la fortaleza necesaria para sobrellevar los problemas y no dejarme vencerme, por la sabiduría que me regalo para hacer siempre lo correcto. “Te haré perspicacia y te instruiré en el camino que debes ir” (Salmo 32:8).

A MI VALIENTE Y HERMOSA MADRE: Por todo el amor que me ha brindado a lo largo de la vida, la entrega, amistad, sacrificio, la educación y el apoyo incondicional y necesario para concluir mis estudios, y que ella me brindo en todos estos años, ella es:

SONIA MARÍA TÉLLEZ CASTRO

A LA MEMORIA DE MI PADRE: JUAN ALEJANDRO DELGADO SANDOVAL (Q.E.P.D.), por todo el apoyo que me brindó, por la confianza que depositó en mí y por estar siempre presente en mi vida, cuya luz y amor siguen iluminando mi vida.

A MIS QUERIDOS HERMANOS: En quien siempre he encontrado el calor fraterno de la hermandad, por su valiosa ayuda en la creación de esta Tesina, y quienes siempre han estado a mi lado y cuyo amor y apoyo no tienen límites, ellos son:

ALEJANDRO BENITO DELGADO TÉLLEZ

EDGARD GERARDO DELGADO TÉLLEZ

ORLANDINA PATRICIA TÉLLEZ LÓPEZ

A MI TIA: CELIA TELLEZ CASTRO (Q.E.P.D.). Sus oraciones y consejos siempre los tendré presente.

A MI ABUELA: AURA LILA TÉLLEZ CASTRO (Q.E.P.D.), por todo el cariño que me regaló en vida.

A MI SEÑORA: MERCEDES ISABEL SALGADO PICHARDO. Compañera y amiga, con su siempre oportuno apoyo y comprensión, compartiendo los esfuerzos, sacrificios y logros.

A MIS MAESTROS: Formadores de los Ingenieros Civiles, del presente y del futuro, quienes moldean los conocimientos que voy adquiriendo.

Por último, **A MI HIJA: ILENIA PAMELA DELGADO RÍZO,** a quien debo el comienzo de mi vida y de este viaje. Mi hija es la joya más valiosa de mi vida y con su mera existencia me impregna de luz cada vez que respiro.

Br. Troilo José Delgado Téllez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a ti Dios Mío, por haberme permitido llegar hasta este punto, por darme el regalo de la vida, por brindarme salud, fortaleza, protección y sabiduría, gracias por tu infinita bondad y amor.

A mi querida madre **Rosario Hernández**, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi querido padre **Gonzalo Sequeira**, por su amor y protección, quien supo enseñarme valores muy importantes en la vida, de quien aprendí el amor al estudio...espero ser tu orgullo.

A mis queridos hermanos **Aracely, Daniel y Rubén**, por que siempre he contado con ellos para todo, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido; por el apoyo y amistad.

¡Gracias!

A mis maestros, quienes a lo largo de mi vida me han transmitido el conocimiento que me ha llevado a culminar mi carrera.

A la Universidad Nacional de Ingeniería y en especial a la Facultad de Tecnología de la Construcción por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.

Br. Gonzalo David Sequeira Hernández

AGRADECIMIENTO

En primer término queremos agradecer a Yavé Dios todo poderoso por brindarnos su protección, sabiduría, y fortaleza día a día, que me iluminó en esta tarea hasta culminarla. “¡Cómo te quiero, oh Señor, fuerza mía!” (Salmo 18:1).

A nuestro Tutor Guía de la presente investigación **M.Sc. Ing. José Fernando Bustamante Arteaga** por su dedicación, disposición y ayuda para elaborar nuestra Tesina, y empeño en la enseñanza que pone de manifiesto la calidad como maestro y persona.

Es justo reconocer que para la elaboración de este trabajo de Tesina contamos con la valiosa ayuda y solidaria conducción de nuestro colega y hermano **Dr. Edgard Delgado Téllez** quien con su dedicación nos transmitió valiosos elementos de orientación metodológica y científica en la confección y ejecución de este trabajo.

A nuestros amigos **Ing. Iván Enrique Martínez Olivar, Ing. Jairo Ulises Gutiérrez Meza**, quienes participaron en la asesoría del presente trabajo, al **Ing. Alfredo José Sandino Martínez** por su valiosa ayuda brindada.

A nuestros familiares, amigos y compañeros de trabajo que nos tuvieron tanta paciencia, apoyo y dispensas, por participar de nuestros logros, y compartir nuestras tristezas y alegrías, al sacrificar momentos juntos de diversión, trabajo para poder culminar esta obra de la que juntos tenemos que estar gozosos.

A todas las personas que con su apoyo incondicional hicieron posible este esfuerzo y que no es posible mencionar todos sus nombres, lo que no desvalora nuestra gratitud y estima hacia ellas.

Finalmente, al culminar una etapa más de nuestra vida estudiantil, dedicamos este proyecto a todos nuestros compañeros y amigos para que algún día lo puedan leer y les sirva como herramienta de aprendizaje.

LOS AUTORES.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO.....	I
INTRODUCCIÓN.....	III
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	1
I.1 ANTECEDENTES.....	1
I.2 LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
I.3 JUSTIFICACIÓN.....	6
I.4 OBJETIVOS.....	8
CAPÍTULO II: ESTUDIO DE TRÁNSITO.....	10
II.1 CLASIFICACIÓN DEL TRÁNSITO.....	10
II.2 CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS.....	11
II.2.1 COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO.....	13
II.3 AFOROS O CONTEOS VEHICULARES.....	14
II.4 TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL DE DISEÑO (TPDA).....	17
II.5 PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO.....	17
II.5.1 TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR EN EL MUNICIPIO DE BELÉN.....	18
II.5.2 TASA DE CRECIMIENTO ECONÓMICO DEL PAÍS.....	18
II.5.3 TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL.....	20
II.5.4 TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL DEL MUNICIPIO DE BELÉN.....	24
II.5.5 ESTIMACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR	

DE LA ZONA EN ESTUDIO.....	25
II.6 TRÁNSITO DE DISEÑO.....	26
II.6.1 FACTOR DE CRECIMIENTO.....	27
II.6.2 FACTOR DIRECCIONAL.....	28
II.6.3 FACTOR DE CARRIL.....	28
CAPÍTULO III: ESTUDIO DE SUELO.....	31
III.1 INTRODUCCIÓN.....	31
III.2 GENERALIDADES.....	31
III.3 SONDEOS MANUALES A LO LARGO DEL TRAMO.....	32
III.3.1 TRABAJOS DE LABORATORIO.....	32
III.3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO.....	34
III.3.2.1 ANÁLISIS DE MATERIALES DEL SITIO.....	34
III.3.3 SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA.....	36
III.3.4 BANCOS DE PRÉSTAMOS.....	37
III.3.4.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS BANCOS DE	
MATERIALES.....	37
III.3.4.2 ANÁLISIS DE LOS MATERIALES DE BANCOS DE	
PRÉSTAMO.....	39
CAPÍTULO IV: DISEÑO DEL ESPESOR DE LA ESTRUCTURA DE	
PAVIMENTO.....	44
IV.1 INTRODUCCIÓN.....	44
IV.2 VARIABLES PARA EL DISEÑO.....	45
IV.2.1 EL TRÁNSITO.....	45
IV.2.2 MÉTODO DE DISEÑO.....	45
IV.2.3 CÁLCULO DE LOS EJES ESTÁNDARES EQUIVALENTES	
DE DISEÑO (ESAL'S; EQUIVALENT STANDARD AXIAL	
LOAD).....	46
IV.2.3.1 FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGA	

(FACTOR ESAL'S).....	48
IV.2.3.2 PESO POR EJES	48
IV.3 PARÁMETROS DE DISEÑO	49
IV.3.1 PARÁMETROS DE CONFIABILIDAD (R)	49
IV.3.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S_0)	50
IV.4 CRITERIOS DE COMPORTAMIENTO	52
IV.4.1 SERVICIABILIDAD (ΔPSI)	52
IV.4.2 CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN DE LOS MATERIALES QUE CONFORMAN LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	54
IV.4.2.1 MÓDULO DE RESILENCIA DE LA SUBRASANTE (M_r)	54
IV.4.2.2 COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA (a_i)	56
IV.4.2.3 CARPETA DE RODAMIENTO O CARPETA ASFÁLTICA (a_1)	56
IV.4.2.4 BASE TRATADA CON CEMENTO (a_2)	57
IV.4.2.5 SUB-BASE	58
IV.4.2.6 SUBRASANTE	58
IV.5 COEFICIENTES DE DRENAJE (m_n o m_i)	59
IV.6 CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	61
IV.6.1 CÁLCULO DEL CBR DE DISEÑO	61
IV.6.2 ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO DE LOS MATERIALES DE BANCOS DE PRÉSTAMOS	63
IV.7 CÁLCULO DE ESPESORES DEL PAVIMENTO (MÉTODO A.A.S.H.T.O.)	65
IV.7.1 ESPESORES PROPUESTOS PARA LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	65
IV.7.2 APLICACIÓN DEL MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO	68
IV.7.3 CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE	

LA RESISTENCIA DE LAS CAPAS (a_n).....	69
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
CONCLUSIONES.....	74
RECOMENDACIONES.....	78
BIBLIOGRAFÍA.....	80
ANEXOS.....	83
ANEXO A-I: RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS DE EST. 0+00 A EST. 6+625.....	84
ANEXO A-II: INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO DE EST. 0+00 A EST. 6+500.....	98
ANEXO A-III: GRÁFICO N°. III.3.2.2.1 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO.....	124
ANEXO B-I: TABLA N°. IV.2.3.1. DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES.....	131
ANEXO B-II: FACTORES EQUIVALENTES DE CARGA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES EJES SIMPLES, TANDEM Y TRIDEM.....	132
ANEXO B-III: TABLA N°. IV.2.3.5. PESO DE CARGA POR EJE.....	135
TABLA N°. IV.2.3.6. DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES....	135

ANEXO B-IV: TABLA N°. IV.2.3.7. ESTRUCTURA Y CARGA DE VEHÍCULO POR TIPO DE EJE.....	136
ANEXO B-V: TABLA N°. IV.2.3.8. NIVELES DE CONFIABILIDAD (R) SUGERIDAS PARA DIFERENTES CARRETERAS.....	137
ANEXO B-VI: TABLA N°. IV.2.3.9. VALORES Z_r EN FUNCIÓN DE LA CONFIABILIDAD.....	137
ANEXO B-VII: GRÁFICO DE NOMOGRAMA IV.4.2.2.1 Variación de (a_1) en carpeta asfáltica para diferentes parámetros de resistencia.....	138
ANEXO B-VIII: GRÁFICO NOMOGRAMA IV.4.2.2.2 Variación de (a_2) en bases tratadas con cemento para diferentes parámetros de resistencia.....	139
ANEXO B-IX: RESULTADOS DE ENSAYES DE LABORATORIO DE MUESTRAS DE BANCOS DE MATERIALES.....	140
ANEXO B-X: VALOR DEL CBR DE DISEÑO GRÁFICO IV.6.1.1.....	147
ANEXO B-XI: ESTABILIZACION CON CEMENTO PORTLAND.....	149
ANEXO B-XII: TABLA N°. IV.7.1.1 ESPEORES MÍNIMOS SUGERIDOS DE CAPAS COMO FUNCIÓN ESAL'S.....	151
ANEXO B-XIII: Figura IV.7.2.1: Valores de parámetros, que fueron necesarios utilizar en el programa “Pavement	

Analysis Software”, Pavement Desing and Analysis, versión 5.0. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL “SN”.....	152
Figura IV.7.2.2: Resultados de espesores requeridos para el diseño de pavimentos según el programa “Pavement Analysis Software”, Pavement Desing and Analysis, version 5.0. ESPESORES OBTENIDOS, MÉTODO A.A.S.H.T.O.....	153
ANEXO C: TIPOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN VEHICULAR DE CONTEOS DE TRÁFICO DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS PMS.....	154
ANEXO D: TRAMO DE CARRETERA DEL PROYECTO.....	156
ANEXO E: INICIO DEL PROYECTO. ENTRADA KILOMETRO 82.50 CARRETERA MANAGUA - RIVAS. EL TRAMO DE LA CARRETERA EN ESTUDIO SE ENCUENTRA EN EL DEPARTAMENTO DE RIVAS.....	157
SITUACIÓN ACTUAL DEL CAMINO.....	158
FINAL DEL PROYECTO. ENTRADA A LA COMARCA ESCALANTE KILOMETRO 6.625. CARRETERA AL BALNEARIO SALINAS DE NAHUALAPA.....	161

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio investigativo de carácter descriptivo, comprende la información y los criterios necesarios para el diseño de la estructura de pavimento flexible aplicando el método A.A.S.H.T.O. versión 1993. Se presentan algunos conceptos básicos, así como las especificaciones que se deben tomar para la elección de ciertas variables que son útiles para el diseño de una estructura que cumpla con los espesores mínimos recomendados por el método antes mencionado.

Este trabajo está constituido por cinco capítulos, donde cada uno de los cuales aborda un tema específico.

El capítulo I: Este es el capítulo que aborda las generalidades del tema, tales como: antecedentes, localización y ubicación del tramo, justificación y objetivos.

El capítulo II: En este se presenta el estudio de tránsito, en el cual se realizó el conteo vehicular para obtener el tránsito promedio diario semanal, realizado durante siete días consecutivos las 24 horas al día, donde se refleja la composición del tránsito y la proyección vehicular para un período de diseño de veinte años, a través de una tasa de crecimiento estimada, tomando en cuenta todos las variables que la afectan.

El capítulo III: Es el estudio donde se analiza el comportamiento físico – mecánico de los suelos que soportarán las cargas inducidas por la cantidad de ejes equivalentes de diseño, el análisis granulométrico y su respectiva clasificación utilizando el método de la American Association of State Highway and Transportation Officials (A.A.S.H.T.O.).

El capítulo IV: Este comprende el diseño de la estructura de pavimento flexible, en el que será necesario el cálculo de los ejes equivalentes para el período de diseño; además se detalla el procedimiento para seleccionar los parámetros de diseño tales como: confiabilidad, serviciabilidad, desviación estándar y el CBR de diseño, el cual servirá como base para determinar el modulo de resiliencia y el valor de los coeficientes estructurales.

Posterior a esto se determinaron los espesores requeridos en la estructura de pavimento para lo cual se implemento el programa A.A.S.H.T.O. 93 Paviment Design.

El capítulo V: Aquí se presentan las conclusiones a las que se llegó una vez terminado el diseño y las recomendaciones que se consideran necesarias para su ejecución.

INTRODUCCIÓN

Por lo general los países en vías de desarrollo como la mayoría de la región latinoamericana y aun más los centroamericanos tienen un déficit de carreteras muy alto que incide negativamente en su crecimiento económico. Según el inventario vial realizado por el MTI en el año 2003, Nicaragua tenía una red vial de 18,658 kilómetros lineales; de los cuales solamente 2,206 kilómetros (equivalente al 12 % de la red existente), correspondían a caminos pavimentados y el resto (16,452 kilómetros) a caminos con otro tipo de revestimiento. Cabe señalar que para la extensión territorial del país la cual es de 130,700 Km², la red vial total representa una relación de 0.15 Km/Km², la cual está muy por debajo de países como México, cuya relación es de 0.87 Km/Km² ó Estados Unidos con 1.5 Km/Km²; según datos proporcionados por los registros de conformidad con las estadísticas de Dirección de Administración Vial (DAV), del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

Es importante señalar que la red vial pavimentada en el país corresponde casi en su totalidad a carreteras troncales y colectoras principales y muy pocas a caminos vecinales. Esto significa que la gran mayoría de pueblos y comarcas de Nicaragua tienen caminos de acceso en malas condiciones para el tránsito vehicular, dada la vulnerabilidad de la capa de rodamiento de los caminos no pavimentados ante los agentes climatológicos; lo cual encarece los costos del transporte hacia esos lugares por el alto deterioro de los vehículos y mayor consumo de combustibles.

Con el propósito de contribuir a la solución de la problemática antes expuesta aplicando los conocimientos adquiridos en la universidad, se llevaron a cabo en los meses de Julio y Agosto de 2009, estudios de tránsito, de suelos y el diseño de la estructura de pavimento flexible de un tramo de carretera de 6,510 metros lineales que comunica Ochomogo a la comarca Mancarrón, municipio de Belén,

departamento de Rivas. El cual se encuentra ubicado al suroeste de la ciudad capital.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

I.1 ANTECEDENTES

El tramo de camino que comunica Ochomogo con la comarca Mancarrón, según los pobladores de la zona fue construido por el estado de Nicaragua, a mediados de la década de los años ochenta como un camino de estación seca, con el propósito de crear acceso a las parcelas de las cooperativas agrícolas que existen en la zona.

Este tramo experimentó mejoras en el ancho de carriles durante los años noventa con inversión estatal, década en que se desintegraron las cooperativas de la zona antes mencionada y las parcelas fueron vendidas por separado a diferentes dueños y desde entonces el estado se ha hecho cargo del mantenimiento del tramo.

A partir del año 2000, el uso del suelo en las comarcas aledañas a este tramo, así como en toda la cuenca suroeste o noreste de Rivas, cambió de agrícola a ganadera, debido a que se comenzaron a ver las fincas ganaderas dispersas por toda el área, atrayendo de esta forma mayor volumen de tránsito al tramo en estudio, demandando mejores condiciones en la vía. Sin embargo en la actualidad este tramo no cuenta con un diseño geométrico adecuado y la superficie de rodamiento es de suelo natural, la cual es erosionada fácilmente por la escorrentía superficial y el tránsito vehicular continuo, esto conlleva a inversiones constantes en mantenimiento durante todo el año. Este tramo de carretera comunica los municipios de Belén y Tola con el balneario Las Salinas de Nahualapa; además está proyectada como la carretera principal para la unión de la carretera panamericana sur (NIC-2) con la carretera costanera o litoral sur que pasa por Las Salinas de Nahualapa, la cual se encuentra en proyecto de la etapa de pre-construcción. En el año 2008 la firma consultora Inversiones EDICO S.A. llevo a cabo el levantamiento topográfico, y los estudios siguientes:

suelos, hidrológico e impacto ambiental para su respectivo diseño geométrico y de estructura de pavimento.

I.2 LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO

El sitio donde se localiza la zona del proyecto se encuentra ubicado en la Región IV, y el tramo de carretera en estudio se encuentra en el departamento de Rivas pasando por la jurisdicción de los municipios de Belén y Tola. La zona del proyecto es una de las menos densamente pobladas y es la que presenta un mayor desarrollo turístico, ubicado al sur de la ciudad capital, a una distancia aproximadamente de 82.50 kilómetros por la carretera panamericana sur. **La figura N°. I.1.a y N°. I.1.b muestra la macro-localización del proyecto.**

El proyecto inicia en la intersección de la carretera panamericana sur (NIC–2), a la altura del kilómetro 82.50 de la carretera Managua - Rivas, con el camino de acceso al tramo en estudio, ubicado en la banda derecha. **La figura N°. I.1.c muestra la micro-localización del proyecto.** En el inicio del proyecto, la topografía del terreno es bastante plana, el trazado de la vía en planta tiene tangentes largas y curvas horizontales de radio amplio, rasante con pendientes suaves y curvas verticales con buena visibilidad. Esta situación se mantiene en los primeros 4 kilómetros, luego el camino discurre en un terreno de topografía más ondulada, presenta curvas más seguidas de menores radios y rasante con pendientes más pronunciadas. El camino presenta un derecho de vía amplio, luego se estrecha.

MAPA DE MACRO-LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



Figura N°. I.1.a: MACRO-LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO OCHOMOGO - MANCARRÓN. Mapa de Nicaragua (Fuente: Caracterización Municipal de INIFOM).

MAPA DE MACRO-LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

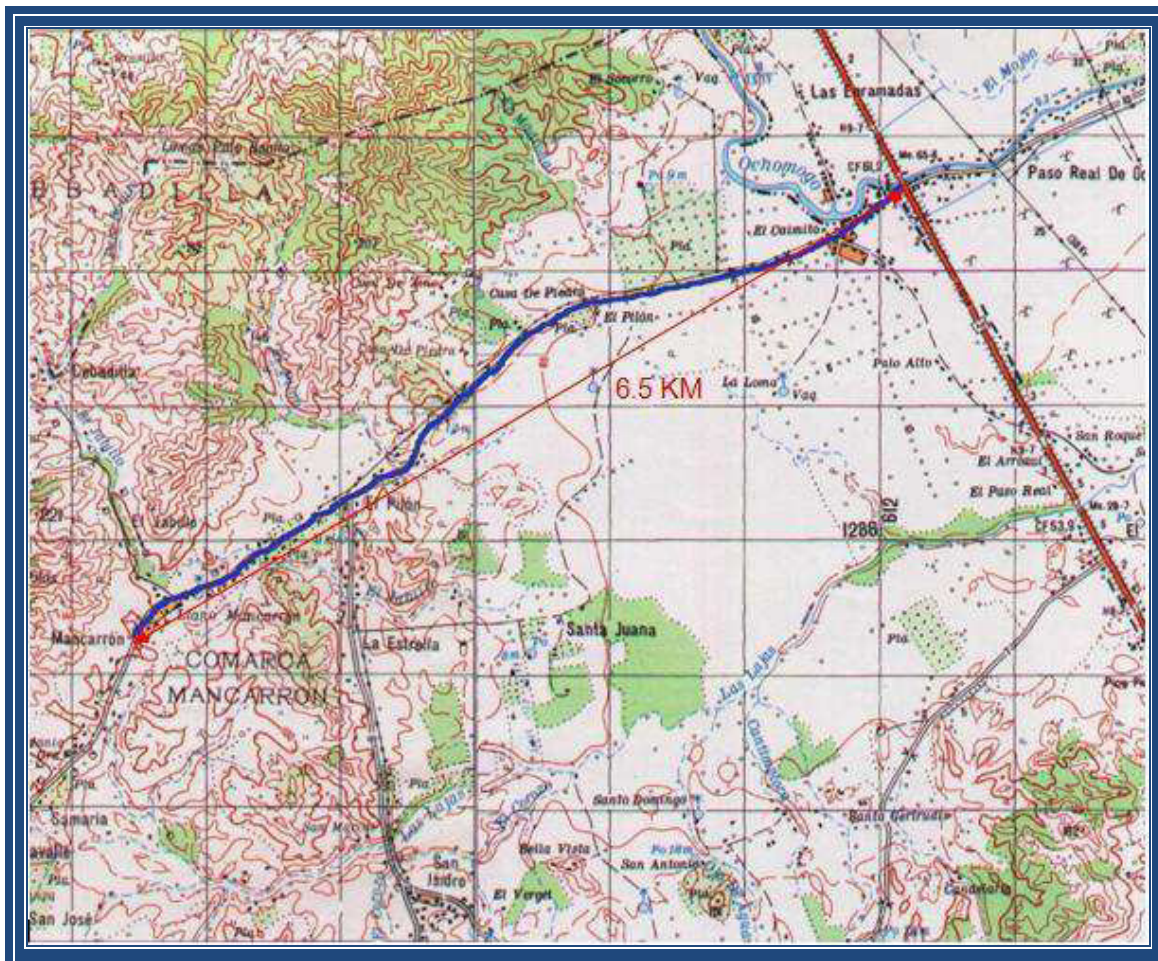


Figura N°. I.1.b: MACRO-LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO OCHOMOGO - MANCARRÓN. Mapa del municipio de Rivas (Fuente: Caracterización Municipal de INIFOM).

MAPA DE MICRO-LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



Figura N°. I.1.c: MICRO-LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO OCHOMOGO - MANCARRÓN. Mapa del municipio de Rivas (Fuente: Caracterización Municipal de INIFOM).

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS – NATURALES

En general la topografía del sector es bastante accidentada, con presencia de cauces; es una zona que de no tratarla de forma adecuada podría causar graves problemas de erosión y de drenaje pluvial. Esto constituye una limitante para establecer vías de circulación alternas a las existentes.

I.3 JUSTIFICACIÓN

La superficie de rodamiento actual del camino es de material de revestimiento, no estabilizada, donde el tráfico y la lluvia la deterioran con mucha facilidad; afectando severamente las condiciones de operación, causando a los usuarios de la vía inseguridad e incomodidad, especialmente en épocas de lluvia. La escorrentía superficial está deteriorando la superficie de rodamiento principalmente en aquellos sectores donde se observa un alineamiento en curvas y de pendientes fuertes. Sin embargo, por el mantenimiento en algunos tramos, la superficie de rodamiento presenta una condición aceptable. Un diseño adecuado de la estructura de pavimento flexible en el camino Ochomogo – Mancarrón mejorará sustancialmente la condición de servicio de la vía, al proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente al tránsito de vehículos, al intemperismo producido por los agentes naturales y a cualquier otro agente superficial, dando solución a los problemas que enfrenta el camino.

La localización de esta vía es importante porque permitirá la conexión desde la carretera panamericana sur hasta las comunidades y zonas de desarrollo turístico localizadas a lo largo del litoral pacífico del departamento de Rivas y en el futuro servirá de enlace entre las carreteras panamericana sur y la carretera costanera, por lo que adquiere una importancia estratégica en el desarrollo de toda la región del pacífico sur.

Una parte de su trazado atraviesa áreas de desarrollo agropecuario y zonas de alto potencial turístico, con esta vía se garantizaría el adecuado abastecimiento de los insumos y equipos necesarios para la producción de granos básicos que se cultivan en esta zona y el transporte de estos para su comercialización, adquiriendo una importancia trascendental para el desarrollo económico y social del municipio de Belén de forma que este corredor sirva de eje para incentivar los desplazamientos de personas y bienes, formando parte de las facilidades que originará la operación de la vía y que por su localización la transforma en

una vía vital para el transporte nacional al permitir un ahorro sustancial de tiempo y distancia para el transporte terrestre.

I.4 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar la estructura de pavimento flexible de 6,510 metros lineales, del tramo de carretera OCHOMOGO – MANCARRÓN, ubicado en el municipio de Belén, departamento de Rivas, aplicando el método de la A.A.S.H.T.O. 93.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el tránsito vehicular para determinar las cargas que actuarán en la estructura de pavimento.
- Analizar los resultados del estudio de suelo a lo largo de la vía y de los bancos adyacentes al proyecto para su utilización en el diseño.
- Determinar los espesores de las capas de pavimento flexible a colocarse en el tramo de estudio.



CAPÍTULO II: ESTUDIO DE TRÁNSITO

Una de las consideraciones más importantes en el diseño de un pavimento es el estudio de tránsito vehicular, su adecuada ejecución es elemental para llevar a cabo un diseño que dé respuesta a la demanda del tránsito vehicular en la vía.

Este estudio comprende los siguientes tópicos:

II.1 CLASIFICACIÓN DEL TRÁNSITO

El tránsito vehicular se clasifica en tres categorías o grupos, y en donde cada uno está dividido en uno o más tipos de vehículos. A continuación se da una breve explicación de cada grupo de la clasificación vehicular.

Motos: Son vehículos autopropulsados de dos ruedas, motonetas, motocarros y otros triciclos a motor.

Tránsito liviano: Este se da cuando el tránsito promedio diario es inferior a 250 vehículos, con un máximo del 20 % de camiones con carga igual a la máxima.

Tránsito mediano: El tránsito promedio diario en esta categoría está comprendido entre 250 y 750 vehículos con un máximo del 20 % de camiones con carga por rueda igual a la máxima.

Tránsito pesado de carga: La cantidad de vehículos promedio diario en esta categoría supera los 750 ó cuando el número de camiones con carga por rueda igual a la máxima es mayor de 250.

Las cargas máximas se clasifican en tres tipos:

Carga máxima de 4 toneladas: Para carreteras con remota posibilidad de circulación de vehículos pesados.

Carga máxima de 5 toneladas: Para carreteras con moderada circulación de vehículos pesados.

Carga máxima de 6 toneladas: Para carreteras en regiones altamente industrializadas.

II.2 CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS

Se clasificaron los tipos de vehículos que circulan por la vía de acuerdo a la estructura vehicular y tipo de eje sugerida por la A.A.S.H.T.O. en la tabla N°. II.2.1.

