

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON

MINISTERIO DE CONSTRUCCION Y TRANSPORTE
LA REPUBLICA DE NICARAGUA

**ESTUDIO SOBRE
MEJORAMIENTO Y REHABILITACION
DE CARRETERAS
EN
LA REPUBLICA DE NICARAGUA
INFORME FINAL
VOLUMEN II
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**



JULIO 1994

**CENTRAL CONSULTANT INC.
NIPPON KOEI CO., LTD.**

SSF
CR (3)
94-093

JICA

ESTUDIO SOBRE MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE CARRETERAS EN LA REPUBLICA DE NICARAGUA

INFORME FINAL

VOLUMEN II ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

JULIO 1994

UNIVERSAL CITY NIPPON KOEI

17
14
SF
RALLY

Tasa de Cambio
US\$ 1 = 6.15 Córdobas
julio 1993

27466

JICA LIBRARY



1118905171

国際協力事業団

27466

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON

**MINISTERIO DE CONSTRUCCION Y TRANSPORTE
LA REPUBLICA DE NICARAGUA**

**ESTUDIO SOBRE
MEJORAMIENTO Y REHABILITACION
DE CARRETERAS
EN
LA REPUBLICA DE NICARAGUA**

**INFORME FINAL
VOLUMEN II
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

JULIO 1994

**CENTRAL CONSULTANT INC.
NIPPON KOEI CO., LTD.**

PREFACIO

En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República de Nicaragua, el Gobierno del Japón decidió realizar un Estudio Sobre el Mejoramiento y Rehabilitación de Carreteras en Nicaragua encargando dicho estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

JICA envió a la República de Nicaragua una misión de estudio presidida por el Ing. Takashi Tachikawa de Central Consultant Inc. y compuesta por miembros de Central Consultant Inc. y Nippon Koei Co., Ltd., la cual visitó Nicaragua tres veces entre febrero de 1993 y febrero de 1994.

La misión sostuvo discusiones con las autoridades pertinentes del Gobierno de Nicaragua y realizó investigaciones en los lugares destinados para el Estudio. Después de su regreso al Japón, la misión realizó mas estudios analíticos y se completó el presente informe.

Espero que este informe sirva al desarrollo del Proyecto y contribuya a promover las relaciones amistosas entre los dos países.

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a las autoridades pertinentes del Gobierno de la República de Nicaragua, por la estrecha cooperación brindada a la misión.

Julio 1994



Kensuke Yanagiya

Presidente

Agencia de Cooperación Internacional de Japón

CARTA REMESA

Julio de 1994

Sr. Kensuke Yanigaya
Presidente
Agencia de Cooperación Internacional del Japón
Tokio, Japón.

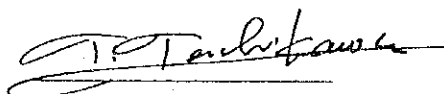
Nos es grato presentarle el Reporte Final del Estudio sobre el Mejoramiento y Rehabilitación de las Carreteras en Nicaragua.

El Estudio fue realizado por las empresas Central Consultant Inc. y Nippon Koei Co. Ltd. bajo contrato con JICA, durante el período comprendido entre febrero de 1993 y julio de 1994. En la realización del Estudio se examinaron varios aspectos relacionados con el mejoramiento y rehabilitación de la red vial, con el fin de formular el Plan Maestro de la Red Vial en Nicaragua. Asimismo, se evaluó la factibilidad de los proyectos prioritarios, los cuales fueron seleccionados durante el transcurso de la fase del Estudio del Plan Maestro.

Deseo aprovechar la oportunidad para expresar nuestra sincera gratitud para con los funcionarios de JICA, el Ministerio de Relaciones Exteriores y el Ministerio de Construcción. Asimismo, deseamos expresar nuestra gratitud para con los funcionarios del Ministerio de Construcción y Transportes y de la Embajada del Japón en Nicaragua por toda la colaboración y asistencia prestadas durante el estudio de campo.

Finalmente, esperamos que el presente reporte contribuya a la promoción futura del proyecto.

Su seguro servidor,



Takashi Tachikawa
Gerente del Proyecto
Misión del Estudio para el Estudio sobre el
Mejoramiento y Rehabilitación de las Carreteras
en Nicaragua
Central Consultant Inc.