**TABLA N°. II.2.1 ESTRUCTURA VEHICULAR Y TIPO DE EJE SUGERIDA
POR LA A.A.S.H.T.O.**

TIPO DE VEHÍCULO	CLASE	EJES		
		PARTES	CARGAS (miles lbs.)	TIPO
I	Caponeras	F	0.5	Simple
		R	1.0	Simple
II	Bicicletas	F	0.1	Simple
		R	0.1	Simple
III	Automóvil Paneles Jeep	F	2.0	Simple
		R	2.0	Simple
IV	Pick-Ups	F	2.0	Simple
		R	5.0	Simple
V	Microbús	F	10.0	Simple
		R	10.0	Simple
VI	Buses	F	15.0	Simple
		R	15.0	Tamden
VII	Liviano/Carga	F	10.0	Simple
		R	10.0	Simple
VIII	Camión/C2	F	10.0	Simple
		R	24.0	Simple
IX	Camión/C3	F	12.0	Simple
		R	34.0	Tamden
X	Camión/>3 ejes	F	12.0	Simple
		M	34.0	Tamden
		R	34.0	Tamden

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials.

II.2.1 COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO¹

A su vez estos vehículos se agrupan de la siguiente manera:

Vehículos livianos: Son los vehículos automotores de cuatro ruedas, que incluyen los automóviles, camionetas pick up, y microbuses de uso particular.

Vehículos pesados de pasajeros: Son los vehículos destinados al transporte público de pasajeros, de cuatro, seis y más ruedas que incluyen, los microbuses pequeños (hasta 15 pasajeros), los microbuses mayores de 15 pasajeros y buses de 40 ó más pasajeros.

Vehículos pesados de carga: Son los vehículos destinados al transporte pesado de carga mayores de trece toneladas y que tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, cinco y más ejes, estos vehículos incluyen, los camiones de dos ejes (C2) mayores o iguales de trece toneladas.

Caponeras: Corresponden a vehículos automotores livianos de pasajeros de tres ruedas con mucha demanda por usuarios de la zona.

Otros: Son los vehículos automotores de dos ruedas, bicicletas, carretas tiradas por bueyes y carretones tirados por caballos.

Esta agrupación se hizo basada en la información facilitada por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI)².

¹ MTI, Dirección General de Vialidad, Departamento de Pesos y Dimensiones.

² MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA (MTI). División General de Planificación. ANUARIO DE AFOROS DE TRAFICO AÑO 2008. Managua, Abril 2009.

II.3 AFOROS O CONTEOS VEHICULARES

El único registro de conteos o aforos vehiculares del tramo en estudio fue realizado en el año 2008 por la firma consultora Inversiones EDICO S.A., la cual fue contratada por el MTI para que realizara todos los estudios necesarios para la finalidad de ejecutar la construcción de la carretera Ochomogo – Salinas de Nahualapa.

En el caso específico de nuestro tramo en estudio (Ochomogo – Mancarrón), el conteo vehicular realizado por Inversiones EDICO S.A. corresponde al punto de control N°. 1 (estación permanente N°. 206 del MTI), ubicado en el empalme Ochomogo - Salinas de Nahualapa (kilómetro 82.50 carretera Managua – Rivas).

El estudio consiste en el conteo general de todos los vehículos que circulan en la vía en ambos sentidos. Para tal efecto Inversiones EDICO S.A. en el mes de Julio del 2008 realizó el conteo vehicular durante una semana de lunes a domingo las 24 horas del día. Cabe mencionar que todo nuestro tramo en estudio no tiene vías alternas que causen diferencias entre el tránsito de entrada y el de salida.

A continuación en la tabla N°. II.3.1 se presenta el resultado del conteo vehicular.

TABLA N°. II.3.1

**CONTEO DIARIO DE TRÁNSITO VEHICULAR EN AMBOS SENTIDOS,
ESTACIÓN DE CONTROL N°. 1 (ESTACIÓN PERMANENTE N°. 206 - MTI)
(OCHOMOGO - MANCARRÓN), JULIO DEL 2008**

Día	Motos	Vehículos Livianos	Pesados de Pasajeros		Pesados de Carga							Total (vpd)
			Mbuses	Bus	C2 Livianos	C2	C3	C2R2	T3S2	T3S3	Otros	
Lunes	46	86	5	12	18	5	3	1	0	2	8	140
Martes	77	10	3	13	20	7	2	0	0	0	6	61
Miércoles	81	86	3	14	28	7	3	0	0	0	4	145
Jueves	88	89	4	11	13	9	3	0	0	0	4	133
Viernes	77	104	3	11	20	7	3	0	0	1	4	153
Sábado	75	125	6	12	50	7	4	1	0	1	6	212
Domingo	53	100	6	13	55	9	5	1	0	3	11	203
% Tipo de Vehículo	47,47%	57,31%	2,87%	8,21%	19,48%	4,87%	2,20%	0,29%	0,00%	0,67%	4,11%	100,00%

Fuente: Estudio de Tráfico. Carretera "Ochomogo – Las Salinas de Nahualapa".

En la tabla N°. II.3.2 se muestra el tránsito promedio para 24 horas, no se incluyen motos ni vehículos clasificados como otros debido a que no son necesarios para efectos de diseño.

TABLA N°. II.3.2 COMPOSICIÓN VEHICULAR SEMANAL			
TIPO DE VEHÍCULO	AMBOS SENTIDOS	TPDS	% POR TIPO DE VEHÍCULO
Vehículos Livianos*	600	86	61%
Microbús	30	4	3%
Buses	86	12	8%
C2 Liviano	204	29	20%
C2	51	7	5%
C3	23	3	2%
C2R2	3	0	0%
T3S3	7	1	1%
Totales	1,004	142	100%

Fuente: Elaboración propia.

* Vehículos Livianos (Automóvil, Jeep y Camionetas Pick-Up).

Según la tabla anterior el tránsito promedio diario semanal (TPDS) es de 142 vehículos por día, por lo que se determinó que el flujo vehicular de esta vía pertenece a la categoría de tránsito liviano.

II.4 TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL DE DISEÑO³ (TPDA)

Debido a que no se cuenta con ninguna información histórica relacionada al tránsito vehicular en este tramo, no es posible conocer el TPDA, por lo tanto la proyección del tránsito vehicular para el período de diseño, se hará en base al TPDS obtenido del conteo vehicular anterior.

II.5 PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO

La acertada predicción del volumen del tránsito futuro, su composición y evolución que puede experimentar a lo largo del período de diseño, es de gran utilidad para obtener un diseño óptimo. El parámetro principal que debe considerarse es la tasa de crecimiento vehicular anual.

La tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo se obtiene normalmente en base al historial de registros estadísticos de los aforos vehiculares en los puntos de control y en los siguientes parámetros: tasa de crecimiento del parque vehicular, tasa de crecimiento económico del país, tasa de crecimiento poblacional, plan de desarrollo municipal para la zona y uso del suelo en el sector donde se ubica la vía.

Sin embargo no se dispone de ningún registro estadístico de aforo vehicular para el tramo en estudio, por lo tanto la tasa de crecimiento vehicular se estimará en base a los demás parámetros.

³ Msc. Ing. Bernardo Calvo. Determinación del Tránsito Promedio Diaria Anual a partir de conteos Clasificados. Curso de Graduación y/o Postgrado Obras Viales. UNI-FTC.

II.5.1 TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR⁴ EN EL MUNICIPIO DE BELÉN

Según información estadística facilitada por la Dirección de Seguridad del Tránsito Nacional del municipio de Belén, la tasa de crecimiento vehicular global de 2008 a 2011 es de 3.0 %.

El tráfico atraído por la carretera a partir del año 2009, se incrementará a un ritmo anual del 3.0 %, lo cual será resultado del lento desarrollo económico del área de influencia directa e indirecta de la carretera, aunque facilitará los accesos hasta los principales centros turísticos que se están desarrollando a lo largo de la costa del litoral del pacífico sur de Nicaragua.

II.5.2 TASA DE CRECIMIENTO⁵ ECONÓMICO DEL PAÍS

La primera variable analizada es el crecimiento económico y las estimaciones de crecimiento que experimentara el país, según las políticas de desarrollo económicas trazadas por el Gobierno de la República.

Para el año 2010 la tasa de crecimiento económico fue 4.5 %, sin embargo la tasa de crecimiento promedio en los últimos 8 años para Nicaragua es de 3.20 %. Se estima que el crecimiento del PIB del año 2011 estará entre 3.5 % y 4 %.

El PIB promedio de los últimos 8 años es de 3.20 %.

⁴ Ibíd. Pág. 22 – 23.

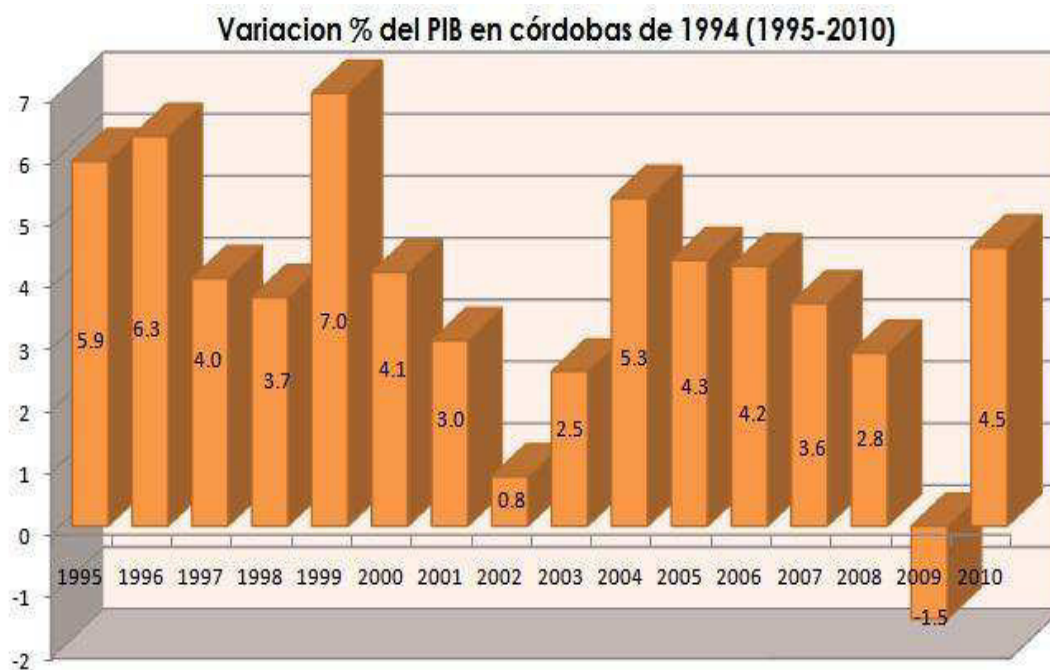
⁵ **Fuente:** Banco Central de Nicaragua (BCN).

CUADRO N°. II.5.2.1

AÑO	VARIACIÓN % DEL PIB	
	PIB EN CÓRDOBAS CORRIENTES	PIB EN CÓRDOBAS DE 1994
1994	-	-
1995	20.1	5.9
1996	16.6	6.3
1997	14.1	4.0
1998	18.3	3.7
1999	16.9	7.0
2000	13.0	4.1
2001	10.4	3.0
2002	4.0	0.8
2003	8.0	2.5
2004	14.8	5.3
2005	14.6	4.3
2006	12.7	4.2
2007	13.7	3.6
2008	18.2	2.8
2009	2.4	-1.5
2010	10.7	4.5

Fuente: BCN

GRÁFICO N°. II.5.2.1



Fuente: BCN

II.5.3 TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL

LA TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL A NIVEL NACIONAL

La tasa de crecimiento es un factor que determina la magnitud de las demandas que un país debe satisfacer por la evolución de las necesidades de su pueblo en cuestión de infraestructura (por ejemplo, escuelas, hospitales, vivienda, carreteras), recursos (por ejemplo, alimentos, agua, electricidad), y empleo.

Según las estadísticas poblacionales cuantificadas por el Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos (INEC) actualmente Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) a partir del censo poblacional del año 1995 las proyecciones tienen tendencias de tasas de crecimientos menores al 3.0 % anual (ver tabla N°. II.5.3.1 y II.5.3.3).

TABLA N°. II.5.3.1

**TASAS DE CRECIMIENTO OBTENIDAS EN LOS DISTINTOS PERÍODOS
INTERCENSALES Y LAS DERIVADAS DE LAS ESTIMACIONES Y
PROYECCIONES DE POBLACIÓN ACTUALMENTE VIGENTES**

TASAS DE CRECIMIENTO (POR CIENTO)			
ESTIMACIONES Y PROYECCIONES DE POBLACIÓN			
PERÍODO	TASA	QUINQUENIO	TASA
		1950-1955	3.0
1950-1963	2.9	1955-1960	3.1
		1960-1965	3.2
1963-1971	2.5	1965-1970	3.2
		1970-1975	3.3
		1975-1980	3.1
1971-1995	3.5	1980-1985	2.8
		1985-1990	2.3
		1990-1995	2.5
1995-2005	1.7	1995-2000	2.0
		2000-2005	2.0

Fuente: VIII Censo de Población y IV de Vivienda, Resumen Censal INEC, 2005.

TABLA N°. II.5.3.2
POBLACIÓN, TASA DE CRECIMIENTO Y DENSIDAD DE POBLACIÓN DE LA REPÚBLICA. CENSOS DE 1906 A 2005

CENSO	PERÍODO INTERCENSAL	POBLACIÓN	TASA DE CRECIMIENTO * (por cien)	DENSIDAD ** Hab/km ²
1906		501,849		4.2
	14		1.7	
1920		633,622		5.3
	20		1.4	
1940		829,831		6.9
	10		2.4	
1950		1,049,611		8.7
	13		2.9	
1963		1,535,588		12.8
	8		2.5	
1971		1,877,952		15.6
	24		3.5	
1995		4,357,099		36.2
	10		1.7	
2005		5,142,098		42.7

Fuente: VIII Censo de Población y IV de Vivienda, Resumen Censal INEC, 2005.

*Tasa de crecimiento exponencial.

**INETER, 2006: Superficie de La República, 120,339.54 km². La cifra de superficie no incluye lagos y lagunas.

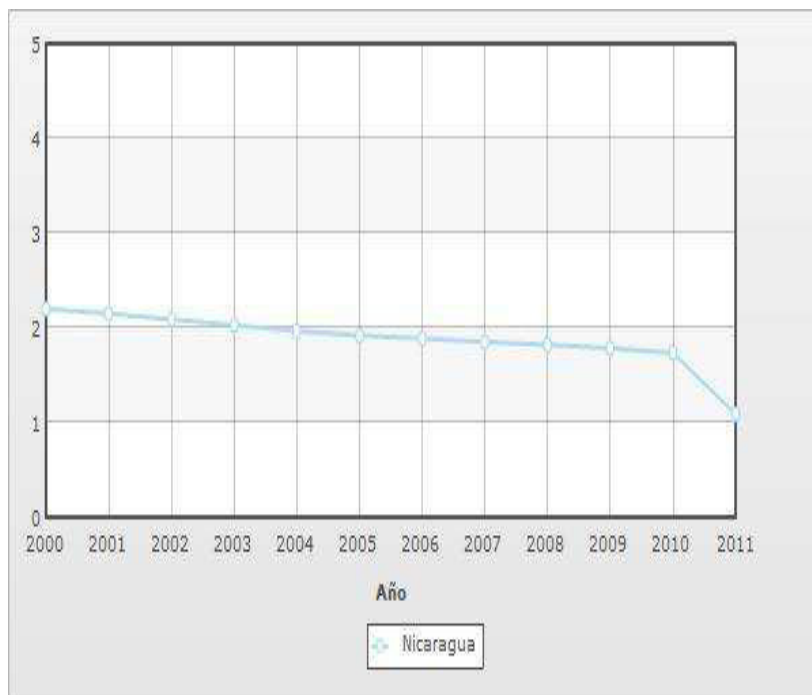
TABLA N°. II.5.3.3**TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL**

AÑO	TASA DE CRECIMIENTO (%)
2000	2.2
2001	2.15
2002	2.09
2003	2.03
2004	1.97
2005	1.92
2006	1.89
2007	1.855
2008	1.825
2009	1.784
2010	1.74
2011	1.09

Fuente: <http://www.inide.gob.ni>

GRÁFICO N°. II.5.3.3

NICARAGUA - TASA DE CRECIMIENTO (%)



Fuente: <http://www.inide.gob.ni>

II.5.4 TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL⁶ EN EL MUNICIPIO DE BELÉN

Según el último censo realizado por el Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos (INEC) actualmente Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) en el año 2005, la tasa de crecimiento poblacional en el municipio de Belén era de 0.3 %.

⁶ Fuente: <http://www.inide.gob.ni>

II.5.5 ESTIMACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR DE LA ZONA EN ESTUDIO

Tomando en cuenta las tasas de crecimiento vehicular, crecimiento económico y poblacional presentadas anteriormente y el potencial turístico de las playas del pacífico (Las Salinas de Nahualapa) que podrían generar un alto desarrollo en la zona, se estima que las perspectivas de crecimiento del tránsito vehicular en dicho tramo de carretera una vez construida son altas, por lo tanto se usará una tasa de crecimiento del 3.5 % para la proyección del tránsito de diseño.

La proyección vehicular se hizo basada en el tránsito de la vía en estudio correspondiente al mes de Julio del año 2008, el cual se proyectó al 2012, año de puesta en servicio del proyecto, para su posterior proyección al final del período de diseño.

Cabe mencionar que para la proyección de puesta en servicio del proyecto se usara una tasa de crecimiento del 3.5 %, estimado para la vida útil de la carretera dado que para entonces no estará dando un optimo servicio por estar en proceso de construcción.

Aplicando la siguiente fórmula se puede obtener el tránsito para el primer año de puesta en servicio del proyecto (2012).

$$T_n = T_o * (1 + i)^n$$

Donde:

T_n: Cantidad de vehículos para el año estimado (2012)

T_o: Tránsito en el año cero (inicial 2008)

i: Tasa de incremento anual del parque vehicular (3.5 %)

n: Cantidad de años (4)

TABLA N°. II.5.5.1 PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL DEL 2008 A 2012			
TIPO DE VEHÍCULO	TPDS ó T ₀ 2008	FACTOR	T _n 2012
		(1+ i) ⁿ	
Vehículos Livianos	86	1.147	99
Microbús	4	1.147	5
Buses	12	1.147	14
C2 Liviano	29	1.147	33
C2	7	1.147	8
C3	3	1.147	3
C2R2	0	1.147	0
T3S3	1	1.147	1
Totales	142	1.147	163

Fuente: Elaboración propia.

$$T_n = 142 \cdot (1 + 0.035)^4 = 163$$

El resultado de la tabla anterior muestra que el tránsito promedio diario semanal en el primer año de servicio de la vía será de 163 vehículos por día.

II.6 TRÁNSITO DE DISEÑO

Es importante determinar el número de vehículos que circularán en toda vida útil del diseño. Tomando en cuenta el factor de crecimiento, factor direccional, factor carril así como el tránsito inicial.

El período de diseño es el número de años para el cual se diseñará la estructura de pavimento, generalmente varía entre diez y veinte años. Se considerará para este tramo un período de diseño (n) de 20 años (ver tabla N°. II.6.1).

El tránsito acumulado de vehículos que circulará en todo el período del diseño de esta vía, se obtiene mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$TD = T_0 * F_c * F_d * F_c'$$

Donde:

TD: Tránsito de Diseño

T₀: Tránsito Inicial

F_c: Factor de Crecimiento

F_d: Factor Direccional

F_c': Factor Carril

TABLA N°. II.6.1 PERÍODO DE DISEÑO

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
Autopista Regional	20 – 40 Años
Troncales Sub-urbanas	15 – 30 Años
Troncales Rurales	
Colectoras Sub-urbanas	10 – 20 Años
Colectoras Rurales	

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

II.6.1 FACTOR DE CRECIMIENTO

Factor que depende del número de años al que se proyectará el tránsito, y la tasa del incremento anual vehicular, además refleja la medida en que aumentará el flujo de vehículos en el período de diseño.

A como se indicó anteriormente la tasa de crecimiento (i) que se usará es del 3.5 % para un período de diseño (n) de 20 años.

$$Fc = 365 * \frac{[(1+i)^n - 1]}{i}; \quad Fc = 365 * \frac{[(1+0.035)^{20} - 1]}{0.035} = 10,322.1$$

II.6.2 FACTOR DIRECCIONAL

Se expresa con la dirección que existe entre el tráfico y el sentido de circulación, y su valor es generalmente 0.5 para el flujo vehicular en ambas direcciones y de 1 si estas poseen un solo sentido (según las normas de la A.A.S.H.T.O. 93). La característica más general es que el tránsito se divida 50 % en un sentido y 50 % en el otro. Para la vía en estudio asignamos el valor de 0.5, considerando este valor la condición ideal para vías de 2 carriles con sentido de circulación opuesto (ver tabla N°. II.6.2.1).

TABLA N°. II.6.2.1 FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR DIRECCIÓN	
NÚMERO DE CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES	FD (%)
2	50
4	45
6 ó más	40

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño de Pavimento de Carreteras Regionales, SIECA 2001.

II.6.3 FACTOR DE CARRIL

Es la relación que existe en la distribución del tráfico cuando las vías poseen múltiples carriles en un mismo sentido direccional, cuando las vías en un sentido poseen un solo carril para un mismo sentido direccional se le asigna el valor de 1. Mostrando así el factor de permanencia en cada carril, en nuestro caso la vía en estudio posee un solo carril para un mismo sentido direccional, por lo que le asignamos el valor de 1 (ver tabla N°. II.6.3.1).

TABLA N°. II.6.3.1 FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL	
NÚMERO DE CARRILES EN UNA SOLA DIRECCIÓN	FC'
1	1
2	0,8-1,0
3	0,6-0,8
4	0,5-0,75

Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimento.

Especificados los valores anteriores se puede determinar el tránsito de diseño para el período de 20 años, el cual se muestra en la tabla N°. II.6.3.2.

TABLA N°. II.6.3.2 ESTIMACIÓN DE TRÁNSITO DE DISEÑO					
TIPO DE VEHÍCULO	To' 2012	Fc	Fd	Fc'	Td 2032
Vehículos Livianos	99	10,322.1	0.5	1	510,943.95
Microbús	5	10,322.1	0.5	1	25,805.25
Buses	14	10,322.1	0.5	1	72,254.70
C2 Liviano	33	10,322.1	0.5	1	170,314.65
C2	8	10,322.1	0.5	1	41,288.40
C3	3	10,322.1	0.5	1	15,483.15
C2R2	0	10,322.1	0.5	1	0
T3S3	1	10,322.1	0.5	1	5,161.05
Total	163	10,322.1	0.5	1	841,251.15

Fuente: Elaboración propia.

El valor **841,251.15** es el tránsito proyectado que circulará por la vía, al final del período de diseño antes mencionado.



CAPÍTULO III: ESTUDIO DE SUELO

III.1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día es cada vez más concluyente el hecho de que ningún ingeniero que sienta la responsabilidad técnica moral de su profesión deja de efectuar un estudio de las condiciones del suelo cuando tiene a su cargo el diseño de una estructura, ya que ello conlleva a dos características que se conjugan: Seguridad y Economía.

III.2 GENERALIDADES

Las propiedades de los suelos son uno de los datos más importantes en el diseño de un pavimento. Estas propiedades siempre estarán presentes aunque cambien mediante tratamientos especiales tales como estabilización, compactación, etc. Para conocer estas propiedades es necesario un muestreo que abarque toda la traza del proyecto, a las que se les realizara ensayos en laboratorio como:

- Granulometría
- Límites de Atterberg
- Valor Soporte (CBR)
- Densidad (Proctor)
- Humedad

En este capítulo se presentan y analizan los resultados de investigaciones recientes de suelos efectuadas por INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS, a solicitud de EDICO S.A., para la revisión de estructura de pavimento del proyecto empalme Ochomogo – Mancarrón, con el propósito de evaluar las características geotécnicas de los materiales que conforman la estructura del camino ya existente.

III.3 SONDEOS MANUALES A LO LARGO DEL TRAMO

Este estudio de suelo fue facilitado por el departamento de planificación del Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua, el cual consiste en 215 muestras alteradas, tomadas de 55 sondeos manuales realizados por la firma INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS, en toda la longitud del tramo en estudio a una distancia entre ellos de aproximadamente 125 metros a lo largo de la vía y a una profundidad de 1.5 metros. Cabe señalar que de cada sondeo se tomaron muestras de los estratos de suelo encontrados, las que posteriormente fueron trasladadas al laboratorio de INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS con la finalidad de efectuar los respectivos análisis y determinar las características de los materiales que conforman la estructura actual del camino y bancos de materiales cercanos.

III.3.1 TRABAJOS DE LABORATORIO

Los materiales extraídos durante el muestreo fueron seleccionados de acuerdo a la naturaleza, profundidad y composición de sus partículas para luego ser ensayados según lo indica la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM) en los siguientes ensayos.

Las muestras obtenidas de los sondeos y de los bancos de materiales fueron sometidos a los ensayos siguientes:

TABLA N°. III.3.1.1 TIPOS DE ENSAYES REALIZADOS

TIPO DE ENSAYE	DESIGNACIÓN	
	Especificaciones ASTM	Designación A.A.S.H.T.O.
Análisis Granulométrico de los Suelos o Granulometría de los Suelos	D-422	T-88
Límite Líquido de los Suelos (Límites de Atterberg)	D-424	T-89
Pesos Unitarios	D-698	-----
Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los Suelos Ensaye Proctor	D-424	T-90
Valor Soporte C.B.R (Muestras representativas de sondeos y Muestras de Bancos)	D-1883	T-193

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de las muestras obtenidas fueron clasificados según lo indica el sistema de la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM D-3282 y A.A.S.H.T.O. M-145). Ver ANEXO A – I.

En el anexo de este informe se incluyen los resultados de los ensayos realizados.

En todo el tramo en estudio se realizaron 55 sondeos manuales y para cada uno se determinó el Valor Relativo de Soporte CBR, así como para cada uno de los dos bancos de materiales. Las muestras para el ensayo de CBR se saturaron por un tiempo de cuatro días (96 horas), antes de ejecutar el ensayo, de acuerdo a las especificaciones ASTM, D-1883.

III.3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO

III.3.2.1 ANÁLISIS DE MATERIALES DEL SITIO

Una vez obtenidos los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorio de las 215 muestras tomadas en los 55 sondeos, se conoció que 84 pertenecen a suelos granulares y las 131 restantes a suelos finos, los cuales se detallan a continuación.

Suelos granulares: Son aquellos que tienen 35 % ó menos del material fino que pasa el tamiz N°. 200. Estos suelos según el sistema de clasificación de la A.A.S.H.T.O. pertenecen a los **grupos A1, A2 y A3**. Los tipos de suelos granulares encontrados en el tramo de carretera son los siguientes:

A-1-a(0): Treinta muestras forman parte de este subgrupo, el cual está conformado por arena gruesa bien graduada o predominante de fragmentos de roca o grava con o sin ligante bien graduado de material fino.

A-2-4(0): Treinta y seis muestras del total pertenecen a este subgrupo, el que presenta suelos gravosos incluyendo varios materiales granulares que contienen 35 % ó menos de material que pasa el tamiz de 75 μm (N°. 40) que tienen las características de los grupos **A-4** y **A-5** respectivamente.

Estos grupos comprenden materiales tales como grava y materiales arenosos (arena gruesa) con un contenido de limo e IP (índice de plasticidad) poco o nada plástico.

A-2-6(0): Quince muestras del total pertenecen a este subgrupo, el que presenta suelos gravosos y arenosos (arena gruesa) con un contenido de limo y arcilla poco o nada plástico.

A-2-6(1): Tres muestras del total pertenecen a este subgrupo, el que presenta suelos gravosos y arenosos (arena gruesa) con un contenido de limo y arcilla con un leve contenido de plasticidad.

Suelos finos: Según el sistema de clasificación de la A.A.S.H.T.O., un suelo se considera como fino cuando más del 35 % del material pasa el tamiz N°. 200. Estos suelos constituyen los **grupos A-4, A-5, A-6 y A-7**. Los suelos finos encontrados en el tramo de carretera se detallan a continuación:

A-4: Las dos muestras encontradas en el tramo, que pertenecen a este grupo son suelos limosos no plásticos o moderadamente plástico, que normalmente tiene el 75 % ó más del material fino que pasa por el tamiz de 75 μm (N°. 200). Además, se incluyen en este grupo las mezclas de limo con grava y arena hasta en un 64 %.

A-5: El material típico de este grupo es similar al descrito en el grupo **A-4**, salvo que usualmente tiene un carácter diatomáceo y puede ser muy elástico, como lo indica su alto LL.

A-6: El material típico de este grupo es una arcilla plástica que usualmente tiene el 75 % ó más del material que pasa el tamiz 75 μm (N°. 200). Este grupo también incluye mezcla de suelo arcilloso y hasta el 64 % de arena y grava retenida sobre el tamiz N°. 200. Los materiales de este grupo normalmente presentan grandes cambios de volúmenes entre los estados seco y húmedo.

A-7: El material típico de este grupo es similar al descrito en el grupo **A-6**, salvo que tienen el LL elevado, característico del grupo **A-5**, y puede presentar elasticidad o alto potencial de expansión.

A-7-5: Las muestras encontradas que pertenecen a este subgrupo son 5, estas incluyen aquellos materiales cuyos índices de plasticidad (IP) moderados o no

son muy altos en relación con el límite líquido (LL) y que pueden presentar un alto potencial de expansión.

A-7-6: Incluyen materiales con un alto IP en relación con el LL y presentan un alto potencial de expansión.

En Resumen: Los resultados obtenidos de los sondeos de línea, refleja que los materiales que predominan, en los estratos superficiales, a lo largo del camino investigado son Gravas y Arenas Limosas o Arcillosas, que clasifican como A-2-4(0), A-1-a(0), y A-2-6, encontrándose en algunos sectores Arcillas A-6, A-7-5 y A-7-6, así como Limos A-4 y subyaciendo a estos suelos se encuentran Arcillas A-6, A-7-5 y A-7-6, así como también Limos A-4 y Gravas y Arenas Limosas o Arcillosas A-1-a, A-2-4 y A-2-6. Estos suelos presentan valores de índice de grupo entre cero y diez. El valor de CBR al 95 % de compactación, oscila entre 2 % y 39 %. Ver ANEXO A-I.

III.3.3 SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA

La secuencia estratigráfica de los sondeos está comprendida desde el nivel de terreno natural hasta una profundidad constante de 1.5 metros.

Según el diseño geométrico de esta vía realizado por la firma INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS, la proyección del nuevo trazado geométrico de la vía coincide en un cien por ciento con el trazado actual, o sea la vía no tendrá modificaciones significativas respecto al trazado actual.

Por lo tanto, debido a que no existe capa vegetal sobre la vía (porque esta está en uso), se mantendrá el nivel actual de la rasante. La profundidad y características de los estratos encontrados en cada uno de los sondeos realizados se presentan en el ANEXO A-III, Gráfico III.3.2.2.1.

De todos los materiales del sitio encontrados en los sondeos manuales descritos anteriormente se agruparon los más representativos para realizarles ensayos de: Peso Volumétrico Seco Máximo (Proctor Estándar), Límites de Atterberg, contenido óptimo de agua y Valor de Soporte en condición saturada.

III.3.4 BANCOS DE PRÉSTAMOS

Es importante contar con bancos de préstamos de materiales que presten las características físicas aptas para su uso en la estructura de pavimento. Con este fin se efectuó una búsqueda de los bancos de materiales cercanos a la vía, encontrándose que unos ya están agotados o clausurados. Por lo que se procedió a investigar los disponibles, entre ellos:

- Banco N°. 1: El Pilón o Casa de Piedra (Ubicado en el municipio de Belén, departamento de Rivas)
- Banco N°. 2: Samaria (Ubicado en el municipio de Belén, departamento de Rivas).

III.3.4.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS BANCOS DE MATERIALES⁷

Banco de Material N°. 1 “El Pilón o Casa de Piedra”, localizado en el municipio de Belén, departamento de Rivas, cuenta con una superficie de 1.24 hectáreas. El banco está conformado por material piroclástico y tobas arenosas con pómez. Se localiza en predios del terreno del señor Nicasio Barrios, en la comarca Casa de Piedra. Ubicado con GPS en las siguientes coordenadas: N 11°37'22.9"; W 85°37'16.6" y a 66.0 msnm.

⁷ Ministerio de Transporte e Infraestructura, Laboratorio de Materiales y Suelos de la Empresa Ingeniería de Materiales y Suelos (EDICO).

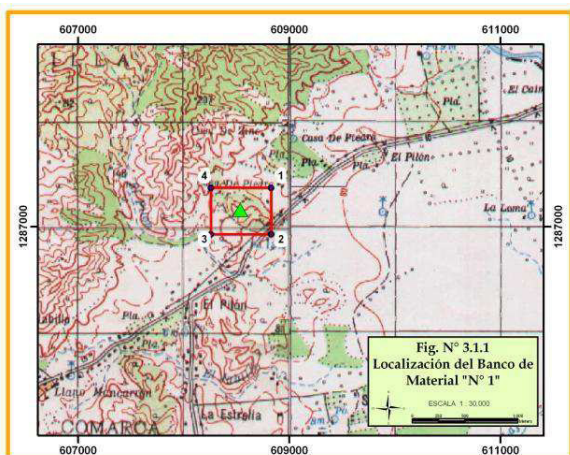


Figura N°. III.3.4.1.a: Ubicación del Banco de Material N°. 1.

El Banco de Material N°. 2 “Samaria”, localizado en la comarca Escalante, municipio de Belén, en predios del terreno del señor Agustín Cerna. Ubicado con GPS en las siguientes coordenadas: N 11°36'08.6"; W 85°59'26.7" a 76.9 msnm.

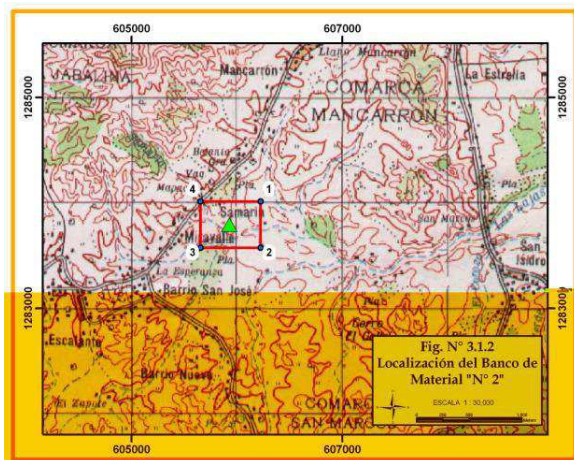


Figura N°. III.3.4.1.b: Ubicación del Banco de Material N°. 2.

A continuación se presenta la ubicación, el volumen aproximado y el uso probable de cada uno de ellos.

UBICACIÓN DE BANCOS DE MATERIALES
PROYECTO: OCHOMOGO - SALINAS DE NAHUALAPA

BANCO	ESTACIÓN	DUEÑO	VOLUMEN APROXIMADO (m ³)	USO PROBABLE
(1) EL Pilón o Casa de Piedra	3+700; 30 m Derecha (Mojón 21)	Nicasio Barrios	80,000	Relleno y Terracería
(2) Samaria	7+750; 350 m Derecha (Mojón 44; 100 m hacia Ochomogo)	Agustín Cerna	20,000	Terracería y Material selecto

III.3.4.2 ANÁLISIS DE LOS MATERIALES DE BANCOS DE PRÉSTAMO

De acuerdo a los resultados las muestras analizadas reflejan que los materiales predominantes en los bancos investigados son Arenas Limosas o Arcillosas con Grava, A-2-4(0).

A continuación se presenta un resumen con las principales características de los bancos investigados.

Banco	Estación	% Que pasa Tamiz					LL	IP	Clasificación HRB	CBR (%)		
		2"	4	10	40	200				90	95	100
(1) El Pilón o Casa de Piedra	3+700; 30 m Derecha (Mojón 21)	100	11	3	1	1	32	10	A-2-4(0)	20	24	28
		100	10	2	1	1	34	9	A-2-4(0)			
		100	12	3	1	1	33	10	A-2-4(0)			
		100	11	3	1	1	35	10	A-2-4(0)			
		100	12	3	1	1	33	9	A-2-4(0)			
(2) Samaria	7+750; 350 m Derecha (Mojón 44; 100 m hacia Ochomogo)	90	23	15	8	4	30	10	A-2-4(0)	34	56	77
		92	25	17	10	5	32	10	A-2-4(0)			
		90	24	16	9	5	31	9	A-2-4(0)			
		93	26	17	7	4	34	10	A-2-4(0)			
		91	23	16	8	4	33	9	A-2-4(0)			

El banco de préstamo número 2, presenta el valor más alto de CBR y por lo tanto el que se debe utilizar en la estructura de pavimento, supliendo material selecto. En cambio el banco de préstamo número 1 se puede utilizar en las áreas de relleno y terracerías.

**ESPECIFICACIONES PARA MATERIAL SELECTO Y MATERIAL DE
REVESTIMIENTO DE CAMINOS DE TODO TIEMPO**

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS**ESPECIFICACIONES DE MATERIALES****PROYECTO: OCHOMOGO - SALINAS DE NAHUALAPA****I. ESPECIFICACIONES DE MATERIAL SELECTO**

1.1) TIPO DE MATERIALES: A-1 ó A-2 con Índice Grupo de 0 a 1.

1.2) GRADO DE COMPACTACIÓN: 95 % Mínimo, referido al Proctor Modificado (A.A.S.H.T.O. T-180).

II. ESPECIFICACIONES DE MATERIAL DE REVESTIMIENTO**2.1) GRANULOMETRÍA**

TAMIZ	% QUE PASA
2"	100
No. 4	40-60
No. 40	20-35
No. 200	8-15

2.2) LÍMITE LÍQUIDO: 40 Máximo

2.3) INDICE PLASTICO: 4 a 10

2.4) COMPACTACION: 98% Mínimo, referido al Proctor Modificado (A.A.S.H.T.O. T-180)

Es importante señalar que los materiales de los bancos N°. 1 y N°. 2 cumplen con las especificaciones según el NIC-2000.



CAPÍTULO IV: DISEÑO DEL ESPESOR DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

IV.1 INTRODUCCIÓN

Como se menciona anteriormente el proyecto vial considera realizar el diseño y ejecución de pavimento flexible en el tramo Ochomogo – Mancarrón, utilizando el método de la A.A.S.H.T.O. 93, para el cual se consulto el texto ingeniería de pavimentos para carreteras de Alfonso Montejo (2ª Edición), y el libro de Diseño de Pavimentos A.A.S.H.T.O. 93 (A.A.S.H.T.O. Guide for Design of Pavement Structures) y se hizo uso del programa "Pavement Analysis Software", Pavement Desing and Analysis, versión 5.0, desarrollado por AMERICAN CONCRETE PAVEMENT ASSOCIATION, con el propósito de obtener un pavimento que cumpla con soportar adecuadamente las cargas de tráfico que circulen sobre él, con la calidad de suelos de fundación, y el período de tiempo en años, y así garantizar un tránsito fluido de los vehículos tanto de carga como de pasajeros, que preste las condiciones de seguridad y confort adecuadas.

El diseño de pavimento flexible consiste en determinar los espesores de cada capa que integran la estructura del mismo basándose en obtener un número estructural del pavimento que pueda soportar el nivel de carga esperado.

La capacidad estructural del pavimento flexible depende de la habilidad de cada capa para transferir, distribuir y reducir la intensidad de los esfuerzos antes de que lleguen a la siguiente capa o a la subrasante.

La determinación de los cálculos de espesores de las capas del pavimento flexible se realizó de acuerdo al método desarrollado por la American Association of State Highway and Transportation Officials correspondiente a la versión de 1993 (A.A.S.H.T.O. 93), se llevó a cabo aplicando el método A.A.S.H.T.O. 93, mediante el programa computarizado "Pavement Analysis

Software", Pavement Design and Analysis, versión 5.0, desarrollado por AMERICAN CONCRETE PAVEMENT ASSOCIATION.

En los pavimentos flexibles el método establece que la superficie de rodamiento se resuelve solamente con concreto asfáltico y tratamientos superficiales, pues asume que tales estructuras soportarán niveles significativos de tránsito (mayores de 50,000 ejes equivalentes acumulados de 8.2 toneladas durante el período de diseño), dejando fuera pavimentos ligeros para tránsitos menores al citado, como son los caminos revestidos o de terracería.

IV.2 VARIABLES PARA EL DISEÑO

IV.2.1 EL TRÁNSITO

Este método de diseño se basa en el número de ejes equivalentes sencillos de 18,000 libras (8.2 toneladas) acumulados durante el período de diseño.

IV.2.2 MÉTODO DE DISEÑO

El diseño está basado primordialmente en identificar o encontrar un “número estructural SN” para el pavimento flexible que pueda soportar el nivel de carga solicitado. Para determinar el número estructural SN requerido, el método proporciona la ecuación general:

$$\log_{10} W_{t18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

IV.2.3 CÁLCULO DE LOS EJES ESTÁNDARES EQUIVALENTES DE DISEÑO (ESAL'S, EQUIVALENT STANDARD AXIAL LOAD)

Definiremos como ESAL'S de diseño a la transformación de ejes de un tránsito mixto que circula por una vía a ejes equivalentes de 8.2 toneladas, 18 kips ó 18,000 libras, en el carril de diseño durante la vida útil del pavimento, haciendo uso del Factor de Equivalencia de Carga, acumulados durante el período de diseño, se hará uso de las cargas por ejes por cada tipo de vehículo permitidas por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (ver ANEXO B-IV, tabla N°. IV.2.3.7).

Para el cálculo de ejes equivalentes (ESAL'S) existe un factor correspondiente para cada eje de los vehículos (ver ANEXO B-II, tablas N°. IV.2.3.2, N°. IV.2.3.3 y N°. IV.2.3.4), la cual a su vez se sugiere utilizar el valor de SN = 5, el cual transforma la carga por eje a un número de ejes equivalentes.

En la siguiente tabla se calcula la cantidad de ejes equivalentes por cada tipo de vehículo para el período de diseño de 20 años, de cuya sumatoria se obtiene el ESAL'S de diseño.

TABLA N°. IV.2.3.1. CÁLCULO ESAL'S DE DISEÑO (W_{18})					
Tipo de Vehículo	Peso por Eje (lbs.)	Tipo de Eje	Td	Factor ESAL'S	ESAL'S de Diseño
Vehículos Livianos*	2,200	SIMPLE	510,943.95	0.0003	153.2832
	2,200	SIMPLE		0.0003	153.2832
Microbús <15	4,400	SIMPLE	25,805.25	0.0029	74.8352
	8,800	SIMPLE		0.0470	1,212.8468
Bus	11,000	SIMPLE	72,254.70	0.1265	9,140.2196
	22,000	SIMPLE		2.3500	169,798.5450
C - 2 Liviano	8,800	SIMPLE	170,314.65	0.0470	8,004.7886
	17,600	SIMPLE		0.9206	156,791.6668
C2	11,000	SIMPLE	41,288.40	0.1265	5,222.9826
	22,000	SIMPLE		2.3500	97,027.7400
Vehículo de 3 ejes C3	11,000	SIMPLE	15,483.15	0.1265	1,958.6185
	36,300	DOBLE		1.4108	21,843.6280
C2R2	9,900	SIMPLE	0	0.0766	0
	19,800	SIMPLE		1.513	0
	** 14,300	SIMPLE		0.3777	0
	** 14,300	SIMPLE		0.3777	0
T3S3	11,000	SIMPLE	5,161.05	0.1265	652.8728
	35,200	DOBLE		1.3050	6,735.1703
	44,000	TRIPLE		0.6860	3,540.4803
	Totales		841,251.15		482,310.961

Fuente: Elaboración propia.

* Vehículos Livianos (Automóvil, Jeep y Camionetas Pick-Up).

** Ejes sencillos Llantas Dobles.

Tal como se muestra en la tabla anterior el número de ejes equivalentes por carril de diseño es de **482,310.961**.

Para el análisis de las cargas a las que será sometido el pavimento tomaremos como base los resultados obtenidos en el estudio de tránsito (descrito en el capítulo II), así como de la siguiente consideración:

IV.2.3.1 FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGA (FACTOR ESAL'S)

El factor de equivalencia (factor daño) de las cargas está en función de su intensidad y de la configuración de los ejes (sencillos, dobles o triples).

Los ejes acumulados por cada tipo de vehículo (W_{18}) se estiman con la siguiente fórmula:

$$W_{18} = T_d \times \text{Factor ESAL'S}$$

El factor ESAL'S es obtenido haciendo uso de la tabla de la A.A.S.H.T.O., para una serviciabilidad final (P_f) de 2.0, y asumiendo un número estructural (SN) de 5. Ver ANEXO B-II, tablas N°. IV.2.3.2, N°. IV.2.3.3 y N°. IV.2.3.4.

Los resultados obtenidos del cálculo de ejes equivalentes (ESAL'S), para el carril de diseño nos dan un valor de **482,310.961 Ejes Equivalentes**. Ver tabla N°. IV.2.3.1. Cálculo ESAL'S de Diseño (W_{18}).

IV.2.3.2 PESO POR EJES

El Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) hace uso de medidas que regulan la cantidad de carga por ejes, esto debido a la gran cantidad de vehículos pesados (ver ANEXO B-I, tabla N°. IV.2.3.1). Los pesos de cada eje para los diferentes tipos de vehículos se presentan en el ANEXO B-III, tabla N°. IV.2.3.5 y ANEXO B-IV, tabla N°. IV.2.3.7.

IV.3 PARÁMETROS DE DISEÑO

IV.3.1 PARÁMETRO DE CONFIABILIDAD (R)

La confiabilidad en este criterio de diseño se define como la probabilidad de que el sistema de pavimento se comporte de manera satisfactoria bajo las sollicitaciones de carga a intemperismo durante todo el período de diseño.

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

De acuerdo con la clasificación funcional de la vía, la guía de la A.A.S.H.T.O. 1993 recomienda diferentes niveles de confiabilidad. Para nuestro tramo y dada la ubicación en la que se encuentra la vía, se utilizará un valor de confiabilidad (**R**) para ella y el máximo nivel de confiabilidad que es del **85 %**, que corresponde a un valor recomendado, para una clasificación como una carretera Troncal Rural o Colectora Secundaria (ver ANEXO B-V, tabla No.IV.2.3.8), y una desviación estándar (Z_r) de - 1.037 en función de la confiabilidad (ver ANEXO B-VI, tabla N°. IV.2.3.9).

En la siguiente tabla se enumeran a continuación los niveles y valores recomendables para el índice de confianza, sugeridos en función de la importancia para diferentes carreteras y caminos o vialidad.

TABLA N°. IV.3.1.1
**VALORES SUGERIDOS POR A.A.S.H.T.O. PARA EL NIVEL DE CONFIANZA
(R) SEGÚN LA CLASIFICACIÓN FUNCIONAL**

TABLA N°. IV.3.1 NIVELES DE CONFIABILIDAD SUGERIDOS PARA DIFERENTES CARRETERAS		
CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	NIVELES DE CONFIABILIDAD RECOMENDADO	
	URBANA	RURAL
Autopistas interestatales y otras	85-99,9	80-99,9
Arterias principales o carreteras de primer orden	80-99	75-95
Colectoras de tránsito o carreteras secundarias	80-95	75-95
Carreteras locales o caminos vecinales	50-80	50-80

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras 2da Edición, Ing. Alfonso Montejo, pág. 264.

Dada la ubicación en la que se encuentra la vía, por tanto para este tramo en estudio que se estima, se clasifique como carretera rural colectoras secundaria, para ella, el máximo nivel de confianza **(R)** que se elige es del **85 %**.

IV.3.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S_o)

La desviación estándar (S_o), es un factor que representa la cantidad de datos dispersos dentro de los cuales pasa la curva real del comportamiento de la estructura.

La desviación estándar considera la variabilidad asociada a cada uno de los parámetros involucrados en el diseño, como la predicción del tránsito y el comportamiento del pavimento. Es un valor representativo de las condiciones locales particulares, este parámetro está ligado directamente y depende del nivel

de confiabilidad (R) seleccionado; en este paso deberá seleccionarse un valor S_o “Desviación Estándar Global”, representativo de condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito.

La guía de la A.A.S.H.T.O. 1993 recomienda adoptar valores de S_o comprendidos dentro de los siguientes intervalos:

- **Pavimentos Rígidos: 0.30 - 0.40**
 - 0.35 para construcción nueva
 - 0.39 para sobre capas

- **Pavimentos Flexibles: 0.40 - 0.50**
 - 0.45 para construcción nueva
 - 0.49 para sobre capas

Valores de S_o en los tramos de prueba de A.A.S.H.T.O. 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 pavimento rígido y flexible respectivamente.

Por lo detallado en el párrafo anterior se considera que se presentarán posibles variaciones en el tránsito durante el período de diseño, en el presente estudio se utilizará un valor de desviación estándar de $S_o = 0.45$ para este diseño.

IV.4 CRITERIOS DE COMPORTAMIENTO

IV.4.1 SERVICIABILIDAD (Δ PSI)

La serviciabilidad de un pavimento se define como el valor que representa el nivel de rechazo del usuario con respecto a la idoneidad que tiene la vía al final del período de diseño, el cual se define como la manera en que un pavimento cumple el mismo la función para servir a la clase de tránsito que lo va a utilizar. Cumple su función de hacer cómoda, fácil, rápida y segura la circulación de los vehículos, y la capacidad que tiene el pavimento para atender el tránsito. El método A.A.S.H.T.O. predice el porcentaje de pérdida de serviciabilidad (Δ PSI) para varios niveles de tráfico y cargas de ejes, entre mayor sea el Δ PSI, mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar.

La mejor forma de evaluarla es a través del índice de servicio presente (PSI), el cual varía de **0** (carretera imposible de transitar) hasta **5** (carretera perfecta).

Para la determinación de la serviciabilidad de un pavimento se toma en cuenta que la serviciabilidad final de un pavimento (P_t) depende del tránsito y del índice de servicio inicial (P_o).

Serviciabilidad Inicial, P_o es la condición inmediata después de la construcción, la guía de la A.A.S.H.T.O. define el valor de **4.20** (asfaltos).

Serviciabilidad Final, P_f o P_t es la condición final que tendrá el pavimento, es decir cuando falla, la guía de la A.A.S.H.T.O. recomienda los valores siguientes:

TABLA N°. IV. 4.1.1

VALORES RECOMENDADOS DE SERVICIABILIDAD ATENDIENDO EL TIPO DE CAMINO

TIPO DE CAMINO	P_f
Autopistas	2.50
Carreteras de Primer Orden	2.50
Carreteras Secundarias	2.00
Caminos Vecinales	2.00

Fuente: Pavimentos de Concreto CEMEX, Pág. 15.

Para el caso del tramo en estudio que se estima se clasifique como carretera secundaria, el Índice de Serviabilidad Final (P_t) será de **2.00**.

Para esto se establece la siguiente fórmula para el cambio total en el índice de servicio. Por lo que el índice de serviabilidad se calcula mediante la expresión:

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Donde:

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial u original y el final o terminal deseado.

P_o = Índice de serviabilidad inicial, la guía de la A.A.S.H.T.O. 93 recomienda un valor inicial de 4.2 (para pavimentos flexibles).

P_t = Índice de serviabilidad terminal o final, para el cual la guía A.A.S.H.T.O. 93 maneja valores de 3.0, 2.5 y 2.0, recomendando 2.5 ó 3.0 para caminos principales y 2.0 para secundarios.

Como es imposible obtener una carretera perfecta, basándonos en las recomendaciones de la A.A.S.H.T.O. 93, sugiere un índice de servicio y tomaremos un índice de servicio inicial $P_o = 4.2$ para el valor inicial en pavimento asfáltico, igualmente la A.A.S.H.T.O. 93 sugiere un valor de $P_t = 2.5$ para las autopistas y vías principales, y un índice de serviciabilidad final $P_t = 2.0$ para las demás carreteras como índice más bajo, antes de que sea necesario un refuerzo o rehabilitación.

Por lo tanto a la vía en estudio le corresponde un $P_o = 4.2$ y $P_t = 2.0$.

Para obtener finalmente una diferencia entre los índices de serviciabilidad.

De tal manera que:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

IV.4.2 CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN DE LOS MATERIALES QUE CONFORMAN LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

IV.4.2.1 MÓDULO DE RESILENCIA DE LA SUBRASANTE (M_r)

La base para la caracterización de los materiales de subrasante en este método es el Módulo Resiliente, el cual es una medida de la propiedad elástica de los suelos que la componen y se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición, por lo tanto se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de otros ensayos, como el CBR.

Es la medida del módulo de elasticidad de los materiales, que se emplean en la construcción de la subrasante en este método, es el módulo resiliente o elástico.

El método de la A.A.S.H.T.O. requiere el Módulo Resiliente (M_r) de la subrasante para cuantificar la capacidad de soporte de los pavimentos flexibles. El ensayo del módulo resiliente (M_r) proporciona una propiedad del material que representa mucho mejor el comportamiento de los suelos y bases bajo cargas en movimiento. Este módulo se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición, y por tal motivo se han establecido correlaciones para determinarlo a partir de otros ensayos, tales como el CBR, encontrándose que, el parámetro para la caracterización de los materiales de subrasante en este método, es el módulo resiliente o elástico.

La guía de la A.A.S.H.T.O. 93 propone determinar el Módulo Resiliente (M_r) con el uso de la conocida correlación con el CBR (suelo de la subrasante) versus Módulo Resilencia para suelos granulares, publicada en FHWA PL-98-029⁸.

$$M_{r(PSI)} = 4326 \times \ln(\text{CBR}) + 241$$

$M_r(PSI) = 1500 \times \text{CBR}$ (para suelos finos con valores de CBR < 10 % sugerida por A.A.S.H.T.O. 93).⁹

$M_r = 3000 \times \text{CBR}^{0.65}$ para CBR de 7.2 % a 20 % (esta ecuación fue desarrollada en Sudáfrica para suelos finos).

$M_r = 4326 \times \ln \text{CBR} + 241$ (utilizada para suelos granulares).

Como en este caso, los suelos de la subrasante son granulares, se usará la siguiente fórmula:

$$M_{r(PSI)} = 4326 * \ln(56) + 241$$

$$M_{r(PSI)} = 17,654.67$$

⁸ Republica de Chile. Estudios Definitivos Complementarios para la rehabilitación y Mantenimiento de la carretera Izcuchaca - Huancavelica. Pág. 24

⁹ Ingeniería de Pavimentos para Carretera, Alfonso Montejó Fonseca pág. 266

En vista de que en nuestro estudio de suelo se considera una subrasante con material granular del banco de préstamo número 2, con un valor de CBR de 56 %, el valor del Módulo Resiliente ($M_{r_{(psi)}}$) para el caso en estudio es **17,654.67 PSI** y para la sub-base esta capa se determinara a través del nomograma para sub-base.

IV.4.2.2 COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA (a_i)

Los coeficientes estructurales de capa son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos, lo que permite convertir los espesores reales a números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura del pavimento.

Mediante el uso de nomogramas de la guía A.A.S.T.H.O. que se presentan en el ANEXO B-VII y B-VIII, se determina el coeficiente estructural de cada capa de la estructura pavimento, según el método de diseño.

Se presentan dos categorías de estos coeficientes de acuerdo con el tipo y función de la capa considerada; carpeta de rodamiento y base estabilizada con cemento.

IV.4.2.3 CARPETA DE RODAMIENTO O CARPETA ASFÁLTICA (a_1)

El coeficiente estructural de ésta, se obtiene basado en la Estabilidad Marshall de la mezcla asfáltica, considerando los criterios del Instituto del Asfalto, la cual depende del número de Ejes Equivalentes (ESAL'S de diseño), como se describe en la tabla N°. IV.4.2.3.1.