CONTENIDO

PREFACIO

CARTA REMESA

CAPITULO 1 INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	1- 1
1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	1- 1
1.3 ENFOQUE BASICO DEL ESTUDIO	1- 1
1.4 COMPONENTES DE LOS INFORMES	1- 6
1.5 ORGANIZACION DEL ESTUDIO	1- 7

CAPITULO 2 ESTADO ACTUAL DE LAS CARRETERAS DEL PROYECTO

2.1 GENERALIDADES	2- 1
2.2 FUNCIONES ACTUALES DE LAS CARRETERAS	2- 2
2.3 ESTUDIO DE CARRETERAS	2- 4
2.3.1 Metodología	2- 4
2.3.2 Resultados de los Estudios	2- 6
2.3.3 Evaluación General y Resultados	2- 9
2.4 ESTUDIO GEOLOGICO Y DE MECANICA DE SUELOS	2-12
2.4.1 Descripción General	2-12
2.4.2 Características Geológicas del Area del Proyecto	2-13
2.4.3 Estudios Geológicos y de Mecánica de Suelos Realizados	2-16
2.4.4 Resultados e Interpretación de los Trabajos	2-22
2.5 ESTUDIO HIDROLOGICO	2-64
2.5.1 Intensidad de la Precipitación de Diseño	2-64
2.5.2 Niveles de Flujo Máximo Probables	2-68
2.5.3 Niveles de Flujo Máximo Probable en Ríos	2-70
2.6 ESTUDIO TOPOGRAFICO	2-73
2.6.1 Generalidades	2-73
2.6.2 Alcance del Estudio Topográfico	2-73
2.6.3 Instrumentos Utilizados	2-73
2.6.4 Método del Trabajo de Levantamiento	2-73

CAPITULO 3 VOLUMEN DE TRAFICO ACTUAL Y FUTURO

3.1 PREFACIO	3- 1
3.1.1 División de Zonas	3- 2
3.1.2 División de Tabla O-D	3- 2
3.1.3 Volumen de Tráfico en la Intersección de la Colonia Centroamérica	3- 8
3.2 ASIGNACION FUTURA DE TRAFICO	3-10

CAPITULO 4 IMPACTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

4.1 INTRODUCCION	4- 1
4.1.1 Generalidades	4- 1
4.1.2 Condición Legal	4- 1
4.1.3 Estudios Ambientales	4- 1
4.2 SELECCION DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES	4- 4
4.2.1 Factor Ambiental	4- 4

4.2.2	Selección de los Aspectos Ambientales.....	4- 5
4.2.3	Lista de Control de Aspectos Ambientales.....	4- 6
4.3	NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL.....	4- 9
4.4	INVESTIGACION AMBIENTAL Y METODOLOGIA.....	4-12
4.4.1	Investigación Ambiental.....	4-12
4.4.2	Metodología.....	4-12
4.5	RESULTADOS DEL ANALISIS.....	4-14
4.6	PLAN DE CONTROL AMBIENTAL.....	4-22
4.6.1	Condiciones del Tráfico.....	4-22
4.6.2	Calidad del Aire.....	4-23
4.6.3	Calidad del Agua.....	4-23
4.6.4	Ruido y Vibraciones.....	4-24
4.6.5	Suelo.....	4-24
4.6.6	Terreno.....	4-25
4.6.7	Agua.....	4-25
4.6.8	Flora y Fauna.....	4-26
4.6.9	Paisaje.....	4-26
4.6.10	Condiciones Sociales.....	4-29
4.6.11	Evaluación Ambiental Integrada.....	4-29
4.7	PLAN DE MONITOREO.....	4-31
4.8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	4-32
4.8.1	Conclusiones.....	4-32
4.8.2	Recomendaciones.....	4-32

CAPITULO 5 ESTUDIO PRELIMINAR DE INGENIERIA

5.1	PLAN DE MEJORAMIENTO DE CARRETERAS.....	5- 1
5.1.1	Políticas Básicas.....	5- 1
5.1.2	Tipo de Carretera y Número de Carriles.....	5- 4
5.1.3	Criterios de Diseño.....	5- 5
5.2	DISEÑO PRELIMINAR.....	5-10
5.2.1	Generalidades.....	5-10
5.2.2	Diseño Geométrico.....	5-10
5.2.3	Diseño de Pavimentos.....	5-35
5.2.4	Diseño de Drenajes.....	5-49
5.2.5	Diseño de Puentes.....	5-59
5.2.6	Otras Estructuras.....	5-69
5.3	PLAN DE CONSTRUCCION.....	5-72
5.3.1	Generalidades.....	5-72
5.3.2	Método de Construcción.....	5-72
5.3.3	Programa de Construcción.....	5-74
5.4	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	5-76
5.4.1	Generalidades.....	5-76
5.4.2	Programa de Mantenimiento Propuesto.....	5-76
5.5	ESTIMACION DEL COSTO DEL PROYECTO.....	5-79
5.5.1	Condiciones para la Estimación de Costos.....	5-79
5.5.2	Costos de Construcción.....	5-80
5.5.3	Costos de Ingeniería.....	5-83
5.5.4	Costos de Operación y Mantenimiento.....	5-83
5.5.5	Costos de Recapamiento.....	5-84
5.5.6	Costo Estimado del Proyecto.....	5-85