TABLA N°. IV.4.2.3.1	
N°. Ejes Equivalentes (ESAL'S DISEÑO)	Estabilidad Marshall (lbs.)
$< 10^4$	750
$10^4 - 10^6$	1,200
$>10^6$	1,800

Fuente: Instituto del Asfalto. Serie de Manuales, No.22 (MS-22),1991.

El valor del coeficiente de la carpeta de rodamiento se encuentra haciendo uso del nomograma para mezcla asfáltica (ver ANEXO B-VII, Gráfico de Nomograma IV.4.2.2.1) tomando en cuenta que para un tránsito con cargas por Ejes Equivalentes (ESAL'S) mayores de **482,310.961** le corresponde una Estabilidad Marshall de diseño de **1,200 libras**, que es el valor mínimo establecido por el Instituto del Asfalto según la tabla anterior (ver tabla N°. IV.4.2.3.1), se traza una línea horizontal hasta interceptar la línea vertical del extremo izquierdo que corresponde al valor del coeficiente estructural **$a_1 = 0.33$** .

IV.4.2.4 BASE TRATADA CON CEMENTO (a_2)

El valor del coeficiente estructural de capa de base tratada con cemento (**a_2**) se determina con el uso del nomograma (ver ANEXO B-VIII, Gráfico de Nomograma IV.4.2.2.2) de la guía A.A.S.T.H.O. Estará formada por materiales A-2-4(0) del tipo Selecto Samaria, su valor de soporte CBR es de 56 % que no es recomendado para base, se estabilizará con cemento y sus resultados a los 28 días será de 400 PSI y su Módulo de Resiliencia será de 600,000 PSI, a una compactación del 95 % Proctor modificado (ver ANEXO B-IX). Tomando como parámetro de entrada el valor del esfuerzo a la compresión del suelo estabilizado de 400 PSI, se traza una línea horizontal hasta interceptar la línea vertical del extremo izquierdo que corresponde al valor del coeficiente estructural **$a_2 = 0.155$** .

IV.4.2.5 SUB-BASE

En este caso no es necesario poner sub-base porque la subrasante existente en la carretera es de suelo mejorado (MACADAM) y tiene un espesor de 20 centímetros. Por lo tanto esta será considerada como subrasante.

IV.4.2.6 SUBRASANTE

Los perfiles estratigráficos de los cincuenta y cinco sondeos manuales realizados, reflejan que en casi el 100 % de dichos sondeos existe una capa no menor de 20 centímetros con suelos buenos del tipo desde A-1-a hasta A-4. Debido a que esta vía ha sido revestida en varias ocasiones con este tipo de suelo y en algunos tramos existen materiales en el que prevalecen suelos finos del tipo A-6 y A-7 que serán removidos y colocados materiales del tipo A-2-4(0), cuyo CBR se encuentra en el rango de 20 a 30. Estos suelos son clasificados como excelentes para ser usados en la subrasante (ver tabla N°. IV.4.2.6.1).

TABLA N°. IV.4.2.6.1 CLASIFICACIÓN Y USO DEL SUELO SEGÚN EL VALOR DE CBR

CBR	CLASIFICACIÓN CUALITATIVA DEL SUELO	USO
2 - 5	Muy Mala	Sub – rasante
5 - 8	Mala	Sub – rasante
8 - 20	Regular	Sub – rasante
20 - 30	Excelente	Sub – rasante
30 - 60	Buena	Sub – base
60 - 80	Buena	Base
80 - 100	Excelente	Base

Fuente: Assis A., 1988.

http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/cbr.pdf

Por lo tanto se recomienda que en los sitios con materiales donde prevalecen los suelos finos, el material existente sea cortado hasta una profundidad de veinte

centímetros por debajo de la subrasante proyectada y luego sustituirlo por un material de mejor calidad proveniente del banco El Pilón o Samaria, el cual es del tipo A-2-4(0).

Una vez realizado el reemplazo del material anteriormente descrito, la subrasante de todo el tramo de carretera quedará compuesta por suelos del tipo A-1-b(0) y A-2-4(0), para los cuales se asumirá conservadoramente un CBR del 25 %, basado en los valores referenciales de CBR de la tabla N°. IV.4.2.6.1.

Los parámetros restantes por determinar en el presente estudio son los coeficientes de drenaje y los coeficientes de resistencia de las capas, a continuación se describen la forma en que se determinaran ambos.

IV.5 COEFICIENTES DE DRENAJE (m_n o m_i)

El drenaje de agua en los pavimentos debe ser considerado como parte importante en el diseño de carreteras. El exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas, se anticipa con el tiempo para ocasionar daños a las estructuras del pavimento.

El coeficiente de drenaje se expresa en la fórmula del número estructural por medio del drenaje (m_i) que toma en cuenta las capas no ligadas. Ver tabla N°. IV.5.1.

Por lo tanto se asume un valor de $m_i = 1.00$, ya que el suelo existente en la base fue estabilizado con cemento para obtener una resistencia permisible, por tal motivo asumimos el valor antes mencionado.

La guía A.A.S.H.T.O. recomienda los valores que el diseñador puede utilizar para determinar el mejor valor de coeficiente de drenaje, estos son:

Dado que el ensayo del CBR se hizo en condición saturado, es decir en la condición más crítica, se asumirá que más del 25 % del tiempo el pavimento estará expuesto a niveles de humedad cercana a la saturación, para la cual se considera la calidad del drenaje como buena, por lo tanto se asume un valor de $m_i = 1.00$, ya que el suelo existente en la base fue estabilizado con cemento para obtener una resistencia permisible, por tal motivo asumimos el valor antes mencionado de acuerdo a la tabla N°. IV.5.1.

IV.5.1 VALORES DE “m” RECOMENDADOS PARA MODIFICAR COEFICIENTES DE BASE Y SUB-BASE GRANULARES

TABLA N°. IV.5.1

COEFICIENTES DE DRENAJE PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

Calidad del Drenaje	Tiempo requerido para remover el agua libre	% del tiempo de exposición de la estructura del pavimento a los niveles de humedad próximos a la saturación [en % del período de diseño]			
		< 1 %	1 a 5 %	5 a 25 %	> 25 %
Excelente	<2 horas	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,20
Buena	1 día	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00
Regular	7 días	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80
Pobre	1 mes	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,60
Muy Pobre	No drena	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras 2da Edición, Ing. Alfonso Montejo pág. 274.

Por lo tanto se asume un coeficiente de drenaje (m_n) igual a **1.00**, ya que en el laboratorio se trabaja con suelo en condición saturada o condición más adversa, para obtener el CBR.

IV.6 CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

IV.6.1 CÁLCULO DEL CBR DE DISEÑO

Es necesario recordar que 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 subrasantes bajo el pavimento de carreteras, la ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “RELACIÓN DE SOPORTE” y esta normado con el número ASTM D 1883-73 y en la A.A.S.H.T.O. con el número T-193.

De la estación 0+000 a la estación 6+625 se considera como subrasante el nivel de terreno natural, debido a que en este tramo predomina un material granular de tipo A-2-4(0) en la capa superficial con un espesor de 20 centímetros ó mayor a este.

En algunos tramos que predomina una capa superficial de materiales limosos de tipo A-4 con diferentes índices de grupo; así como también material arcillosos de tipo A-6 y A-7-6 con índices de grupo de (1), (4), (8), (9), (10), y (18) y en el mayor de los casos son materiales granulares de tipo A-1(a) y (b), y A-2-4(0), por lo cual se considera un corte de 20 centímetros como nivel de subrasante y se agregara material para realizar estabilización de suelos con cemento que es una de las más utilizadas en el presente, proveniente de los bancos de préstamos número 1 y número 2 de los sitios más cercanos.

Aplicando el criterio expuesto por el Instituto del Asfalto para la determinación del valor del CBR de diseño, el cual recomienda tomar un valor tal, que el 60 %, el 75 % ó el 87.5 % de los valores individuales obtenidos sean iguales o

mayores que él, de acuerdo al tránsito que se espera que circule por el pavimento, como se muestra en la tabla N°. IV. 6.1.1.

El siguiente cuadro da una clasificación típica:

TABLA N°. IV.6.1.1

VALOR DE DISEÑO DEL PERCENTIL

NIVEL DE TRÁFICO (ESAL)	PERCENTIL DE DISEÑO (%)
10 ⁴ ó menor	60
Entre 10⁴ y 10⁶	75
10 ⁶ ó más	87.5

Fuente: Instituto del Asfalto, 1991.

En el estudio de suelos realizado por INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS, a solicitud de EDICO, se obtuvieron una serie de datos de CBR de la ruta actual, los cuales se procesaron para fijar el valor que corresponderá para utilizarse en la correlación para establecer el valor de Mr, para determinar este dato se utilizará el método del Instituto del Asfalto, que consiste en lo siguiente:

El Instituto del Asfalto define que el CBR de diseño es aquel valor que es igualado o superado por un determinado porcentaje de los valores de las pruebas efectuadas, estableciendo el procedimiento siguiente:

- a) Se ordenan todos los valores de CBR obtenidos de menor a mayor.
- b) Para cada valor numérico diferente de CBR, comenzando desde el menor, se calcula el número y el porcentaje de valores de CBR que son mayores o iguales a él.

- c) Se dibujan los resultados en un gráfico CBR versus el porcentaje de valores mayores o iguales, uniendo en una curva los valores dibujados en él.
- d) El CBR de diseño es el correspondiente al valor en las ordenadas según el tránsito estimado para la vía objeto del análisis.
- e) El criterio para determinar el percentil de diseño a utilizar será por medio del número de ejes equivalentes en el carril de diseño.

Se aclara que no será utilizado este método ya que se definió el valor del CBR de diseño de lo anterior expuesto, la cual fue tomada de la tabla A.A.S.H.T.O. 93 clasificación de suelos relacionada con parámetros de resistencia.

Con la aplicación del procedimiento descrito anteriormente se realiza el cálculo del CBR de diseño considerando que la subrasante es una capa de MACADAM de 20 centímetros de profundidad que se encuentra sobre la superficie de la carretera que está en uso actualmente (ver ANEXO A-III, Gráfico III.3.2.2.1).

Por lo tanto el CBR de diseño del tramo en estudio será de 25 % (ver ANEXO B-X, Gráfico IV.6.1.1), catalogando a la subrasante muy buena (ver tabla N°. IV.4.2.6.1) tomado de la tabla A.A.S.H.T.O. 93, clasificación de suelos relacionada con parámetros de resistencia.

IV.6.2 ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO DE LOS MATERIALES DE BANCOS DE PRÉSTAMOS

De acuerdo a los resultados obtenidos se considerará utilizar como fuente de materiales para capa de base el banco número 2, Samaria, en vista de que es el único que presenta un volumen aproximado a explotar de 50,000.00 m³ y debido a que su granulometría y resistencia (CBR) se ajusta a las mínimas establecidas en las normas para ser utilizado, en estas capas se consideró estabilizar su material con cemento, siendo que esta alternativa ha representado una

experiencia con buenos resultados en los proyectos viales del país (ver en ANEXO B-XI, Estabilización con Cemento Portland).

El material que contiene dicho banco deberá cumplir con las especificaciones para materiales naturales estabilizadas con cemento de la norma NIC.-2000 sección 1003.23-II.d (ver norma en ANEXO B-XI).

Los resultados de las pruebas, en cuanto a resistencia se presentan a continuación:

BANCO N°.	NOMBRE DEL BANCO	DOSIFICACIÓN DE CEMENTO	
		4%	5%
1 y 2	EL PILÓN y ESCALANTE	257 PSI 18.11 Kg/cm ²	347 PSI 24.45 Kg/cm ²

Todas las pruebas de resistencia se realizaron con especímenes de suelo-cemento, sometidas a curado de 7 días.

Según estos resultados la opción más óptima es usar una dosificación de **5 %** de cemento con una resistencia última a la compresión de **24.45 Kg/cm²** ya que es mayor al mínimo establecido por las normas NIC-2000 sección 1003.23-II.d, que especifica que después del tratamiento, el material deberá tener una resistencia última a la compresión de por lo menos **1,800 KN/m²**, que equivale a **19 Kg/cm²** medida después de 7 días de curado y 7 días de saturación en el sitio, con mezcla compactada al 95 % de A.A.S.H.T.O. modificada (A.A.S.H.T.O. T 180) y el material tratado deberá tener un Índice de Plasticidad menor de 6 y un Módulo de Plasticidad menor de 250.

IV.7 CÁLCULO DE ESPESORES DEL PAVIMENTO (MÉTODO A.A.S.H.T.O.)

El número estructural (**SN**) es el indicativo del espesor total requerido de pavimento y oscila de 1 a 5. Para iniciar probaremos con **5** para ver si cumple los requisitos estructurales. Se realizará el cálculo de dos números estructurales, el primero será el de diseño y el segundo el de cálculo, bajo la premisa de que el de cálculo debe ser igual o mayor al de diseño ($SN_c \geq SN_d$), dicho cálculo será asistido por el programa "Pavement Analysis Software", Pavement Design and Analysis, versión 5.0, desarrollado por AMERICAN CONCRETE PAVEMENT ASSOCIATION.

IV.7.1 ESPESORES PROPUESTOS PARA LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Finalmente, se realiza el cálculo del SN_c y SN_d .

La carpeta de rodamiento se trabajara con espesores propuestos que oscilan entre 2.5 pulgadas y 4.0 pulgadas (ver ANEXO B-XII, tabla N°. IV.7.1.1).

La ecuación utilizada para el diseño de pavimento flexible, deriva de la información obtenida empíricamente por la A.A.S.H.T.O. ROAD TEST.

La fórmula general que se usará para determinar los espesores del pavimento es la siguiente:

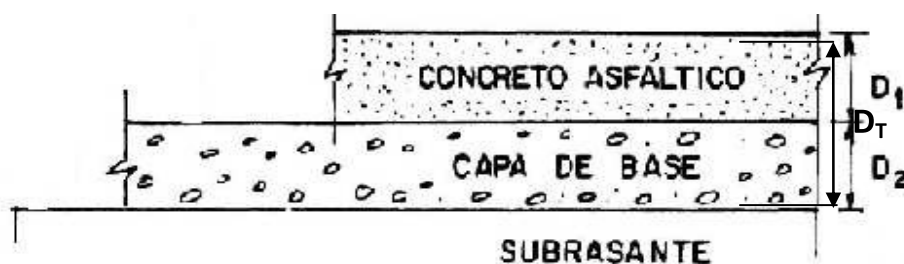
$$SN = SN_1 + SN_2 + SN_3 = a_1xD_1 + a_2xD_2 + a_3xD_3 = a_1xm_1 + a_2xm_2 + a_3xm_3$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 = Son los coeficientes estructurales o de capa.

D_1, D_2, D_3 = Espesores de las capas en pulgadas para la carpeta asfáltica, base y sub-base.

m_1, m_2, m_3 = Son los coeficientes de drenaje de las capas.



Este está basado en que las capas granulares no tratadas, deben estar perfectamente protegidas de presiones verticales excesivas, que lleguen a producir deformaciones permanentes.

El procedimiento para el cálculo de espesores consiste primero en calcular el SN sobre la subrasante, después se calculan los SN necesarios sobre las capas de sub-base y base.

Usando los valores aplicables de resistencia en cada caso y trabajando con las diferencias entre los SN calculados como necesarios sobre cada capa, se determina el espesor máximo permisible de cada uno. El SN máximo admisible para el material de sub-base, debe ser igual a la diferencia entre el SN total y el que se requiere sobre dicha capa. Del mismo modo, se procede con las demás capas y se calculan los espesores.

Cuando el modulo de resiliencia es superior a 40,000 PSI, no se determina el SN requerido sobre materiales de base o sub-base, en este caso los espesores de las capas superiores se establecen en base a consideraciones practicas sobre espesores mínimos.

Para calcular los espesores de las capas de pavimento, también se hizo uso del programa "Pavement Analysis Software", Pavement Design and Analysis, versión 5.0, desarrollado por AMERICAN CONCRETE PAVEMENT ASSOCIATION el cual requiere de los siguientes parámetros o datos de entrada y necesarios en la aplicación a utilizar en el software y son los siguientes:

El siguiente cuadro muestra los valores correspondientes para cada parámetro a utilizar en el software:

IV.7.2 APLICACIÓN DEL MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO
CUADRO N°. IV.7.2.1
**VALORES DE LOS PARÁMETROS A UTILIZAR EN EL SOFTWARE DEL
DISEÑO DE PAVIMENTO**

PARÁMETRO	VALOR
(1) Número de cargas por ejes simples equivalentes (Wt₁₈)	482,310.961
(2) Confiabilidad en el diseño (%) (R)	85 %
(3) Desviación estándar del sistema (So)	0.45
(4) Módulo resiliente de subrasante (Mr)	17,654.67 PSI
(5) Serviciabilidad inicial del pavimento (Po)	4.20
(6) Serviciabilidad final del pavimento (Pt)	2.00
(7) Δ PSI	2.20
(8) Tasa de crecimiento (i)	3.0 %
(9) Coeficiente de resistencia de las capas (a_n , n= 1, 2, 3...)	
Coeficiente estructural carpeta asfáltica (a₁).....	0.33
Coeficiente estructural base (a₂).....	0.155
(10) Coeficiente de drenaje (m) (m_i ; i= 1, 2, 3...)	1.00

Al introducir los datos del cuadro N°. IV.7.2.1 en el software se obtuvieron los resultados que se detallan en el ANEXO B-XIII, en los cuales podemos apreciar que el resultado cumple con el SN requerido. Y se obtuvo un resultado de:

SN_{req} = 2.09 (ver ANEXO B-XIII, Figura IV.7.2.1).

Los resultados obtenidos del programa son los siguientes: (ver ANEXO B-XIII, Figura IV.7.2.2).

CUADRO N°. IV.7.2.2

RESULTADOS OBTENIDOS DE ESPESORES DE PAVIMENTO

TIPO DE ESTRATO DE CAPA	ALTERNATIVA ESPESORES	
	Pulgadas	Centímetros
Carpeta Asfáltica	4	10.16
Capa de Base	5	12.7

Para la carpeta asfáltica se obtiene un espesor que cumple con el parámetro de espesor mínimo establecido en la guía de la A.A.S.H.T.O. (ver ANEXO B-XII, tabla N°. IV.7.1.1).

IV.7.3.- CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE LA RESISTENCIA DE LAS CAPAS (a_n)

Los coeficientes de capa fueron determinados en los nomogramas del ANEXO B-VII y B-VIII, el coeficiente estructural a_1 (carpeta asfáltica) se encontró en el ANEXO B-VII, Gráfico de Nomograma IV.4.2.2.1, tomando en consideración los criterios del Instituto del Asfalto para la Estabilidad Marshall, ya que de acuerdo a la clasificación del tránsito se establece que para el tránsito pesado que resulte

con cargas por ejes equivalentes entre 10,000 y 1,000,000 le corresponde una Estabilidad Marshall de 1,200 libras (ver tabla N°. IV.4.2.3.1).

Para el coeficiente de capas a_2 (base), dado que el CBR de esta capa es de 56 % se clasifica como una base de calidad buena, y considerando que los bancos cercanos son adecuados, y se recomienda reciclar el material existente a lo largo de la vía junto con la capa de material del banco y mezclarlo con cemento, lo que pasará a conformar la nueva base adicionando cemento en cantidad suficiente para que alcance una resistencia a la compresión no confinada a los 7 días de 28 kg/cm^2 ó 400 lb/plg^2 , por tanto el coeficiente a_2 se determinó en el ANEXO B-VIII, Gráfico de Nomograma IV.4.2.2.2.

El coeficiente de capa a_3 (sub-base) no es necesario su determinación por las siguientes razones:

1. El suelo de la subrasante se encuentra en buenas condiciones.
2. Los bancos de materiales cumplen con las especificaciones técnicas requeridas para su utilización, debido a su posición de nuestro tramo es viable su explotación para bases estabilizadas con cemento.

En resumen, los coeficientes de capa son:

$$a_1 = 0.33$$

$$a_2 = 0.155$$

La guía A.A.S.H.T.O. 1993, establece el criterio de espesores mínimos para el rodamiento y la base, en función de los ejes de daño que soportará la estructura.

En nuestro caso se tomó un CBR de 25 % para un 100 % de compactación que corresponde al valor de CBR obtenido de la mezcla en partes iguales entre los

bancos de materiales El Pílon y Samaria, por considerarse un excelente material para capas subrasante y base (ver ANEXO B-IX).

ESPEORES REQUERIDOS:

Una vez introducidos y procesados los datos, en el programa "Pavement Analysis Software", Pavement Desing and Analysis, versión 5.0, se obtuvieron los espesores requeridos de cada una de las capas de la estructura de pavimento (ver ANEXO B-XIII, Figura IV.7.2.2), cuyos valores se muestran a continuación:

Carpeta Asfáltica: **$D_1 = 4$ Pulgadas**

Capa de Base : **$D_2 = 5$ Pulgadas**

Espesor Total : **$D_T = 9$ Pulgadas**

El espesor mínimo sugerido para las capas de pavimento según el número de ejes equivalentes se muestra en el ANEXO B-XII, tabla N°. IV.7.1.1

En el tramo en estudio, el ESAL'S de diseño es de 482,310.961 por lo que los espesores mínimos según la tabla anterior para la carpeta asfáltica recomendados son de 2.5 pulgadas y 4.0 pulgadas para la carpeta y base granular respectivamente.

De acuerdo a lo descrito en el párrafo anterior se concluye que los espesores de capas que se calcularon en el programa "Pavement Analysis Software", Pavement Desing and Analysis, versión 5.0, cumplen con el espesor mínimo sugerido para este tipo de tránsito.

Dado que la construcción de la base granular en dos capas (base y sub-base), implica mayor cantidad de horas máquinas y por consiguiente mayor costo en la obra, ya que se debe elaborar dos tipos de mezclas de materiales y luego

tenderlas y compactarlas en las dos capas antes mencionadas; la estructura de pavimento se diseñará con base granular de una sola capa de 20 centímetros, la que estará constituida únicamente por la mezcla de materiales propuestos anteriormente para la base en el capítulo IV, sección IV.6. Por lo antes descrito este diseño no contempla capa sub-base.

CONCLUSIONES

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Para el diseño de la estructura de pavimento es importante conocer el comportamiento de los diferentes factores, tales como:

- Análisis de tránsito
- La característica de los suelos existentes
- Diseño de espesor

ESTUDIO DE TRÁNSITO

Para la proyección del tráfico vehicular se obtuvieron datos de la estación de control N°. 1 (estación permanente N°. 206 del MTI), presentando un flujo de 57.31 % de vehículos livianos (autos, Jeep, camionetas), el 11.08 % son vehículos pesados de pasajeros (microbuses y buses) y 27.51 % de vehículos pesados de carga para el año 2008. En relación a ejes equivalentes los pesados representan el 99.69 % contra el 0.31 % de ligeros.

El análisis vehicular se efectuó basado en los conteos volumétricos realizados por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), por lo que se hizo uso de la composición del TPDS de la estación de control N°. 1 (estación permanente N°. 206 del MTI), localizada en la entrada del tramo de estudio (puente Ochomogo), la cual tiene registros hasta el año 2008, proyectándola con la tasa de crecimiento estimada del 3.5 % al año 2012.

Para la estimación de las cargas por ejes equivalentes (ESAL'S de diseño), se utilizó la metodología recomendada por la A.A.S.H.T.O. 93, teniendo como resultado que con una tasa de crecimiento estimada del 3.5 %, vida útil de 20 años, dos carriles de circulación (uno por sentido), índice de serviciabilidad

inicial 4.2 y serviciabilidad final de 2.00 e índice de utilización de carga del 100 %, se obtendrá $Wt_{18} = 482,310.961$ ESAL'S (ver tabla N°. IV.2.3.1).

Siendo el tránsito de diseño igual a 841,251.15 vehículos, con una tasa de crecimiento (i) de 62.73 % para vehículos livianos y una tasa de 37.27 % para vehículos pesados, esto según las tendencias de crecimiento que presentan las variables planteadas en incisos anteriores.

ESTUDIO DE SUELO

En el análisis del estudio de suelo se encontró que los materiales que conforman la estructura del subsuelo son materiales que se clasifican según la A.A.S.H.T.O. del tipo A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-4, A-5 y A-7-5.

El valor de CBR de diseño es el correspondiente a 25 % con el valor de CBR encontrado podemos clasificar como muy buena a la subrasante de diseño.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los estudios de suelos realizados por INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS, los materiales predominantes a lo largo de la vía de la subrasante son suelos que según el sistema de clasificación A.A.S.H.T.O. M-145 corresponden a: suelos granulares A-1-a(0), A-2-4(0), A-2-6(0) y A-2-6(1); suelos finos A-4, A-5, A-6, A-7, A-7-5 y A-7-6; así como Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas tipo A-2-1, A-1-a y A-2-6; algunos sectores arcillosos A-6, A-7-5 y A-7-6. Sobre estos materiales está conformada la estructura de pavimento actual, predominando las Gravas y Arenas A-2-4(0), así como también fragmentos de piedra, grava y arena tipo A-1-b(0).

De las fuentes de materiales de bancos de préstamos analizados, se concluye que ninguna es apta para ser utilizada como material de base o sub-base.

El material de base se considera de una calidad excelente cuando tiene un CBR de 80-100 y calidad buena en el rango 60-80, como la capa que se encuentra debajo de la carpeta de rodamiento tiene un CBR de 25 %, es de una calidad mala, por lo que se consideró adecuado estabilizarlo con cemento.

El material que se encuentra debajo de la capa que posee un CBR de 25 %, presenta un CBR al 95 % de compactación de 5 %, por lo cual se considera de una calidad mala, ya que el rango para ser calificada como buena sería de 60-80 (ver tabla N°. IV.4.2.6.1).

DISEÑO DE ESPESORES

Después de analizar toda la información obtenida de las pruebas y de los ensayos, se presenta el resultado del Diseño de Espesores de Pavimento. En las consideraciones adoptadas para el tramo en estudio se trato de no afectar de manera significativa la rasante actual del tramo.

ESPESORES SUGERIDOS

ESPESORES DE PAVIMENTO		
CAPA DE PAVIMENTO	Espesor en (plg)	Espesor en (cm)
Carpeta Asfáltica	4	10.16
Capa de Base	5	12.7
Espesor de Estructura Total	9	22.86

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

- ✓ Elaborar un programa de mantenimiento vial, para evitar que las fallas de pavimento ocurran, mediante un mantenimiento preventivo, garantizando así que el pavimento se comporte de manera satisfactoria durante su vida útil.

- ✓ Durante la construcción de la obra, se recomienda que se respeten los espesores y calidad de los materiales utilizados en la opción de diseño seleccionada para el tramo en estudio garantizando así que la estructura cumpla su función de manera satisfactoria.

- ✓ Se recomienda que durante la construcción de cada una de las capas de la estructura de pavimento diseñado para este proyecto, se deberán ejercer rigurosos controles para verificar la calidad de los materiales a colocar.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

- A.A.S.T.H.O. GUIDE for design of Pavement Structure (1993). Published by The American Association of State Highway and Transportation Officials. United States of America.
- Consideraciones sobre el parámetro Confiabilidad (R), utilizado en el diseño de pavimentos según la A.A.S.H.T.O. 93, Republica del Salvador, Marzo 2006. Marlex Lisandro Méndez, Edwin Ricardo Alvarenga.
- Descripción preliminar del proyecto vial Diriamba - La Boquita. Preparado por EDICO, S.A. Ingenieros Consultores, 2005.
- Diseño Estructura de Pavimento (Adoquín y Drenaje Pluvial calle Sra. Cástula Jarquín ciudad de Jinotega), Tesina 2007. Claudia Zelaya Rivera, Luís Altamirano Kauffman.
- Diseño de Estructura de Pavimentos basada en Adoquín e Impacto Ambiental, Tesina 2007. Cándida Álvarez Alizaga, Roxana Olivares Enríquez, Yassara Ulmos.
- Documentos de Internet: www.bcn.gob.ni (Banco Central de Nicaragua) y www.inide.gob.ni (Instituto Nacional de Información de Desarrollo – INIDE de Nicaragua).
- Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes, NIC-2000.
- Estudio de Suelos para Revisión de Estructura de Pavimento Proyecto: Diriamba - La Boquita - Casares. Preparado por Ingeniería de Materiales y Suelos, Noviembre - Diciembre, 2005.

- Folleto de curso. Diseño de Pavimento Flexible. Ing. Israel Morales Urbina, Julio 2005.
- Folleto de curso. Geotecnia Vial. Dr. Ing. Oscar Gutiérrez, 2005.
- Folleto de Diseño de Pavimento Flexible, Curso de Obras Viales 2006. Ing. Israel Morales.
- Folleto de Estudio de Tránsito, Ing. Bernardo Calvo, Curso de Obras Viales 2006.
- Folleto de Geotecnia Vial y Diseño de Carreteras, asignatura Mecánica de Suelos, Curso de Obras Viales 2006. Dr. Ing. Oscar Gutiérrez.
- Ingeniería de Pavimentos para Carreteras 2da. Edición 2001. Alfonso Montejo Fonseca. Editorial Universidad Católica de Colombia, Ediciones y Publicaciones.
- Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones, 8va. Edición. 1994. Rafael Cal y Mayor Reyes Spindola. Editorial ALFAOMEGA.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, estimaciones y proyecciones de población, 1950 – 2005.
- Laboratorio de Ingeniería de Materiales y Suelos (IMS), Estudio de Suelo, Proyecto Ochomogo – Salinas de Nahualapa.
- Laboratorio de Ingeniería de Materiales y Suelos (IMS), Estudio de Suelo, Proyecto Las Flores - Empalme Monimbo.

- Libro de conteos volumétricos y composición del tránsito promedio diario anual realizados en el año 2004 por la Dirección General de Vialidad del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).
- Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. Ing. Jorge Coronado Iturbide. Consultor. Secretaría de Integración Económica Centroamericana. 2002.
- Manual Centroamericano De Mantenimiento De Carreteras, tomo III. Catálogo Centroamericano de Daños a Pavimentos Viales, Ing. Jorge Coronado I. Consultor, Guatemala, Diciembre, 2000.
- Mecánica de Suelos Tomo I. Fundamentos de la mecánica de suelos. Eulalio Juárez Badillo y Alfonso Rico Rodríguez. Editorial LIMUSA. 2005.
- Mecánica de Suelos Tomo II. Teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos. Eulalio Juárez Badillo y Alfonso Rico Rodríguez. Editorial LIMUSA. 2004.
- Método de Diseño de Pavimento versión 1993 de la A.A.S.H.T.O. (American Association of State Highway and Transportation Officials) para pavimentos flexibles.
- Pavimentos Flexibles, Problemática, Metodología de Diseño y Tendencias. Tomo I, 2da. Edición. Alfonso Rico Rodríguez, Rodolfo Téllez Gutiérrez, Paul Garnica Aguas. Editorial LIMUSA. 2000.
- “Revista Anuario Estadístico del Tráfico Vehicular – SIC – MTI”. Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

ANEXOS

ANEXO A-I

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS DE EST. 0+00 A EST. 6+625

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Enero 2006
HOJA No.1

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa.
SONDEOS : MANUALES

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación	Desviación (m)	Sondeo No.	Muestra No.	Profundidad (cm)	% Que Pasa Tamiz No.										Límite %		Clasificación H.R.B.	C.B.R. a Compactación			
					3	2	1 1/2	1	3/4	3/8	4	10	40	200	LL	IP		90	95	100	
0+025	2.00	1	1	0-20			100	96	95	79	54	42	22	17	25	7	A-2-4(0)				
			2	20-150				100	89	66	31	19	10	8	33	13	A-2-6(0)	17	25	33	
0+125	2.20 Der.	2	=1	0-15			100	96	95	79	54	42	22	17	25	7	A-2-4(0)				
			3	15-30		100	98	80	62	38	24	19	13	9	28	8	A-2-4(0)				
			4	30-45			100	90	86	73	62	51	29	15	25	7	A-2-4(0)				
			5	45-90			100	98	88	79	76	71	65	65	38	17	A-6(9)	6	7	8	
			6	90-150							100	100	99	91	38	15	A-6(10)				
0+250	2.50 Izq.	3	=1	0-5			100	96	95	79	54	42	22	17	25	7	A-2-4(0)				
			=3	5-20		100	98	80	62	38	24	19	13	9	28	8	A-2-4(0)				
			7	20-35			100	93	88	69	51	42	27	21	31	10	A-2-4(0)				
			=5	35-90			100	98	88	79	76	71	65	65	38	17	A-6(9)	6	7	8	
			=6	90-150							100	100	99	91	38	15	A-6(10)				
0+375	2.20 Der.	4	8	0-12			100	98	89	83	71	45	39	29	22	30	A-2-4(0)				
			=7	12-35			100	93	88	69	51	42	27	21	32	10	A-2-4(0)				
			=5	35-60			100	98	88	79	76	71	65	65	38	17	A-6(9)	6	7	8	
			9	60-125							100	100	99	83	30	13	A-6(9)				
			10	125-150							100	100	99	82	34	12	A-6(9)	5	8	11	

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Enero 2006
HOJA No.2

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa.
SONDEOS : MANUALES

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación	Desviación (m)	Sondeo No.	Muestra No.	Profundidad (cm)	% Que Pasa Tamiz No.										Clasificación H.R.B.	C.B.R. a Compactación				
					3	2	1 1/2	1	3/4	3/8	4	10	40	200		LL	IP	90	95	100
0+500	2.00 Izq.	5	11	0-30	100	88	78	69	60	52	49	37	27	28	5	A-2-4(0)				
			=5	30-90			100	98	88	79	76	71	65	38	17	A-6(9)	6	7	8	
			=9	90-150						100	100	99	83	30	13	A-6(9)				
0+625	2.00 Der.	6	=9	0-30						100	100	99	83	30	13	A-6(9)				
			=5	30-120			100	98	88	79	76	71	65	38	17	A-6(9)	6	7	8	
			=10	120-150						100	100	99	82	34	12	A-6(9)	5	8	11	
0+750	2.00 Izq.	7	=1	0-15			100	96	95	79	54	42	22	25	7	A-2-4(0)				
			=2	15-50				100	89	66	31	19	10	8	33	13	A-2-6(0)	17	25	33
			=7	50-70			100	93	88	69	51	42	27	31	10	A-2-4(0)				
			=5	70-120				100	98	88	79	76	71	65	38	17	A-6(9)	6	7	8
			=6	120-150						100	100	99	91	38	15	A-6(10)				
0+875	2.40 Der.	8	=11	0-15			100	88	78	69	60	49	37	28	5	A-2-4(0)				
			=5	15-110				100	98	88	79	76	71	65	38	17	A-6(9)	6	7	8
			=6	110-150						100	100	99	91	38	15	A-6(10)				

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Enero 2006
HOJA No.3

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa.
SONDEOS : MANUALES

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación	Desviación (m)	Sondeo No.	Muestra No.	Profundidad (cm)	% Que Pasa Tamiz No.										Límite %		Clasificación H.R.B.	C.B.R. a Compactación		
					3	2	1 1/2	1	3/8	4	10	40	200	LL	IP	90		95	100	
1+000	2.20 Izq.	9	12	0-12				100	98	92	80	76	70	66	40	15	A-6(8)			
			13	12-28				100	99	97	91	85	68	55	29	9	A-4(4)			
			14	28-70				100	98	83	81	76	63	29	11		A-4(6)	5	6	7
			=6	70-150							100	100	99	91	38	15	A-6(10)			
1+125	3.00 Der.	10	=13	0-15				100	99	97	91	85	68	55	29	9	A-4(4)			
			=14	15-40				100	98	83	81	76	63	29	11		A-6(6)	5	6	7
			15	40-150							100	100	99	78	40	20	A-6(12)	2	3	4
1+250	2.10 Izq.	11	=13	0-5				100	99	97	91	85	68	55	29	9	A-4(4)			
			=2	5-12				100	89	66	31	19	10	8	33	13	A-2-6(0)	17	25	33
			16	12-32			100	90	87	77	70	54	41	38	32	28	A-2-4(0)			
			=14	32-57				100	98	83	81	76	63	29	11		A-6(6)	5	6	7
			=15	57-150							100	100	99	78	40	20	A-6(12)	2	3	4
1+375	2.30 Der.	12	=1	0-6				100	96	95	79	54	42	22	25	7	A-2-4(0)			
			=13	6-20				100	99	97	91	85	68	55	29	9	A-4(4)			
			=1	20-35			100	96	95	79	54	42	22	17	25	7	A-2-4(0)			
			=15	35-55							100	100	99	78	40	20	A-6(12)	2	3	4
			17	55-100							100	99	97	96	49	26	A-7-6(16)	1	2	3
			18	100-150							100	100	97	95	47	25	A-7-6(15)			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Enero 2006
HOJA No.4

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa.
SONDEOS : MANUALES

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación	Desviación (m)	Sondeo No.	Muestra No.	Profundidad (cm)	% Que Pasa Tamiz No.										Límite %		Clasificación H.R.B.	C.B.R. a Compactación		
					3	2	1 1/2	1	3/4	3/8	4	10	40	200	LL	IP		90	95	100
1+500	2.20 Izq.	13	19	0-20				100	99	92	80	70	52	32	26	8	A-2-4(0)			
			20	20-40			100	96	90	80	60	53	40	34	33	13	A-2-6(1)			
			=17	40-150							100	99	97	96	49	26	A-7-6(16)	1	2	3
1+625	2.50 Der.	14	21	0-25			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28
			=20	25-40			100	96	90	80	60	53	40	34	33	13	A-2-6(1)			
			=15	40-90							100	100	99	78	40	20	A-6(12)	2	3	4
			=18	90-150							100	100	97	95	47	25	A-7-6(15)			
1+750	2.50 Izq.	15	19	0-30			100	99	92	80	70	52	32	26	8		A-2-4(0)			
			=17	30-80						100	99	97	96	49	26		A-7-6(16)	1	2	3
			=18	80-150							100	100	97	95	47	25	A-7-6(15)			
1+825	2.50 Der.	16	=21	0-12			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28
			=9	12-85							100	100	99	83	30	13	A-6(9)			
			=5	85-120			100	98	88	79	76	71	65	38	17		A-6(9)	6	7	8
			=19	120-150			100	99	92	80	70	52	32	26	8		A-2-4(0)			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Enero 2006
HOJA No.5

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahuatlapa.
SONDEOS : MANUALES

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación	Desviación (m)	Sondeo No.	Muestra No.	Profundidad (cm)	% Que Pasa Tamiz No.										Límite %		Clasificación H.R.B.	C.B.R. a Compactación						
					3	2	1 1/2	1	3/4	3/8	4	10	40	200	LL	IP		90	95	100				
2+000	2.50 Izq.	17	22	0-7	100	97	95	92	82	82	57	45	33	23	27	8	A-2-4(0)	5	6	7				
								100	98	83	81	76	63	29	11	A-6(6)								
										100	96	95	28	40	17						A-2-6(1)			
								100	99	91	67	56	34	25	33							9	A-2-4(0)	
2+125	2.00 Der.	18	=21	0-12		100	91	82	72	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28				
								100	98	83	81	76	63	29	11	A-6(6)								
										100	100	99	78	40	20						A-6(12)			
										100	97	76	64	45	22							A-7-6(12)		
2+250	2.20 Izq.	19	=21	0-15		100	91	82	72	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28				
								100	98	97	82	57	46	32	24	31					11	A-2-6(0)		
										100	99	90	82	37	16	A-6(10)								
										100	97	85	74	36	15						A-6(10)			
										100	93	69	62	42	17								A-7-6(9)	
2+375	2.50 Der.	20	=21	0-10		100	91	82	72	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28				
								100	87	77	70	54	41	38	28	36					10	A-2-4(0)		
										100	90	70	54	41	38	28					36		10	A-6(10)
														100	99	90					82		37	
			30	35-150							100	98	87	74	41	18	A-7-6(11)	3	5	7				

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Enero 2006
HOJA No.6

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahuatlapa.
SONDEOS : MANUALES

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación	Desviación (m)	Sondeo No.	Muestra No.	Profundidad (cm)	% Que Pasa Tamiz No.										Límite %		Clasificación H.R.B.	C.B.R. a Compactación		
					3	2	1 1/2	1	3/4	3/8	4	10	40	200	LL	IP		90	95	100
2+500	2.20 Izq.	21	=21	0-25			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28
			31	25-40					100	97	87	69	37	27	31	11	A-2-6(0)			
		*	=17	40-100							100	99	97	96	49	26	A-7-6(16)	1	2	3
2+625	2.50 Der.	22	=21	0-15			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28
			=16	15-30	100	90	87	77	70	54	41	38	32	28	36	10	A-2-4(0)			
			=28	30-80							100	97	85	74	36	15	A-6(10)	4	6	8
			=14	80-100					100	98	83	81	76	63	29	11	A-6(6)	5	6	7
2+750	2.00 Izq.	23	=21	0-15			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28
			=14	15-40					100	98	83	81	76	63	29	11	A-4(6)	5	6	7
			=30	40-110							100	98	87	74	41	18	A-7-6(11)	3	5	7
			=25	110-150							100	97	76	64	45	22	A-7-6(12)			
2+875	2.50 Der.	24	=21	0-12			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28
			32	12-25		100	95	81	72	53	38	29	19	14	27	7	A-2-4(0)			
			=31	25-45					100	97	87	69	37	27	31	11	A-2-6(0)			
			=28	45-80							100	97	85	74	36	15	A-6(10)			
			33	80-150							100	96	86	80	44	25	A-7-6(15)			

Observaciones: * Existe agua a 0.50 metros de profundidad.

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Enero 2006
HOJA No.7

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa.
SONDEOS : MANUALES

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación	Desviación (m)	Sondeo No.	Muestra No.	Profundidad (cm)	% Que Pasa Tamiz No.										Límite %		Clasificación H.R.B.	C.B.R. a Compactación			
					3	2	1 1/2	1	3/4	3/8	4	10	40	200	LL	IP		90	95	100	
3+000	2.70 Izq.	25	=21	0-16			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28	
			=31	16-37					100	97	87	69	37	27	31	11	A-2-6(0)				
			34	37-45						100	99	96	85	75	32	12	A-6(9)				
			35	45-95							100	99	94	85	34	16	A-6(10)	3	5	7	
			=25	95-115							100	97	76	64	45	22	A-7-6(12)				
			=28	115-150							100	97	85	74	36	15	A-6(10)	4	6	8	
3+125	2.50 Der.	26	=21	0-12			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28	
			=31	12-25					100	97	87	69	37	27	31	11	A-2-6(0)				
			=34	25-42						100	99	96	85	75	32	12	A-6(9)				
			36	42-70				100	99	98	94	84	69	57	34	14	A-6(6)	5	7	9	
			=25	70-150							100	97	76	64	45	22	A-7-6(12)				
3+250	2.50 Izq.	27	=21	0-20			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28	
			=31	20-35					100	97	87	69	37	27	31	11	A-2-6(0)				
			=14	35-100					100	98	83	81	76	63	29	11	A-4(6)	5	6	7	
			=28	100-150							100	97	85	74	36	15	A-6(10)	4	6	8	

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Enero 2006
HOJA No.8

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa.
SONDEOS : MANUALES

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación	Desviación (m)	Sondeo No.	Muestra No.	Profundidad (cm)	% Que Pasa Tamiz No.										Límite %		Clasificación H.R.B.	C.B.R. a Compactación		
					3	2	1 1/2	1	3/8	4	10	40	200	LL	IP	90		95	100	
3+375	2.00 Der.	28	=21	0-15			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28
					100	92	74	65	46	31	26	19	15	29	12	A-2-6(0)				
								100	97	87	69	37	27	31	11	A-2-6(0)				
										100	98	93	87	44	17	A-7-6(12)	3	5	7	
3+500	1.00 Izq.	29	=21	0-13			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28
								100	98	83	81	76	63	29	11	A-4(6)	5	6	7	
										100	97	92	90	49	23	A-7-5(15)	1	2	3	
3+625	1.80 Der.	30	=21	0-30			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28
								100	98	83	81	76	63	29	11	A-4(6)	5	6	7	
										100	97	92	90	49	23	A-7-5(15)	1	2	3	
3+625 A	2.20 Izq.	31	40	0-13							100	98	93	88	37	12	A-6(9)			
								100	99	98	94	84	69	57	34	14	A-6(6)			
										100	100	99	96	44	21	A-7-6(13)				
										100	99	97	96	57	28	A-7-6(18)	1	2	3	
			43	70-90						100	100	99	97	47	19	A-7-6(13)				
			44	90-150						100	99	98	94	41	14	A-7-6(10)				

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Enero 2006
HOJA No.9

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa.
SONDEOS : MANUALES

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación	Desviación (m)	Sondeo No.	Muestra No.	Profundidad (cm)	% Que Pasa Tamiz No.										Límite %		Clasificación H.R.B.	C.B.R. a Compactación										
					3	2	1 1/2	1	3/8	4	10	40	200	LL	IP	90		95	100									
3+750	2.20 Der.	32	=42	0-20								100	99	97	96	57	28	A-7-6(18)	1	2	3							
			45	20-60								100	93	86	80	47	22	A-7-6(14)	2	3	4							
			46	60-80								100	99	95	88	32	9	A-4(8)										
			47	80-150								100	96	80	69	45	30	24	16	11	31	11	A-2-6(0)					
3+875	2.20 Izq.	33	48	0-15								100	99	94	79	62	55	38	22	26	9	9	A-2-4(0)	31	39	47		
			49	15-45								100	98	96	89	76	54	41	27	5	5							
			=38	45-80																								
			=39	80-150																								
4+000	2.30 Der.	34	=48	0-20								100	99	94	79	62	55	38	22	26	9	9	A-2-4(0)	31	39	47		
			=49	20-35								100	98	96	89	76	54	41	27	5	5							
			50	35-90																								
			=39	90-130																								
			51	130-150																								
4+125	2.50 Izq.	35	=21	0-30								100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	6	A-1-a(0)	15	21	28		
			=31	30-55																								
			=47	55-85								100	96	80	69	45	30	24	16	11	31	11	11	A-2-6(0)				
			=14	85-120																								
			=39	120-150																								

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Enero 2006
HOJA No.10

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa.
SONDEOS : MANUALES

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación	Desviación (m)	Sondeo No.	Muestra No.	Profundidad (cm)	% Que Pasa Tamiz No.										Clasificación H.R.B.	C.B.R. a Compactación					
					3	2	1 1/2	1	3/4	3/8	4	10	40	200		LL	IP	90	95	100	
4+250	2.20 Der.	36	=21	0-20			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28	
			=49	20-35				100	98	96	89	76	54	41	27	5	A-4(1)				
			52	35-55	100	95	76	73	63	43	30	24	14	10	29	10	A-2-4(0)				
			53	55-75	100	91	82	78	73	56	50	41	32	22	32	11	A-2-6(0)				
			=48	75-115			100	99	94	79	62	55	38	22	26	9	A-2-4(0)	31	39	47	
			54	115-125						100	91	88	75	55	34	12	A-6(4)				
			55	125-150							100	99	90	72	36	11	A-6(7)				
4+375	2.50 Izq.	37	=21	0-10			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28	
		*	56	10-80							100	97	87	50	27	4	A-4(3)				
4+500	2.50 Der.	38	=21	0-15			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28	
			57	15-25			100	98	96	94	91	89	87	81	34	14	A-6(10)				
			58	25-150				100	99	99	98	95	87	58	33	7	A-4(5)	8	9	11	
4+625	2.00 Izq.	39	59	0-50							100	99	98	93	50	23	A-7-6(15)	1	2	3	
			60	50-80							100	98	91	83	40	12	A-6(9)				
			61	80-150							100	100	99	97	31	10	A-4(8)				

Observaciones: *Cascajo y Toba de la superficie muy compacto.

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Enero 2006
HOJA No.11

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa.
SONDEOS : MANUALES

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación	Desviación (m)	Sondeo No.	Muestra No.	Profundidad (cm)	% Que Pasa Tamiz No.										Límite %		Clasificación H.R.B.	C.B.R. a Compactación		
					3	2	1 1/2	1	3/4	3/8	4	10	40	200	LL	IP		90	95	100
4+750	2.30 Der.	40	=21	0-10			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28
			62	10-30			100	90	87	79	69	61	46	35	21	5	A-2-4(0)			
			=48	30-60			100	99	94	79	62	55	38	22	26	9	A-2-4(0)	31	39	47
			=38	60-150							100	98	93	87	44	17	A-7-6(12)	3	5	7
4+875	2.50 Izq.	41	63	0-15						100	80	74	57	43	22	6	A-4(2)			
			=28	15-60							100	97	85	74	36	15	A-6(10)	4	6	8
			=35	60-95							100	99	94	85	34	16	A-6(10)	3	5	7
			=39	95-150							100	97	92	90	49	23	A-7-5(15)	1	2	3
5+000	2.50 Der.	42	=21	0-15			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28
			=30	15-50							100	98	87	74	41	18	A-7-6(11)	3	5	7
			=38	50-100							100	98	93	87	44	17	A-7-6(12)	3	5	7
			=39	100-150							100	97	92	90	49	23	A-7-5(15)	1	2	3
5+125	2.30 Izq.	43	=21	0-12																
			=48	12-32			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	22	28
			=28	32-60			100	99	94	79	62	55	38	22	26	9	A-2-4(0)	31	39	47
			=30	60-125							100	97	85	74	36	15	A-6(10)	4	6	6
			64	125-150							100	98	87	74	41	18	A-7-6(11)	3	5	7
											100	99	94	84	38	17	A-6(11)			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Enero 2006
HOJA No.12

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahuatlapa.
SONDEOS : MANUALES

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación	Desviación (m)	Sondeo No.	Muestra No.	Profundidad (cm)	% Que Pasa Tamiz No.										Límite %		Clasificación H.R.B.	C.B.R. a Compactación		
					3	2	1 1/2	1	3/4	3/8	4	10	40	200	LL	IP		90	95	100
5+250	2.40 Der.	44	=21	0-18			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28
			=28	18-45							100	97	85	74	36	15	A-6(10)	4	6	8
			65	45-85							100	93	69	55	38	17	A-6(7)	3	5	7
			=50	85-150							100	98	91	79	49	23	A-7-5(15)	1	2	3
5+375	1.80 Izq.	45	=21	0-10			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28
			66	10-90							100	99	97	91	57	33	A-7-6(19)	1	2	3
			=51	90-150							100	100	90	70	39	17	A-6(10)			
5+500	2.50 Der.	46	=21	0-15			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28
			67	15-150							100	96	77	14	-	NP	A-2-4(0)	15	18	20
5+625	2.50 Izq.	47	=63	0-12							100	80	74	57	43	6	A-4(2)			
			68	12-30							100	99	94	90	76	31	A-6(8)			
			69	30-90								100	99	92	85	37	A-6(10)	4	6	8
			=28	90-110							100	97	85	74	36	15	A-6(10)	4	6	8
			70	110-150							100	99	96	89	48	21	A-7-6(14)			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Enero 2006
HOJA No.13

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa.
SONDEOS : MANUALES

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación	Desviación (m)	Sondeo No.	Muestra No.	Profundidad (cm)	% Que Pasa Tamiz No.										Límite %		Clasificación H.R.B.	C.B.R. a Compactación		
					3	2	1 1/2	1	3/8	4	10	40	200	LL	IP	90		95	100	
5+750	1.50 Der.	48	=21	0-10			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28
			=48	10-20			100	99	94	79	62	55	38	22	26	9	A-2-4(0)	31	39	47
			=69	20-80							100	99	92	85	37	15	A-6(10)	4	6	8
			=66	80-150							100	99	97	91	57	33	A-7-6(19)	1	2	3
5+875	2.40 Izq.	49	=48	0-15			100	99	94	79	62	55	38	22	26	9	A-2-4(0)	31	39	47
			=52	15-30			100	95	76	63	43	30	24	14	29	10	A-2-4(0)			
			=28	30-70							100	97	85	74	36	15	A-6(10)	4	6	8
			71	70-150							100	99	95	85	49	25	A-7-6(16)	1	2	3
6+000	2.60 Der.	50	=21	0-18			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28
			=69	18-70							100	99	92	85	37	15	A-6(10)	4	6	8
			=71	70-150							100	99	95	85	49	25	A-7-6(16)	1	2	3
6+125	2.10 Izq.	51	=21	0-25			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28
			=69	25-100							100	99	92	85	37	15	A-6(10)	4	6	8
			=51	100-150							100	100	90	70	39	17	A-6(10)			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

FECHA: Enero 2006
HOJA No.14

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahuatlapa.
SONDEOS : MANUALES

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación	Desviación (m)	Sondeo No.	Muestra No.	Profundidad (cm)	% Que Pasa Tamiz No.										Clasificación H.R.B.	C.B.R. a Compactación					
					3	2	1 1/2	1	3/4	3/8	4	10	40	200		LL	IP	90	95	100	
6+250	3.00 Der.	52	=21	0-20			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28	
			72	20-32							100	98	90	75	32	13	A-6(9)				
			73	32-70							100	99	98	93	47	22	A-7-6(14)	1	2	3	
			74	70-150							100	100	87	83	43	17	A-7-6(12)				
6+375	2.70 Izq.	53	75	0-17					100	99	94	86	58	34	25	4	A-2-4(0)				
			=29	17-60							100	93	69	62	42	17	A-7-6(9)				
			=71	60-95							100	99	95	85	49	25	A-7-6(16)	1	2	3	
			76	95-150							100	96	90	84	52	31	A-7-6(18)				
6+500	2.40 Der.	54	=21	0-20			100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)	15	21	28	
			77	20-45							100	96	83	73	36	15	A-6(10)	4	6	8	
			=69	45-100							100	99	92	85	37	15	A-6(10)	4	6	8	
			78	100-150							100	99	94	81	46	24	A-7-6(15)				
6+625	2.70 Izq.	55	=21	0-15																	
			=77	15-40							100	91	82	72	32	26	18	12	25	6	A-1-a(0)
			=71	40-100							100	96	83	73	36	15	A-6(10)	4	6	8	
			=76	100-150							100	99	95	85	49	25	A-7-6(16)	1	2	3	
											100	96	90	84	52	31	A-7-6(18)				

ANEXO A-II

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO DE EST. 0+00 A EST. 6+500

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa
CAMINO: _____
ENSAYE No. _____ **EFFECTUADO POR:** O.C.
MUESTRA No.: 2 **CALCULO:** M.B.
COTEJO: _____
FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 1
 Profundidad 20-150 cm
 Est. 0+025

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	¾	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA	89	66	31	19	10	8

LIMITE LIQUIDO: 33 **INDICE DE PLASTICIDAD** 13
CLASIFICACION H.R.B. A-2-6(0) **EQUIVALENTE DE ARENA** _

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1785 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	10.5%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1607	1696	1785
C.B.R. SATURADO	17	25	33
HINCHAMIENTO (%)	0.08	0.06	0.05
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO
PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa
CAMINO: _____

ENSAYE No. _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 5

CÁLCULO: M.B.
COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 2
 Profundidad 45-90 cm
Est. 0+125
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA	98	88	79	76	71	65

LIMITE LIQUIDO 38
INDICE DE PLASTICIDAD 17
CLASIFICACION H.R.B. A-6(9)
EQUIVALENTE DE ARENA

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1570 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	20.0 %

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1413	1492	1570
C.B.R. SATURADO	6	7	8
HINCHAMIENTO (%)	0.55	0.47	0.31
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

PROYECTO: <u>Ochomogo – Salinas de Nahualapa</u>	
CAMINO: _____	
ENSAYE No. _____	EFFECTUADO POR: O.C.
MUESTRA No. 10	CÁLCULO: <u>M.B.</u>
COTEJO: _____	
FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 4 Profundidad 125-150 cm Est. 0+375	

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA			100	100	99	82

LIMITE LIQUIDO <u>34</u>	INDICE DE PLASTICIDAD <u>12</u>
CLASIFICACION H.R.B. <u>A-6(9)</u>	EQUIVALENTE DE ARENA <u> </u>

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1601 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	16.2 %

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1441	1521	1601
C.B.R. SATURADO	5	8	11
HINCHAMIENTO (%)	0.47	0.39	0.23
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO
PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa
CAMINO: _____

ENSAYE No. _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 14

CÁLCULO: M.B.
COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 9
 Profundidad 28-70 cm
 Est. 1+000

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA	100	98	83	81	76	63

LIMITE LIQUIDO 21
INDICE DE PLASTICIDAD 13
CLASIFICACION H.R.B. A-6(6)
EQUIVALENTE DE ARENA

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1665 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	19.0%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1499	1582	1665
C.B.R. SATURADO	5	6	7
HINCHAMIENTO (%)	0.55	0.43	0.31
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO
PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa
CAMINO: _____

ENSAYE No. _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 15

CÁLCULO: M.B.
COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 10
 Profundidad 40-150 cm
 Est. 1+125

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA			100	100	99	78

LIMITE LIQUIDO 40
INDICE DE PLASTICIDAD 20
CLASIFICACION H.R.B. A-6(12)
EQUIVALENTE DE ARENA

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1504 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	19.5%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1354	1429	1504
C.B.R. SATURADO	2	3	4
HINCHAMIENTO (%)	1.67	1.49	1.42
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO
PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa
CAMINO: _____

ENSAYE No. _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 17

CÁLCULO: M.B.
COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 12
 Profundidad 55-100 cm
 Est. 1+375

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA			100	99	97	96

LIMITE LIQUIDO 49
INDICE DE PLASTICIDAD 26
CLASIFICACION H.R.B. A-7-6(16)
EQUIVALENTE DE ARENA

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1459 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	18.5%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1313	1386	1459
C.B.R. SATURADO	1	2	3
HINCHAMIENTO (%)	0.45	0.39	0.23
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO
PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa
CAMINO: _____

ENSAYE No. _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 21

CÁLCULO: M.B.
COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 14
 Profundidad 0-25 cm
 Est. 1+625

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA	82	72	32	26	18	12

LIMITE LIQUIDO 25
INDICE DE PLASTICIDAD 6
CLASIFICACION H.R.B. A-1-a(0)
EQUIVALENTE DE ARENA

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1880 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	11.5%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1692	1786	1880
C.B.R. SATURADO	15	21	28
HINCHAMIENTO (%)	0.08	0.05	0.03
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

PROYECTO: <u>Ochomogo – Salinas de Nahualapa</u>	
CAMINO: _____	
ENSAYE No. _____	EFFECTUADO POR: O.C.
MUESTRA No. 23	CÁLCULO: <u>M.B.</u>
COTEJO: _____	
FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 17 Profundidad 35-110 cm Est. 2+000	

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA			100	96	65	28

LIMITE LIQUIDO <u>40</u>	INDICE DE PLASTICIDAD <u>17</u>
CLASIFICACION H.R.B. <u>A-2-6(1)</u>	EQUIVALENTE DE ARENA _

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1526 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	16.5%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1373	1450	1526
C.B.R. SATURADO	12	17	22
HINCHAMIENTO (%)	0.47	0.41	0.32
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO
PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa
CAMINO: _____

ENSAYE No. _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 28

CÁLCULO: M.B.
COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 19
 Profundidad 45-90 cm
 Est. 2+250

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA			100	97	85	74

LIMITE LIQUIDO 36
INDICE DE PLASTICIDAD 15
CLASIFICACION H.R.B. A-6(10)
EQUIVALENTE DE ARENA

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1435 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	15.5%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1292	1363	1435
C.B.R. SATURADO	4	6	8
HINCHAMIENTO (%)	1.70	0.86	0.79
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO
PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa
CAMINO: _____

ENSAYE No. _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 30

CÁLCULO: M.B.
COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 20
 Profundidad 35-150 cm
 Est. 2+375

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA			100	98	87	74

LIMITE LIQUIDO 41
INDICE DE PLASTICIDAD 18
CLASIFICACION H.R.B. A-7-6(11)
EQUIVALENTE DE ARENA

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1515 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	18.5%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1364	1439	1515
C.B.R. SATURADO	3	5	7
HINCHAMIENTO (%)	0.85	0.64	0.39
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO
PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa
CAMINO: _____

ENSAYE No. _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 35

CÁLCULO: M.B.
COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 25
 Profundidad 45-95 cm
Est. 3+000
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA			100	99	94	85

LIMITE LIQUIDO 34
INDICE DE PLASTICIDAD 16
CLASIFICACION H.R.B. A-6(10)
EQUIVALENTE DE ARENA

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1630 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	21.0%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1467	1549	1630
C.B.R. SATURADO	3	5	7
HINCHAMIENTO (%)	0.55	0.54	0.52
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa

CAMINO: _____

ENSAYE No. _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 36

CÁLCULO: M.B.

COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 26
Profundidad 42-70 cm
Est. 3+125

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	¾	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA	99	98	94	84	69	57

LIMITE LIQUIDO 34

INDICE DE PLASTICIDAD 14

CLASIFICACION H.R.B. A-6-(6)

EQUIVALENTE DE ARENA_

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1607 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	17.2%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m ³)	1446	1527	1607
C.B.R. SATURADO	5	7	9
HINCHAMIENTO (%)	0.24	0.16	0.09
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO
PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa
CAMINO: _____

ENSAYE No. _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 38

CÁLCULO: M.B.
COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 28
 Profundidad 45-150 cm
 Est. 3+375

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA			100	98	93	87

LIMITE LIQUIDO 44
INDICE DE PLASTICIDAD 17
CLASIFICACION H.R.B. A-7-6(12)
EQUIVALENTE DE ARENA _

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1509 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	21.5%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1358	1434	1509
C.B.R. SATURADO	3	5	7
HINCHAMIENTO (%)	1.89	1.38	1.25
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO
PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa
CAMINO: _____

ENSAYE No. _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 39

CÁLCULO: M.B.
COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 29
 Profundidad 40-150 cm
Est. 3+500
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA			100	97	92	90

LIMITE LIQUIDO 49
INDICE DE PLASTICIDAD 23
CLASIFICACION H.R.B. A-7-5(15)
EQUIVALENTE DE ARENA _

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1541 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	15.5%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1387	1464	1541
C.B.R. SATURADO	1	2	3
HINCHAMIENTO (%)	3.40	2.40	2.34
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO
PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa
CAMINO: _____

ENSAYE No. _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 42

CÁLCULO: M.B.
COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL : Sondeo No. 31
 Profundidad 45-70 cm
Est. 3+625
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA			100	99	97	96

LIMITE LIQUIDO 57
INDICE DE PLASTICIDAD 28
CLASIFICACION H.R.B. A-7-6(18)
EQUIVALENTE DE ARENA _

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1435 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	23.4%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1293	1365	1437
C.B.R. SATURADO	1	2	3
HINCHAMIENTO (%)	2.36	2.13	1.81
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO
PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa
CAMINO: _____

ENSAYE No. _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 45

CÁLCULO: M.B.
COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 32
 Profundidad 20-60 cm
Est. 3+750
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA			100	93	86	80

LIMITE LIQUIDO 47
INDICE DE PLASTICIDAD 22
CLASIFICACION H.R.B. A-7-6(14)
EQUIVALENTE DE ARENA _

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1364 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	25.6%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1228	1296	1364
C.B.R. SATURADO	2	3	4
HINCHAMIENTO (%)	1.57	2.26	0.86
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa

CAMINO: _____

ENSAYE No. _____ **EFFECTUADO POR:** O.C.

MUESTRA No. 48 **CÁLCULO:** M.B.

COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 33
Profundidad 0-15 cm
Est. 3+875

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	¾	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA	94	79	62	55	38	22

LIMITE LIQUIDO 26 **INDICE DE PLASTICIDAD** 9

CLASIFICACION H.R.B. A-2-4(0) **EQUIVALENTE DE ARENA** _

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1921 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	10.9%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1729	1825	1921
C.B.R. SATURADO	31	39	47
HINCHAMIENTO (%)	0.24	0.02	0.01
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO
PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa
CAMINO: _____

ENSAYE No. _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 50

CÁLCULO: M.B.
COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 34
 Profundidad 35-90 cm
Est. 4+000
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA			100	98	91	79

LIMITE LIQUIDO 49
INDICE DE PLASTICIDAD 23
CLASIFICACION H.R.B. A-7-5(15)
EQUIVALENTE DE ARENA _

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1458 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	20.5%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1312	1385	1458
C.B.R. SATURADO	2	3	4
HINCHAMIENTO (%)	3.37	3.06	2.95
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO
PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa
CAMINO: _____

ENSAYE No. _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 58

CÁLCULO: M.B.
COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 38
 Profundidad 25-150 cm
 Est. 4+500

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA	99	99	98	95	87	58

LIMITE LIQUIDO 33
INDICE DE PLASTICIDAD 7
CLASIFICACION H.R.B. A-4(5)
EQUIVALENTE DE ARENA

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1358 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	25.7%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1222	1290	1358
C.B.R. SATURADO	8	9	11
HINCHAMIENTO (%)	0.31	0.24	0.12
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO
PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa
CAMINO: _____

ENSAYE No. _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 59

CÁLCULO: M.B.
COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 39
 Profundidad 0-50 cm
 Est. 4+625

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA			100	99	98	93

LIMITE LIQUIDO 50
INDICE DE PLASTICIDAD 23
CLASIFICACION H.R.B. A-7-6(15)
EQUIVALENTE DE ARENA

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1400 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	29.2%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1260	1330	1400
C.B.R. SATURADO	1	2	3
HINCHAMIENTO (%)	0.85	0.83	0.77
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO
PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa
CAMINO: _____

ENSAYE No. _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 65

CÁLCULO: M.B.
COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 44
 Profundidad 45-85 cm
Est. 5+250
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA			100	93	69	55

LIMITE LIQUIDO 38
INDICE DE PLASTICIDAD 17
CLASIFICACION H.R.B. A-6(7)
EQUIVALENTE DE ARENA

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1683 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	17.9%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1515	1599	1683
C.B.R. SATURADO	3	5	7
HINCHAMIENTO (%)	1.52	0.71	0.69
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO
PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa
CAMINO: _____

ENSAYE No. _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 66

CÁLCULO: M.B.
COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 45
 Profundidad 10-90 cm
Est. 5+375
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA			100	99	97	91

LIMITE LIQUIDO 57
INDICE DE PLASTICIDAD 33
CLASIFICACION H.R.B. A-7-6(19)
EQUIVALENTE DE ARENA _

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1444 kgs/m³
HUMEDAD OPTIMA	22.0%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1300	1372	1444
C.B.R. SATURADO	1	2	3
HINCHAMIENTO (%)	3.64	2.93	2.84
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO
PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa
CAMINO: _____

ENSAYE No. _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 69

CÁLCULO: M.B.
COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 47
 Profundidad 30-90 cm
 Est. 5+625

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA			100	99	92	85

LIMITE LIQUIDO 37
INDICE DE PLASTICIDAD 15
CLASIFICACION H.R.B. A-6(10)
EQUIVALENTE DE ARENA
TIPO DE PRUEBA EMPLEADA

PROCTOR ESTANDAR

PESO VOLUM. SECO MÁXIMO

 1592 *kgs/m³*
HUMEDAD OPTIMA

21.3%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1433	1512	1592
C.B.R. SATURADO	4	6	8
HINCHAMIENTO (%)	0.46	0.42	0.87
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

PROYECTO: <u>Ochomogo – Salinas de Nahualapa</u>	
CAMINO: _____	
ENSAYE No. _____	EFFECTUADO POR: O.C.
MUESTRA No. 71	CÁLCULO: <u>M.B.</u>
COTEJO: _____	
FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 49 Profundidad 70-150 cm Est. 5+875	

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA			100	99	95	85

LIMITE LIQUIDO <u>49</u>	INDICE DE PLASTICIDAD <u>25</u>
CLASIFICACION H.R.B. <u>A-7-6(16)</u>	EQUIVALENTE DE ARENA _

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1502 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	20.6%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1352	1427	1502
C.B.R. SATURADO	1	2	3
HINCHAMIENTO (%)	3.74	2.05	1.97
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

PROYECTO: <u>Ochomogo – Salinas de Nahualapa</u>	
CAMINO: _____	
ENSAYE No. _____	EFFECTUADO POR: O.C.
MUESTRA No. 73	CÁLCULO: <u>M.B.</u>
COTEJO: _____	
FUENTE DEL MATERIAL: Sondeo No. 52 Profundidad 32-70 cm Est. 6+250	

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA		100	99	98	93	85

LIMITE LIQUIDO <u>47</u>	INDICE DE PLASTICIDAD <u>22</u>
CLASIFICACION H.R.B. <u>A-7-6(14)</u>	EQUIVALENTE DE ARENA _

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1516 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	22.2 %

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m³)	1364	1440	1516
C.B.R. SATURADO	1	2	3
HINCHAMIENTO (%)	1.42	1.26	1.02
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa

CAMINO: _____

ENSAYE No.: _____

EFFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No.: 77

CALCULO: M.B.

COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL : Sondeo No. 54
Profundidad 20-45 cm
Est. 6+500

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA			100	96	83	73

LIMITE LIQUIDO 36

INDICE DE PLASTICIDAD 15

CLASIFICACION H.R.B. A-6(10)

EQUIVALENTE DE ARENA_

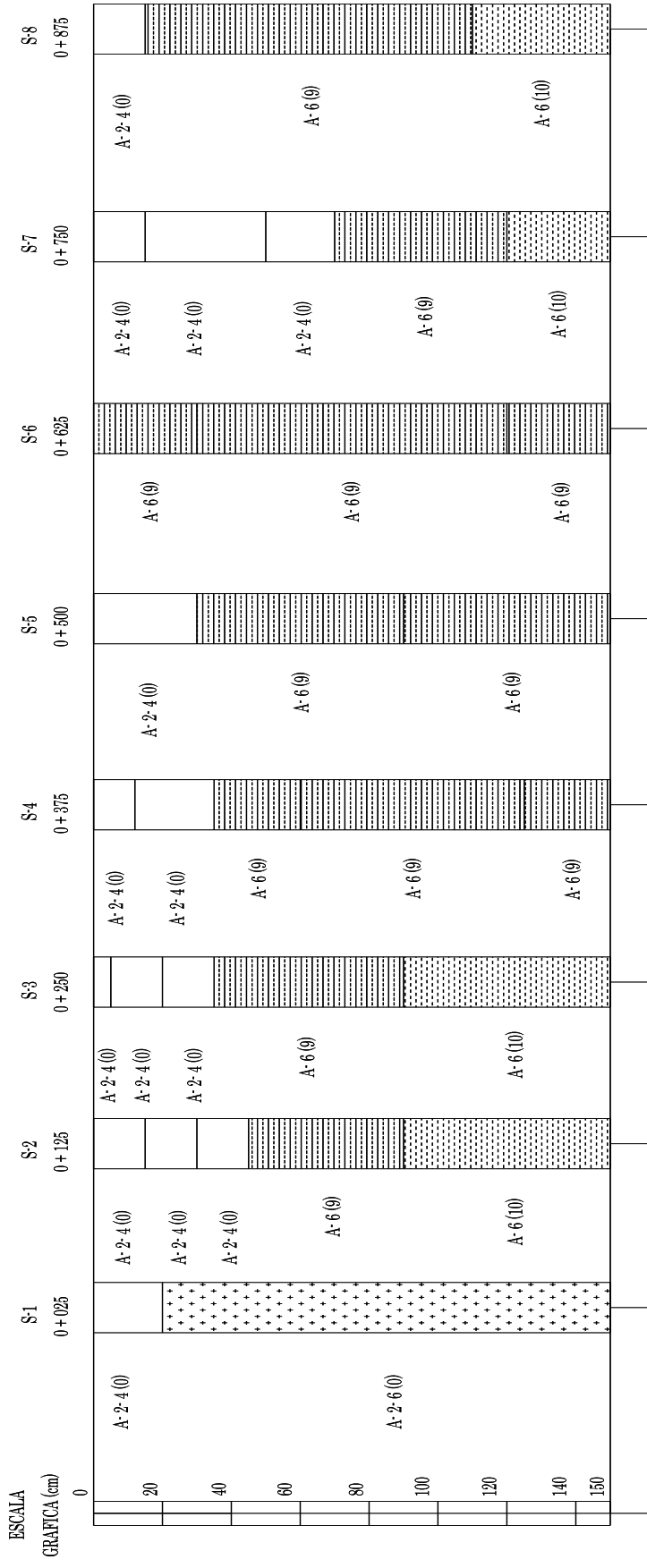
TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR ESTANDAR
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1546 <i>kgs/m³</i>
HUMEDAD OPTIMA	19.5 %

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m ³)	1391	1469	1546
C.B.R. SATURADO	4	6	8
HINCHAMIENTO (%)	0.39	0.18	0.13
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

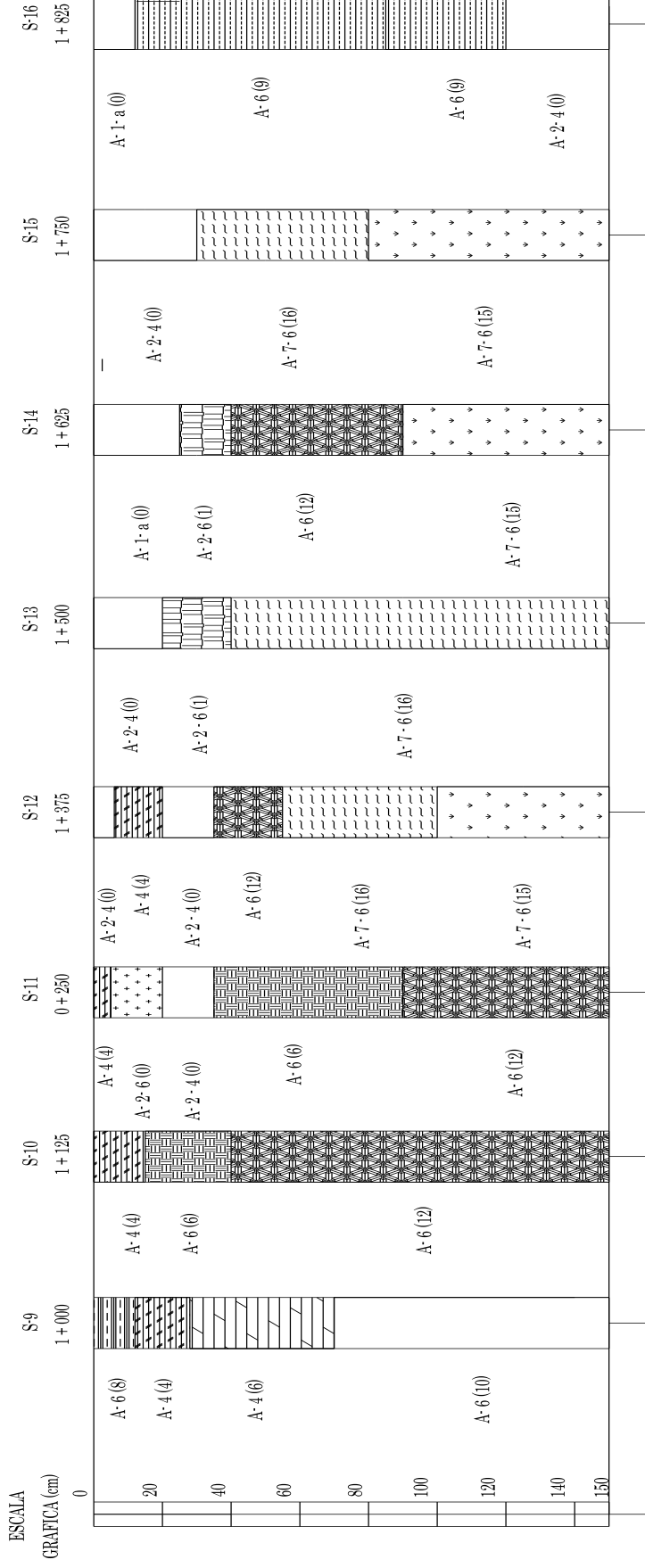
ANEXO A-III. GRÁFICO III.3.2.2.1

GRÁFICO DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO



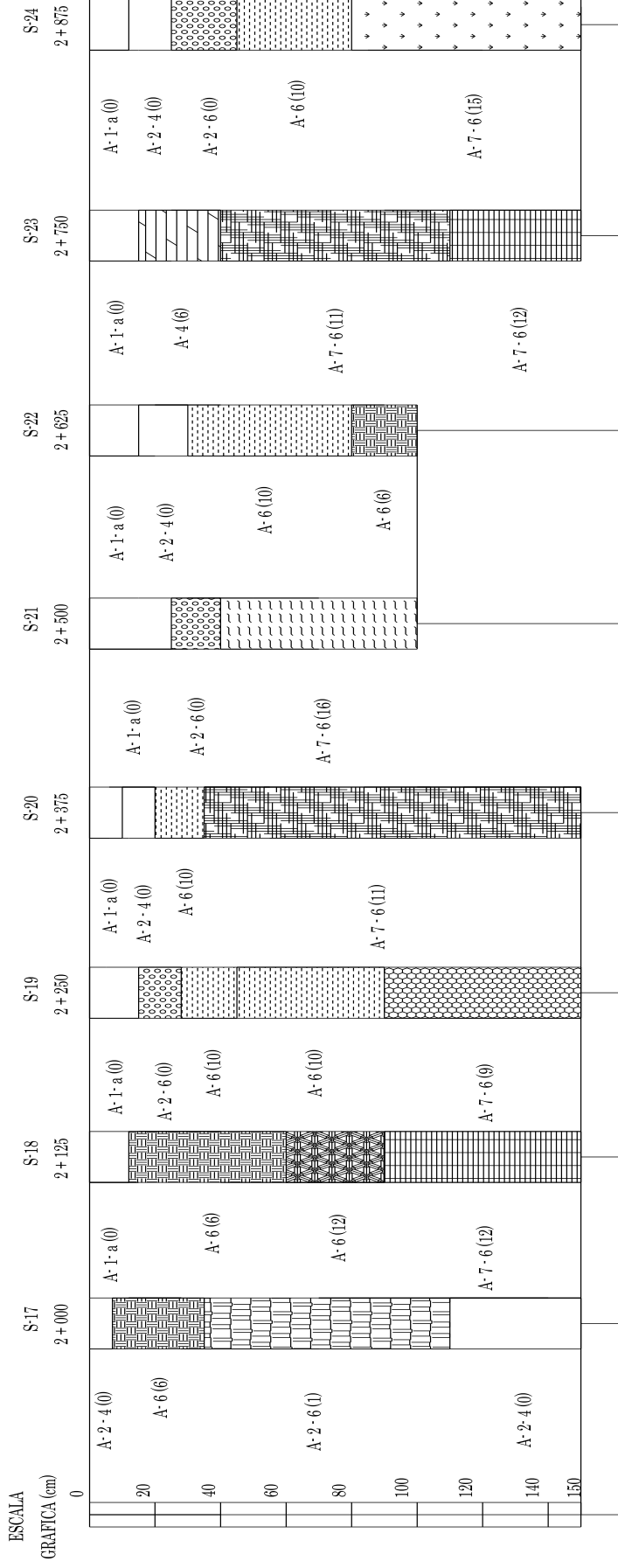
FUENTE: INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

GRÁFICO DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO



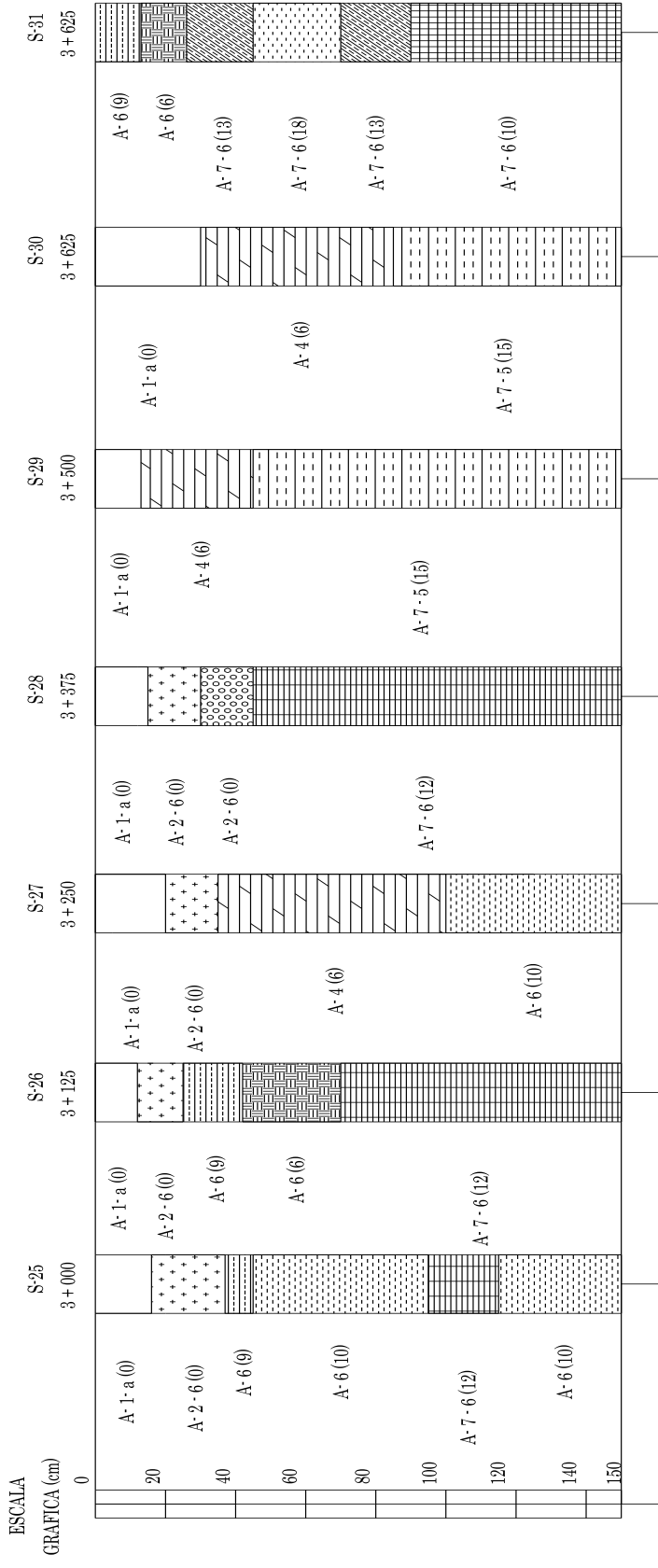
FUENTE: INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

GRÁFICO DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO



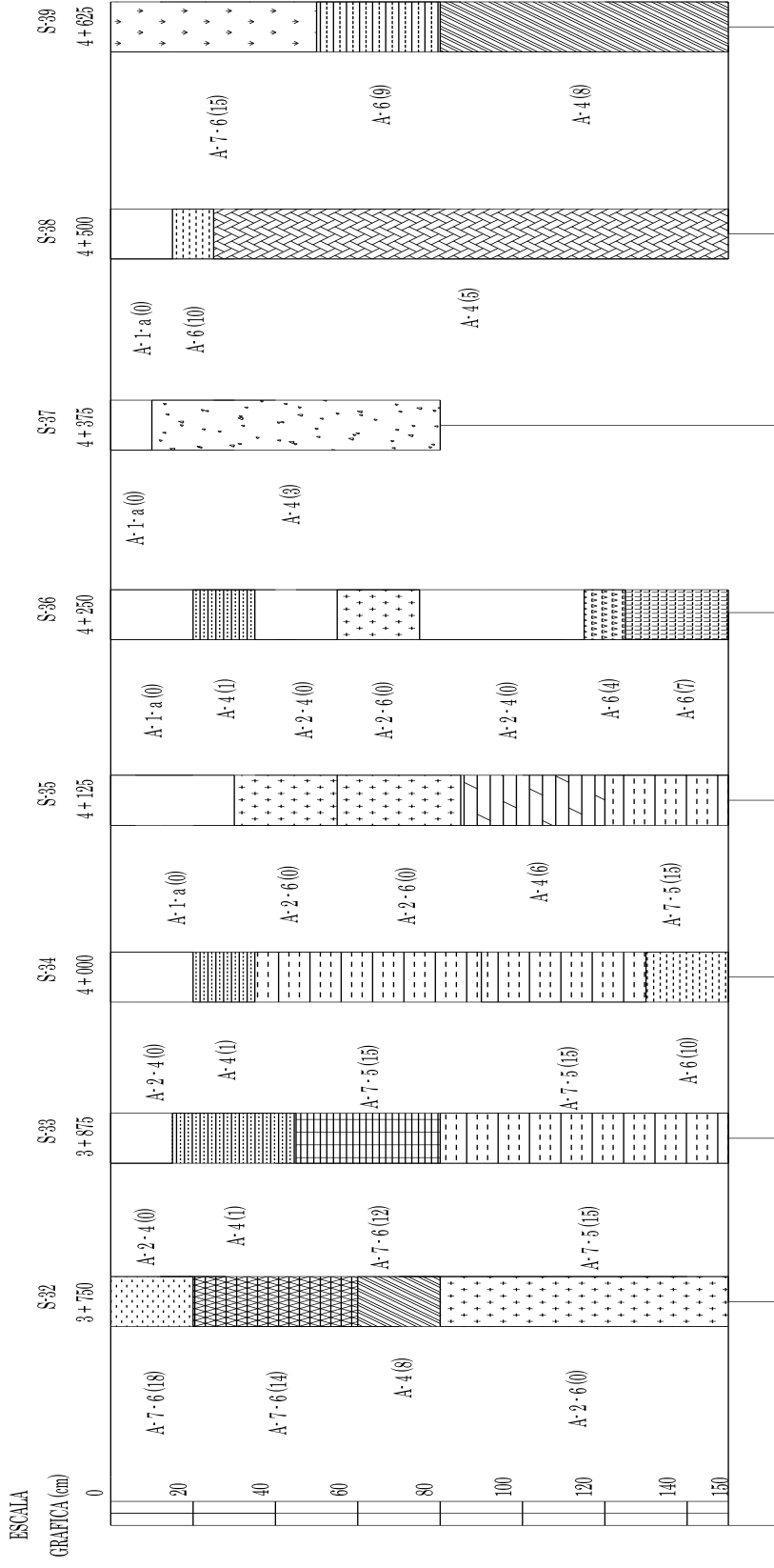
FUENTE: INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

GRÁFICO DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO



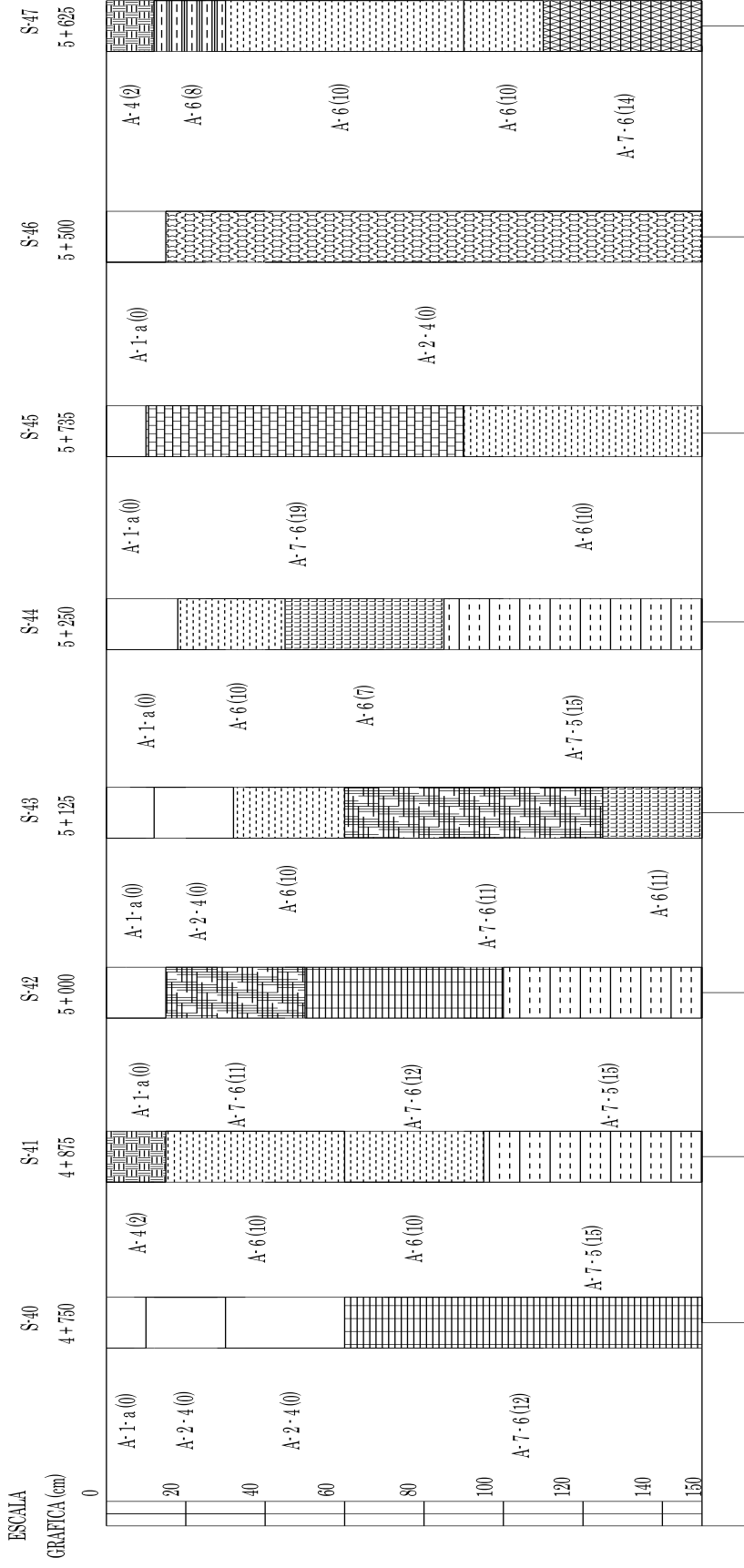
FUENTE: INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

GRÁFICO DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO



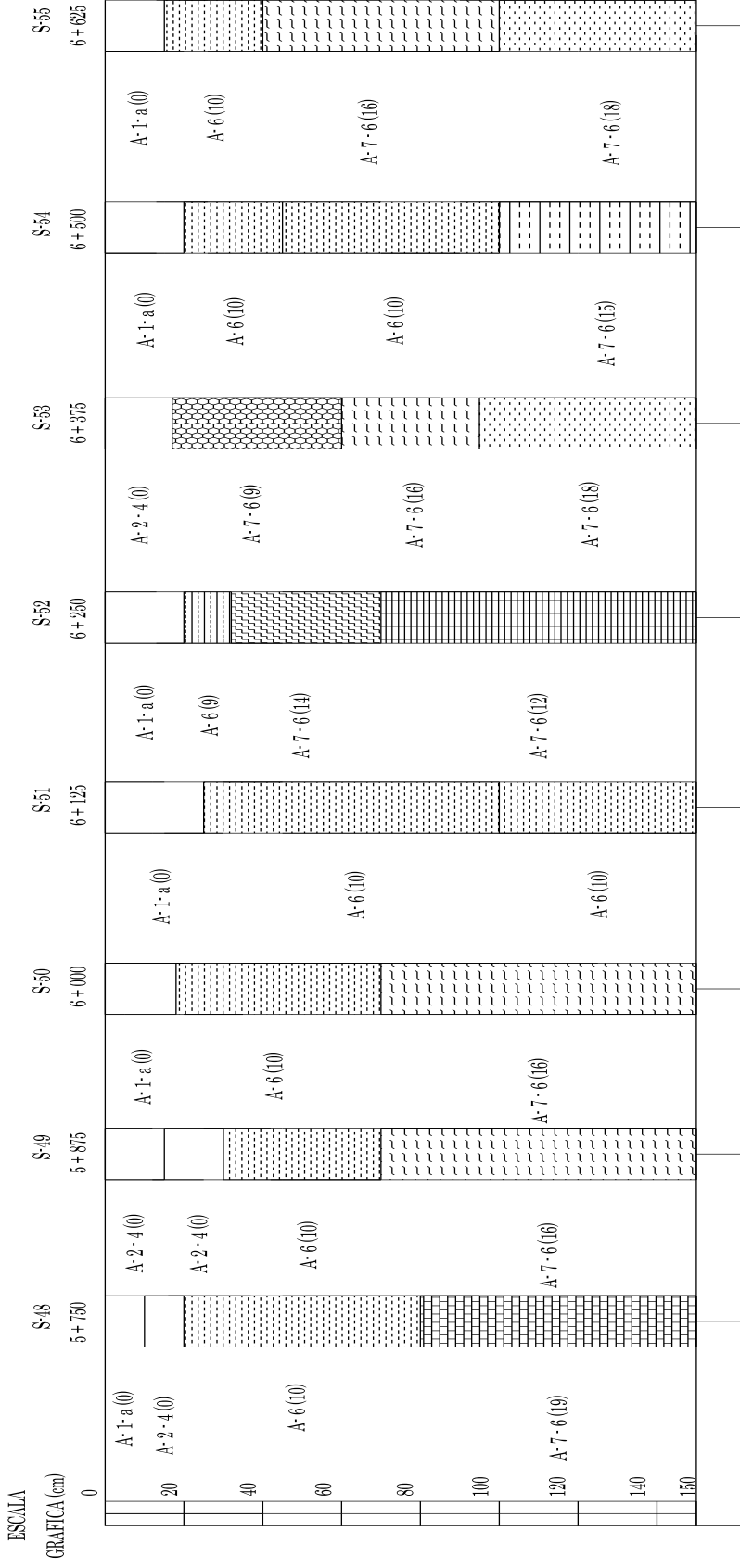
FUENTE: INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

GRÁFICO DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO



FUENTE: INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

GRÁFICO DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO

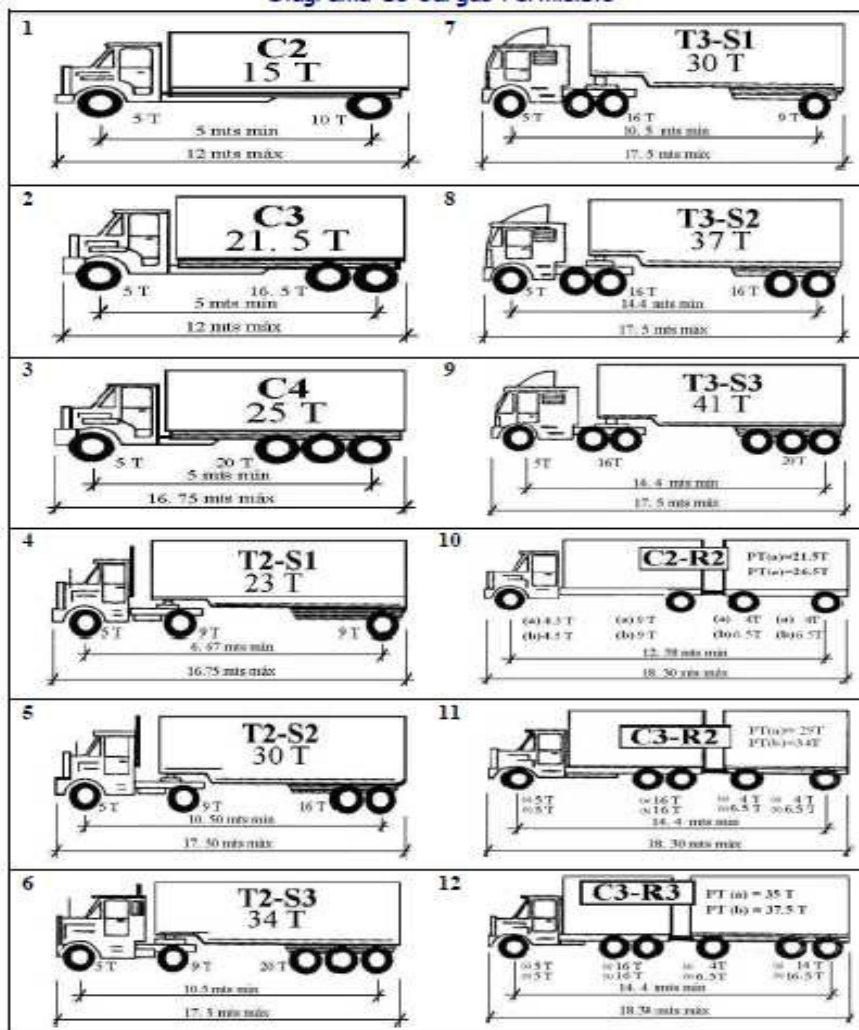


FUENTE: INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

ANEXO B-I

TABLA N°. IV.2.3.1. DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES

MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
 DIRECCIÓN GENERAL DE VIALIDAD
 Departamento de Pesos y Dimensiones
 Diagrama de Cargas Permisible



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

* Según vehículo cargado o descargado excederá en: Ancho: 2.60 mts, Alto 4.15 mts, Largo: 2 ejes 12 mts, 3 ejes 12 mts, semiremolque 17.50 mts, otras combinaciones desde 18.30 mts hasta 23 mts máximo.

* Para los ejes dobles (tandem) y triple la separación de centros comprendidos entre las ruedas es entre 1.0 y 1.30 mts.

FUENTE: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

ANEXO B-II

FACTORES EQUIVALENTES DE CARGA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES
EJES SIMPLES, TANDEM Y TRIDEM

TABLA N°. IV.2.3.2

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $P_t = 2,0$

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

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento A.A.S.H.T.O. 1993.

TABLA N°. IV.2.3.3

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $P_t = 2,0$

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
10	0.007	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006
12	0.013	0.016	0.016	0.014	0.013	0.012
14	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
16	0.041	0.048	0.050	0.046	0.042	0.040
18	0.066	0.077	0.081	0.075	0.069	0.066
20	0.103	0.117	0.124	0.117	0.109	0.105
22	0.156	0.171	0.183	0.174	0.164	0.158
24	0.227	0.244	0.260	0.252	0.239	0.231
26	0.322	0.340	0.360	0.353	0.338	0.329
28	0.447	0.465	0.487	0.481	0.466	0.455
30	0.607	0.623	0.646	0.643	0.627	0.617
32	0.810	0.823	0.843	0.842	0.829	0.819
34	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento A.A.S.H.T.O. 1993.

TABLA N°. IV.2.3.4

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tridem, $P_t = 2,0$

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
6	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
8	0.0009	0.0010	0.0009	0.0008	0.0007	0.0007
10	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001
12	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003
14	0.006	0.007	0.007	0.006	0.006	0.005
16	0.010	0.012	0.012	0.010	0.009	0.009
18	0.016	0.019	0.019	0.017	0.015	0.015
20	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
22	0.034	0.042	0.042	0.038	0.035	0.034
24	0.049	0.058	0.060	0.055	0.051	0.048
26	0.068	0.080	0.083	0.077	0.071	0.068
28	0.093	0.107	0.113	0.105	0.098	0.094
30	0.125	0.140	0.149	0.140	0.131	0.126
32	0.164	0.182	0.194	0.184	0.173	0.167
34	0.213	0.233	0.248	0.238	0.225	0.217
36	0.273	0.294	0.313	0.303	0.288	0.279
38	0.346	0.368	0.390	0.381	0.364	0.353
40	0.434	0.456	0.481	0.473	0.454	0.443
42	0.538	0.560	0.587	0.580	0.561	0.548
44	0.662	0.682	0.710	0.705	0.686	0.673
46	0.807	0.825	0.852	0.849	0.831	0.818
48	0.976	0.992	1.015	1.014	0.999	0.987
50	1.17	1.18	1.20	1.20	1.19	1.18
52	1.40	1.40	1.42	1.42	1.41	1.40
54	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
56	1.95	1.95	1.93	1.93	1.94	1.94
58	2.29	2.27	2.24	2.23	2.25	2.27
60	2.67	2.64	2.59	2.57	2.60	2.63
62	3.10	3.05	2.98	2.95	2.99	3.04
64	3.59	3.53	3.41	3.37	3.42	3.49
66	4.13	4.05	3.89	3.83	3.90	3.99
68	4.73	4.63	4.43	4.34	4.42	4.54
70	5.40	5.28	5.03	4.90	5.00	5.15
72	6.15	6.00	5.68	5.52	5.63	5.82
74	6.97	6.79	6.41	6.20	6.33	6.56
76	7.88	7.67	7.21	6.94	7.08	7.36
78	8.88	8.63	8.09	7.75	7.90	8.23
80	9.98	9.69	9.05	8.63	8.79	9.18
82	11.2	10.8	10.1	9.6	9.8	10.2
84	12.5	12.1	11.2	10.6	10.8	11.3
86	13.9	13.5	12.5	11.8	11.9	12.5
88	15.5	15.0	13.8	13.0	13.2	13.8
90	17.2	16.6	15.3	14.3	14.5	15.2

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento A.A.S.H.T.O. 1993.

ANEXO B-III

TABLA N°. IV.2.3.5 PESO DE CARGA POR EJE

Tipo de vehiculo	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6
Bus	5.0	10.0				
C2	5.0	10.0				
C2 Liviano	3.3	6.7				
C3	5.0	8.3	8.3			
T2S2	5.0	9.0	8.0	8.0		
T3S2	5.0	8.0	8.0	8.0	8.0	
C3R2	5.0	8.0	8.0	6.5	6.5	

FUENTE: Dirección General de Vialidad, Dirección de Administración Vial. Ministerio de Transporte e Infraestructura (MIT). Nicaragua.

TABLA N°. IV.2.3.6 DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES

Tipo de Vehículo	Peso por eje en TON	Peso por eje en libras
AUTOMOVIL	1/1	2200/2200
JEEP	1/1	2200/2200
CAMIONETA	1/2	2200/4400
MC-15	2/4	4400/8800
MC-12-30	4/8	8800/17600
C2-LIV	4/8	8800/17600
BUS = C2	5/10	11000/22000

FUENTE: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

ANEXO B-IV
TABLA N°. IV.2.3.7 ESTRUCTURA Y CARGA DE VEHÍCULO POR TIPO DE EJE

TIPO DE VEHÍCULO	PESO X EJE (toneladas)	PESO X EJE (libras)	TIPO DE EJE
Automóvil	1	2,200	SIMPLE
	1	2,200	SIMPLE
Jeep	1	2,200	SIMPLE
	1	2,200	SIMPLE
Camionetas	1	2,200	SIMPLE
	2	4,400	SIMPLE
McBus -15 pas.	2	4,400	SIMPLE
	4	8,800	SIMPLE
McBus 12-30 pas.	4	8,800	SIMPLE
	8	17,600	SIMPLE
Bus	5	11,000	SIMPLE
	10	22,000	SIMPLE
C2 Liv. 2-5 TON.	4	8,800	SIMPLE
	8	17,600	SIMPLE
C2 5+ TON.	5	11,000	SIMPLE
	10	22,000	SIMPLE
C3	5	11,000	SIMPLE
	16.5	36,300	DOBLE
T2S2	5	11,000	SIMPLE
	9	19,800	SIMPLE
	16	35,200	DOBLE
T3S2	5	11,000	SIMPLE
	16	35,200	DOBLE
	16	35,200	DOBLE
T3S3	5	11,000	SIMPLE
	16	35,200	DOBLE
	20	44,000	TRIPLE

FUENTE: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

ANEXO B-V

TABLA N°. IV.2.3.8

NIVELES DE CONFIABILIDAD (R) SUGERIDAS PARA DIFERENTES CARRETERAS		
CLASIFICACIÓN	NIVEL DE CONFIABILIDAD	
	URBANA	RURAL
Autopistas Inter estatales y Otras	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias Principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras de Tránsito	80 - 95	75 - 95
Red Rural o Local	50 - 80	50 - 90

Fuente: Guía de la A.A.S.H.T.O. para el diseño de estructuras de pavimento, 1993.

ANEXO B-VI

TABLA N°. IV.2.3.9

VALORES Z_r EN FUNCIÓN DE LA CONFIABILIDAD

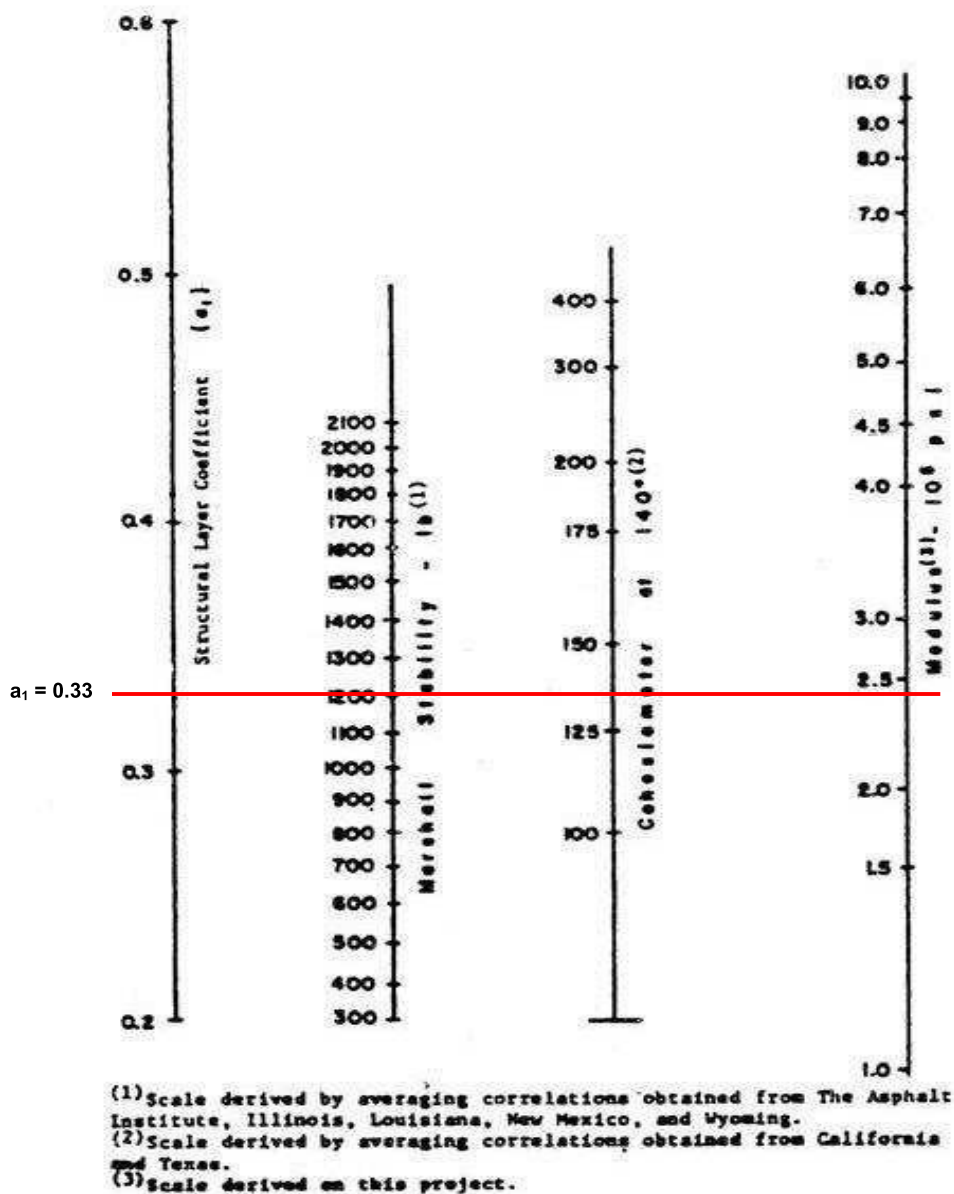
Confiabilidad (R)	Desviación Estándar (Z_r)	Confiabilidad (R)	Desviación Estándar (Z_r)
50	-0.000	93	-1,476
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327
91	-1,340	99,9	-3,090
92	-1,405	99,99	-3,750

Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento, American Associations of State Highway and Transportation Officials, (AASHTO 1993)

ANEXO B-VII

GRÁFICO DE NOMOGRAMA IV.4.2.2.1

Variación de (a_1) en carpeta asfáltica para diferentes parámetros de resistencia.

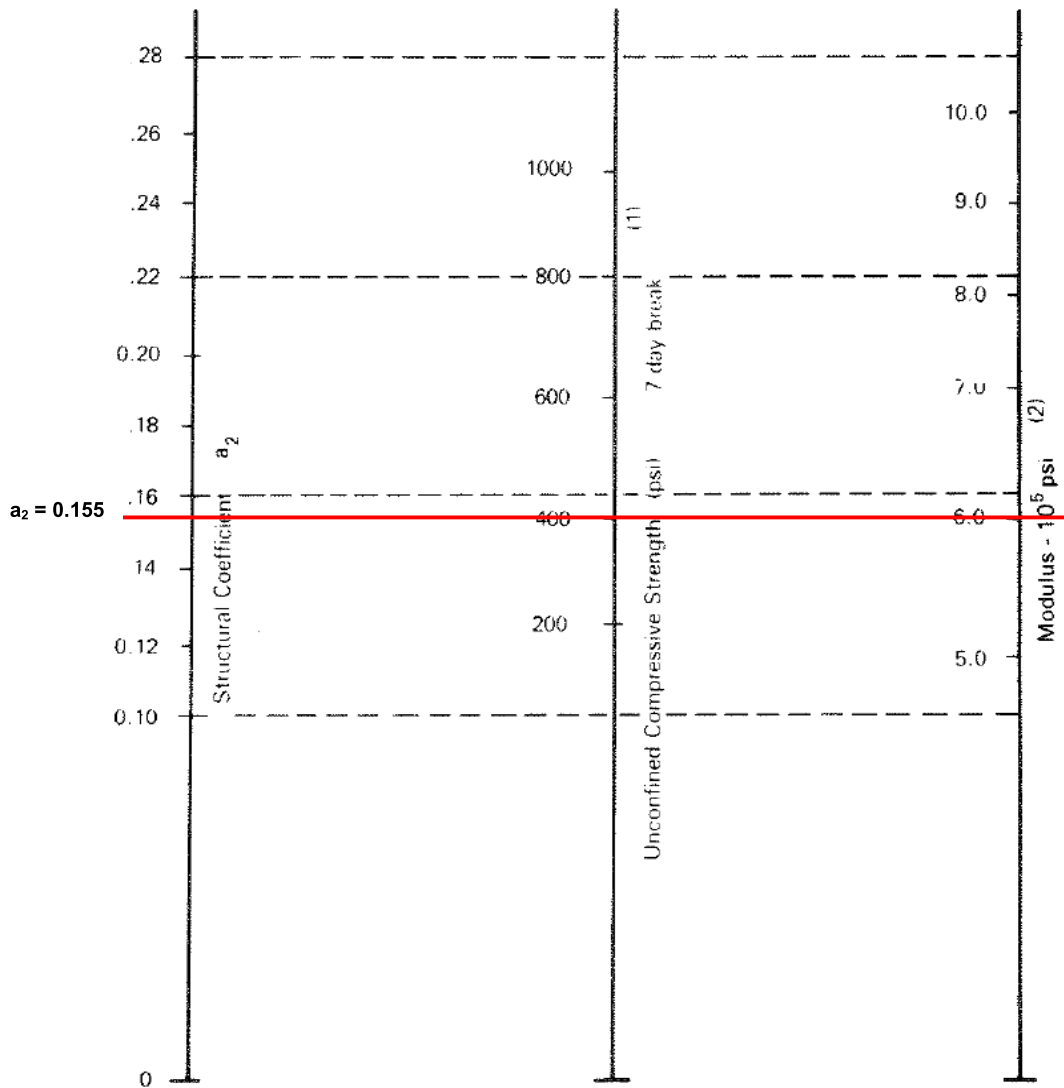


Fuente: A.A.S.H.T.O. Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

ANEXO B-VIII

GRÁFICO NOMOGRAMA IV.4.2.2.2

Variación de (a_2) en bases tratadas con cemento para diferentes parámetros de resistencia.



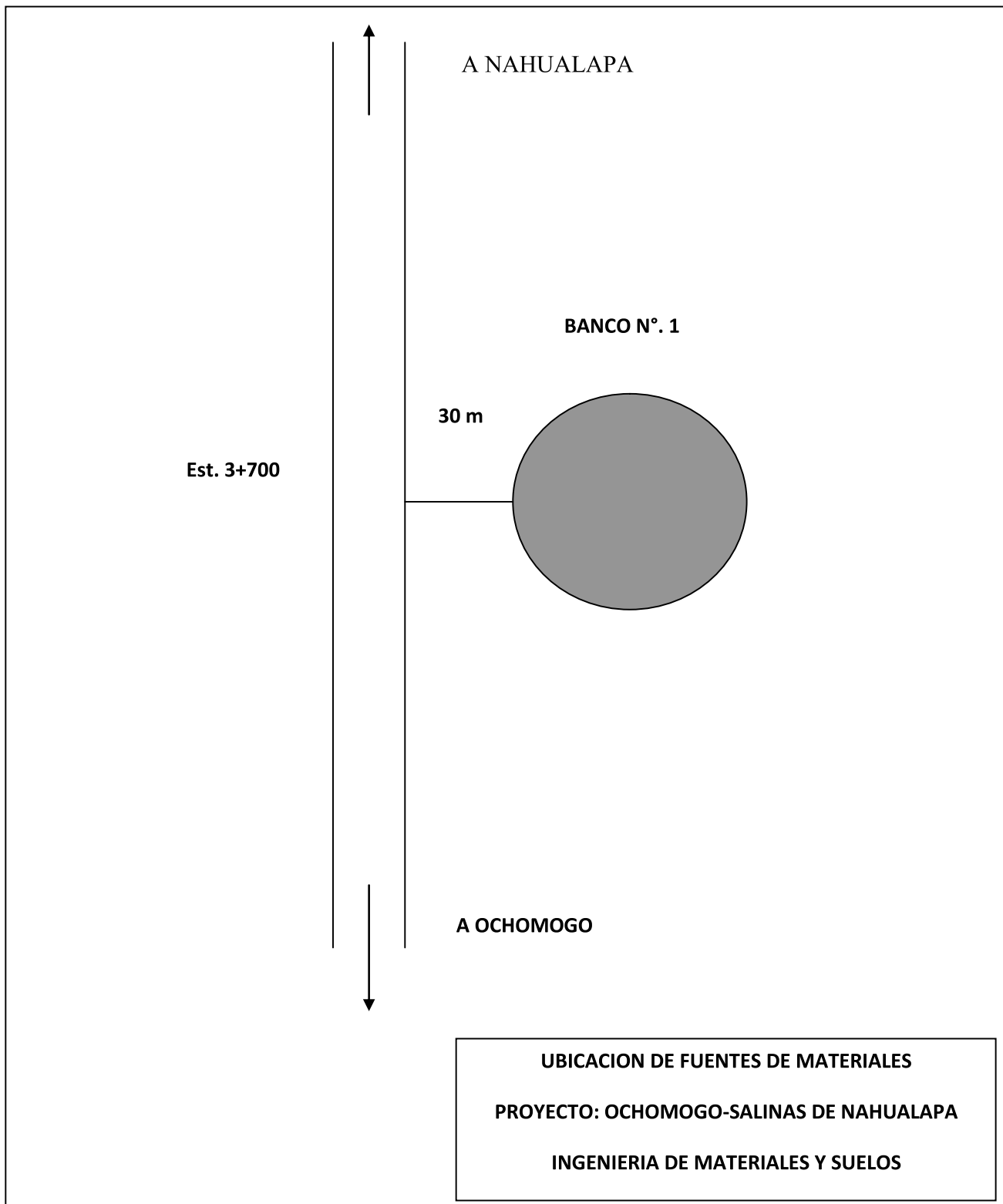
- (1) Scale derived by averaging correlations from Illinois, Louisiana and Texas.
- (2) Scale derived on NCHRP project (3).

Figure 2.8. Variation in a_2 for Cement-Treated Bases with Base Strength Parameter (3)

Fuente: A.A.S.H.T.O. Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

ANEXO B-IX

RESULTADOS DE ENSAYES DE LABORATORIO DE MUESTRAS DE BANCOS DE MATERIALES



BANCO N° 1 “EL PILÓN O CASA DE PIEDRA”

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

INFORME DE ENSAYES DE SUELOS

PROYECTO: Ochomogo-Salinas de Nahualapa

ENSAYE					
MUESTRA	1	2	3	4	5
BANCO	No.1				
ESTACION	3+700				
DESVIACION	30 m Derecha (Mojón No.21)				
DESCAPOTE	2.0 m				

GRANULOMETRIA

% QUE PASA TAMIZ 3"					
2"	100	100	100	100	100
1 ½"	95	94	96	93	95
1"	83	80	82	84	83
¾"	74	74	75	76	75
3/8"	36	35	34	35	33
No.4	11	10	12	11	12
No.10	3	2	3	3	3
No.40 (a)	1	1	1	1	1
No.200 (b)	1	1	1	1	1
Relación de Finos: (b)/(a)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

LIMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido	32	34	33	35	33
Indice de Plasticidad	10	9	10	10	9

CLASIFICACION

Clasificación H.R.B.	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
Clasificación de Casagrande					
CBR a 90-95-100% de Compactación					

ENSAYES ADICIONALES

Peso Vol. Seco Suelto (kg/m ³)	1342	1340	1345	1343	1340
Peso Vol. Varillado (kg/m ³)	1578	1570	1575	1580	1573

OBSERVACIONES: Uso probable Relleno y Terracería

BANCO N°. 1 "EL PILÓN O CASA DE PIEDRA"

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa

CAMINO: _____

ENSAYE No. _____ EFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 1 CALCULO: M.B.

COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL : Banco No.1
Est. 3+700 ; 30 m Derecha

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	¾	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA	74	36	11	3	1	1

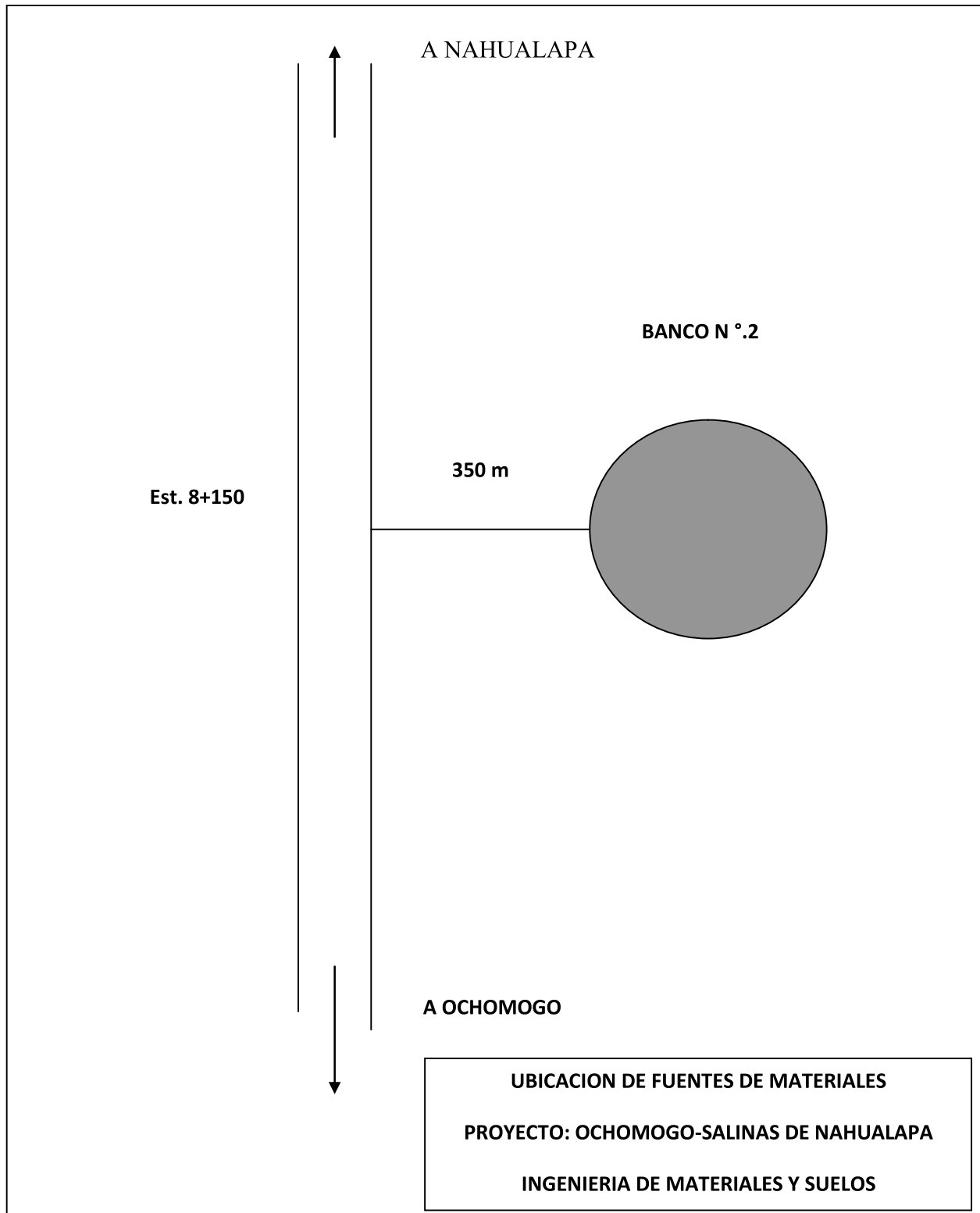
LIMITE LIQUIDO 32 INDICE DE PLASTICIDAD 10

CLASIFICACION H.R.B. A-2-4(0) EQUIVALENTE DE ARENA_

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR MODIFICADO
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	1828 kgs/m ³
HUMEDAD OPTIMA	6.8%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m ³)	1645	1737	1828
C.B.R. SATURADO	20	24	28
HINCHAMIENTO (%)	0.06	0.04	0.02
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			



BANCO N.º 2 “SAMARIA”

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE ENSAYES DE SUELOS
PROYECTO: Ochomogo-Salinas de Nahualapa

ENSAYE					
MUESTRA	1	2	3	4	5
BANCO	No.2				
ESTACION	8+150				
DESVIACION	350 Derecha (Mojón No.44; 100 m hacia Ochomogo)				
DESCAPOTE					

GRANULOMETRIA

% QUE PASA TAMIZ 3"	100	100	100	100	100
2"	90	92	90	93	91
1 ½"	88	90	87	90	89
1"	79	83	78	82	78
¾"	69	71	70	72	68
3/8"	41	43	40	42	40
No.4	23	25	24	26	23
No.10	15	17	16	17	16
No.40 (a)	8	10	9	7	8
No.200 (b)	4	5	5	4	4
Relación de Finos: (b)/(a)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

LIMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido	30	32	31	34	33
Índice de Plasticidad	10	10	9	10	9

CLASIFICACION

Clasificación H.R.B.	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
Clasificación de Casagrande					
CBR a 90-95-100% de Compactación					

ENSAYES ADICIONALES

Peso Vol. Seco Suelto (kg/m ³)	1425	1430	1428	1420	1433
Peso Vol. Varillado (kg/m ³)	1631	1635	1630	1628	1634

OBSERVACIONES: Uso probable Terracería y Material Selecto

BANCO N°. 2 "SAMARIA"

INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

PROYECTO: Ochomogo – Salinas de Nahualapa

CAMINO: _____

ENSAYE No. _____ EFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 1 CALCULO: M.B.

COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL : Banco No.2
Est. 8+150 ; 350 m Derecha

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	¾	3/8"	4	10	40	200
%QUE PASA	69	41	23	15	8	4

LIMITE LIQUIDO 30 INDICE DE PLASTICIDAD 10

CLASIFICACION H.R.B. A-2-4(0) EQUIVALENTE DE ARENA_

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR MODIFICADO
PESO VOLUM. SECO MÁXIMO	2093 kgs/m ³
HUMEDAD OPTIMA	11.8%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO:	DINAMICA		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM. SECO (kgs/m ³)	1884	1988	2093
C.B.R. SATURADO	34	56	77
HINCHAMIENTO (%)	0.06	0.04	0.02
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

ANEXO B-X

**VALOR DEL CBR DE DISEÑO
GRÁFICO IV.6.1.1**

Diseño de Pavimentos – AASHTO 93

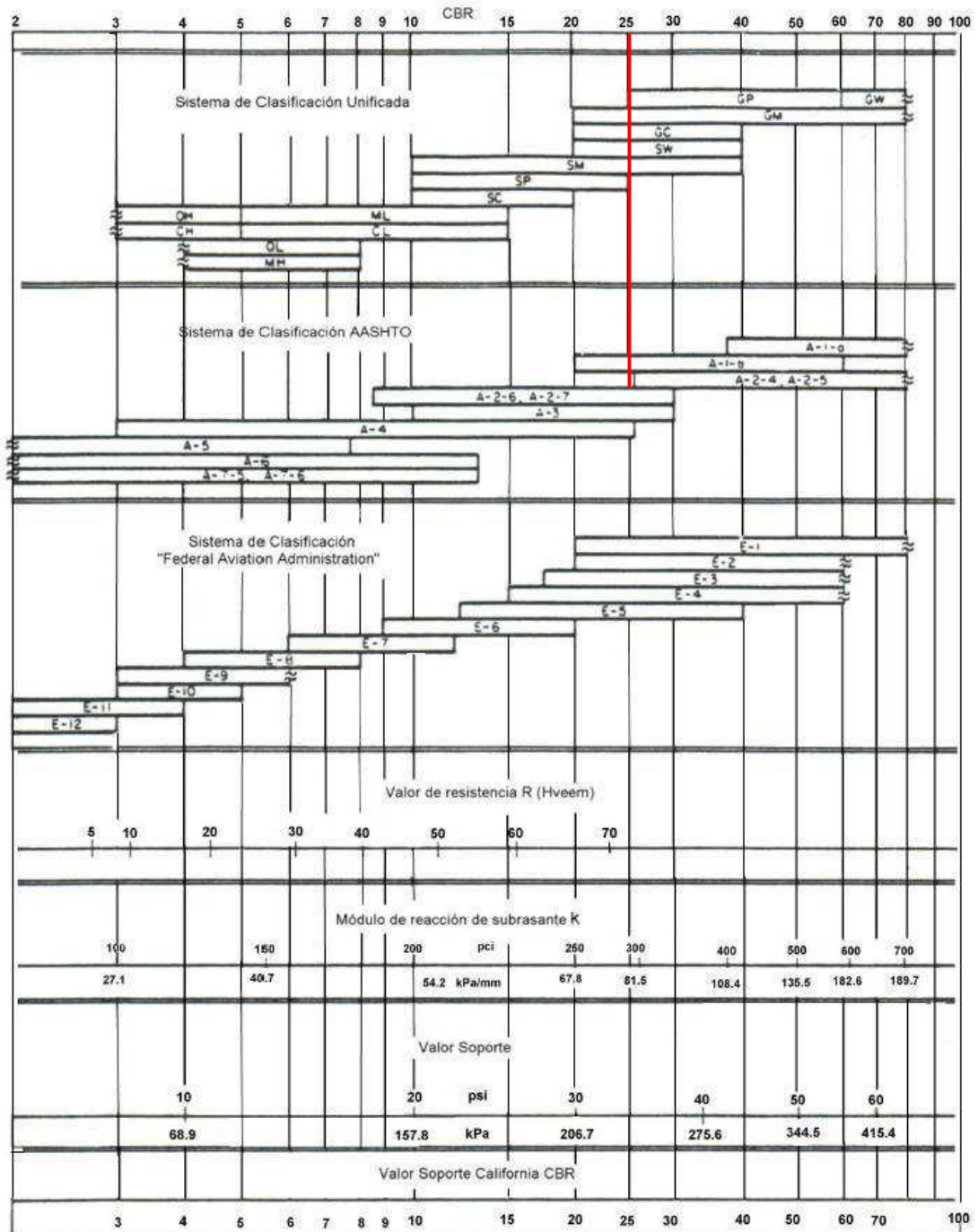


Figura 4.5. Clasificación de suelos relacionada con parámetros de resistencia

ANEXO B-XI

ESTABILIZACION CON CEMENTO PORTLAND

La estabilización de suelos con cemento es una de las más utilizadas en el presente. Consiste en una mezcla de suelo pulverizado y proporciones determinadas de cemento Portland y agua, compactadas hasta una elevada densidad y protegidas contra las pérdidas de humedad durante un período de curado específico. la mezcla previamente definida, debe cumplir con requisitos mínimos de resistencia y durabilidad.

NORMA NIC-2000 SECCIÓN 1003.23-II.d

(d) Materiales Naturales para Base Estabilizada con Cemento

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

Gravas y Arenas Gruesas Arcillosas:

- Tamaño máximo..... 2 - 40 mm
- % que pasa por el tamiz de 0.075 mm..... máx. 35 %
- Coeficiente de uniformidad..... máx. 10 %
- Índice de Plasticidad..... máx. 25 %

Módulo de Plasticidad:

- Método de mezcla en el sitio..... máx. 1500
- Método de planta estación..... máx. 700

CBR al 95 % de A.A.S.H.T.O. Modificado:

- (A.A.S.H.T.O. T - 180) y 4 días de saturación..... mín. 30 %

CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS

Los ensayos determinan tres factores fundamentales para los suelos tratados con cemento:

- 1.- La cantidad de cemento necesario para endurecer adecuadamente al suelo.
- 2.- La cantidad de agua que se deberá agregar.
- 3.- El peso específico a que deberá compactarse el suelo-cemento.

Para modificar las propiedades del suelo, el porcentaje de cemento varía del 1 al 4 por ciento, con esto solo se logra disminuir la plasticidad y el incremento en la resistencia resulta muy bajo. En cambio para obtener una estabilización más rígida, el porcentaje de cemento varía de 5 a 14 por ciento, este tipo de mejoramiento es muy común en las bases, ya que resulta muy importante que éstas y la carpeta presente un modulo de elasticidad semejante y con ello se evita un probable fracturamiento de la carpeta.

La proporción de la mezcla, para obtener la durabilidad y resistencia requeridas, se determina por un procedimiento de tanteo. Se preparan muestras del suelo con diferentes cantidades de cemento y se compactan a la humedad óptima por el método Proctor Estándar.

ANEXO B-XII

TABLA N°. IV.7.1.1

ESPEORES MÍNIMOS SUGERIDOS DE CAPAS COMO FUNCIÓN ESAL'S

TRÁFICO O NÚMERO DE ESAL'S	ESPEORES DE CAPAS MÍNIMOS	
	CONCRETO ASFÁLTICO	BASE TRITURADA O GRANULAR
Menos de 50,000	(Tratamiento superficial) 1.0 - (2.5 cm)	4.0 - (10 cm)
50,001-150,000	2.0 - (5.0 cm)	4.0 - (10 cm)
150,001-500,000	2.5 - (6.5 cm)	4.0 - (10 cm)
500,001-2,000,000	3.0 - (7.5 cm)	6.0 - (15 cm)
2,000,001-7,000,000	3.5 - (9.0 cm)	6.0 - (15 cm)
Más de 7,000,000	4.0 - (10 cm)	6.0 - (15 cm)

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras 2da Edición, Ing. Alfonso Montejo, pág. 277 y Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimento, A.A.S.H.T.O. 1993.

ANEXO B-XIII

Figura IV.7.2.1: Valores de parámetros, que fueron necesarios utilizar en el programa "Pavement Analysis Software", Pavement Design and Analysis, versión 5.0.



CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL “SN”

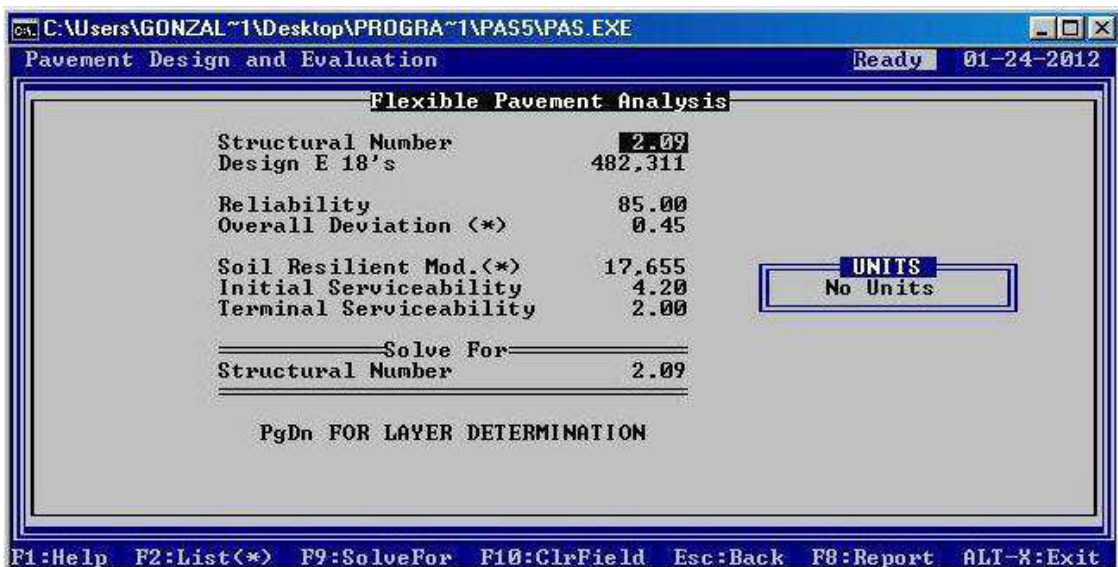
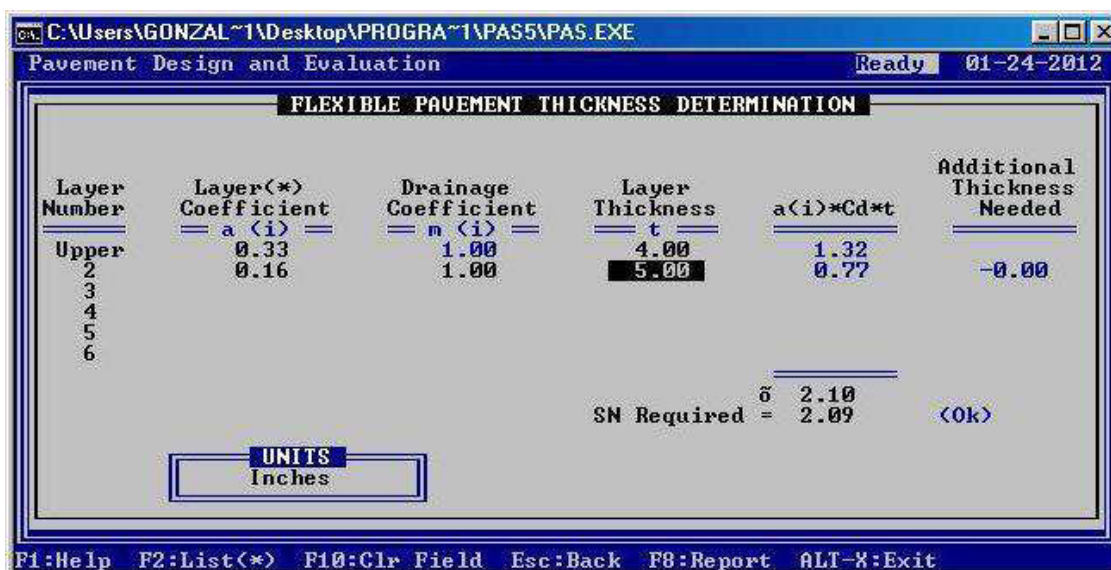


Figura IV.7.2.2: Resultados de espesores requeridos para el diseño de pavimentos según el programa "Pavement Analysis Software", Pavement Design and Analysis, versión 5.0, los cuales corresponden a los siguientes valores.

ESPEORES OBTENIDOS, MÉTODO A.A.S.H.T.O.



Layer Number	Layer(*) Coefficient = a (i) =	Drainage Coefficient = m (i) =	Layer Thickness = t =	a(i)*Cd*t	Additional Thickness Needed
Upper	0.33	1.00	4.00	1.32	
2	0.16	1.00	5.00	0.77	-0.00
3					
4					
5					
6					
				δ	2.10
				SN Required =	2.09 <Ok>

UNITS
Inches

F1:Help F2>List(*) F10:Clr Field Esc:Back F8:Report ALT-X:Exit

Espeor de carpeta = 4"

Espeor de base estabilizada con cemento = 5"

SN requerido para proteger la estructura del pavimento = 2.09

SN calculado para proteger la estructura del pavimento = 2.10

SN Calculado > SN Requerido <OK>

ANEXO C

TIPOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN VEHICULAR DE CONTEOS DE TRÁFICO DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS PMS

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicletas tales como, Minimoto, Cuadracilcos, Minis, 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 coupe 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 lina 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	LIMANO 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 T ₁ -S ₁ <=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo T ₁ -S ₁ <=4
	T ₁ -S ₁ >=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi - Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	C ₁ -R ₁ <=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como C ₁ -R ₁ <=4
	C ₁ -R ₁ >=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con lantes 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, Pavimentadoras de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadora
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA (MTI). División General de Planificación. ANUARIO DE AFOROS DE TRAFICO AÑO 2008. Managua, Abril-2009.

ANEXO D

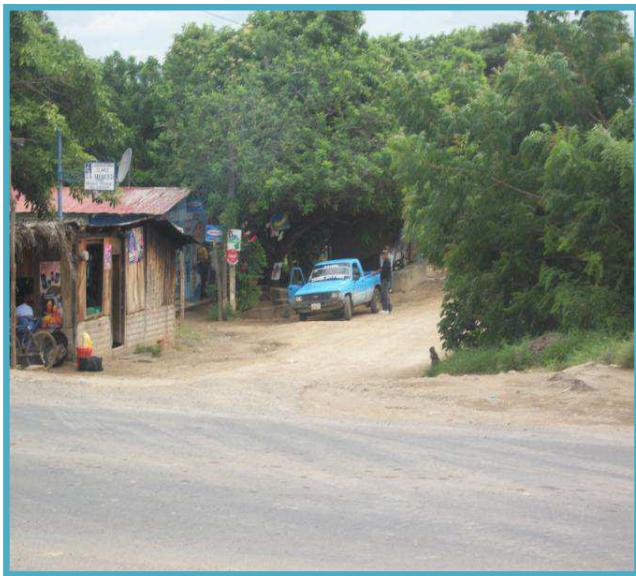
TRAMO DE CARRETERA DEL PROYECTO



ANEXO E

INICIO DEL PROYECTO

**ENTRADA KILOMETRO 82.50 CARRETERA MANAGUA - RIVAS
EL TRAMO DE LA CARRETERA EN ESTUDIO SE ENCUENTRA EN EL
DEPARTAMENTO DE RIVAS**



Inicio del proyecto



Inicio del proyecto



Maquinaria que circula en la zona



Algunos medios de transporte público en la zona

SITUACIÓN ACTUAL DEL CAMINO



Panorámica de la vía



Obra de drenaje existente



Panorámica de la vía



Río El Pílon

SITUACIÓN ACTUAL DEL CAMINO



Panorámica del río El Pilón



Condición del terreno en un tramo de la vía



Zona inundada de la vía



Propiedad habitada cercana a la vía

SITUACIÓN ACTUAL DEL CAMINO



Panorámica de la vía

FINAL DEL PROYECTO
ENTRADA A LA COMARCA ESCALANTE KILOMETRO 6.625
CARRETERA AL BALNEARIO SALINAS DE NAHUALAPA



Final del proyecto