CAPITULO 6 EVALUACION ECONOMICA

6.1	METODO DE EVALUACION ECONOMICA	6- 1
6.1.1	Generalidades	6- 1
6.1.2	Suposiciones Básicos y Método de Evaluación	6- 1
6.1.3	Definición de los Casos "Con Proyecto" y "Sin Proyecto"	6- 2
6.1.4	Beneficios del Proyecto	6- 3
6.2	ESTIMACION DE LOS BENEFICIOS	6- 5
6.2.1	Ahorro en el Costo de Operación Vehicular	6- 5
6.2.2	Ahorro en el Costo del Tiempo del Viaje	6- 8
6.3	COSTO ECONOMICO	6-11
6.4	EVALUACION ECONOMICA.....	6-12
6.5	ANALISIS DE SENSIBILIDAD.....	6-13
6.6	IMPACTO DEL PROYECTO	6-15
6.7	CONSIDERACIONES SOBRE LOS FONDOS PARA EL PROYECTO.....	6-16

CAPITULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1	CONCLUSIONES	7- 1
7.1.1	Necesidad del Proyecto	7- 1
7.1.2	Tráfico Futuro	7- 2
7.1.3	Aspectos Técnicos	7- 2
7.1.4	Aspectos Ambientales	7- 4
7.1.5	Costo del Proyecto	7- 5
7.1.6	Resultados del Análisis Económico	7- 5
7.2	RECOMENDACIONES	7- 7
7.2.1	Implementación de los Proyectos	7- 7
7.2.2	Aspectos de Consideración Posterior	7- 7

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-1 Carreteras del Proyecto a ser Estudiadas	1- 3
Tabla 1-2 Composición de los Informes	1- 6
Tabla 2-1 Función de las Carreteras del Proyecto.....	2- 2
Tabla 2-2 Rangos para la Evaluación de la Estructura de los Pavimentos	2- 4
Tabla 2-3 Rangos para la Evaluación de las Condiciones de Drenaje	2- 5
Tabla 2-4 Rangos para la Evaluación de la Sección Transversal.....	2- 5
Tabla 2-5 Condiciones de la Estructura Vial	2- 7
Tabla 2-6 Evaluación de Otras Condiciones.....	2- 7
Tabla 2-7 Secciones Subestándar de los Proyectos	2- 8
Tabla 2-8 Secuencia Estratigráfica del Area de Estudio.....	2-14
Tabla 2-9 La Correlación Estratigráfica de las Principales Provincias Geológicas de Nicaragua	2-16
Tabla 2-10 Resumen de los Trabajos en los Puentes sobre la Carretera Managua-Masaya.....	2-17
Tabla 2-11 Resumen de los Trabajos en los Puentes de la Sección Nandaime- El Guanacaste	2-18
Tabla 2-12 Resumen de los Trabajos de Perforación de Estructuras	2-19
Tabla 2-13 Contenido de los Ensayos de Laboratorio	2-22
Tabla 2-14 Resultados de los Ensayos de Laboratorio Puente La Morita	2-23
Tabla 2-15 Resultado de Ensayo de Laboratorio de las Muestras del Puente El Mirador	2-24
Tabla 2-16 Resultados de los Ensayos de Laboratorio de las Muestras del Puente El Arroyo	2-28
Tabla 2-17 Resultados de los Ensayos de Laboratorio de las Muestras del Puente La Ilusión	2-31
Tabla 2-18 Resultados de los Ensayos de Laboratorio de las Muestras del Puente Mayarí	2-35
Tabla 2-19 Resultados de los Ensayos de Laboratorio de las Muestras del Puente San Caralampio	2-37
Tabla 2-20 Resultados de los Ensayos de Laboratorio de las Muestras del lecho del Río Agua Agría.....	2-39
Tabla 2-21 Resultados de los Ensayos de Granulometría, Absorción de Agua y Abrasión o Desgaste (PROINCO)	2-53
Tabla 2-22 Resultados de los Ensayos de Granulometría, Absorción de Agua y Abrasión o Desgaste (Cosmapa).....	2-55
Tabla 2-23 Resultados de los Ensayos de Laboratorio de las Muestras de la Cantera de San Luis	2-56
Tabla 2-24 Resultados de los Ensayos de Laboratorio de las Muestras de la Cantera de San Jacinto	2-57
Tabla 2-25 Número de Sondeos Realizados en cada Sección de Carretera.....	2-58
Tabla 2-26 Resumen de los Ensayos CBR Realizadas en las Carreteras Existentes	2-59
Tabla 2-27 Datos de CBR del Proyecto de Ampliación de la Carretera Managua-Masaya, MCT	2-61
Tabla 2-28 Estimación del Espesor del Pavimento de las Carretera Existente.....	2-63
Tabla 2-29 Intensidades de Precipitación: Estación Las Mercedes	2-65
Tabla 2-30 Intensidades de Precipitación: Estación Nandaime	2-65
Tabla 2-31 Intensidad de Precipitaciones: Estación León.....	2-65
Tabla 2-32 Intensidad de Precipitación Aplicada	2-67
Tabla 2-33 Ubicación de la Estimación de Flujos	2-68

Tabla 2-34 Niveles de Flujo Máximo Probables.....	2-70
Tabla 3-1 División de Zonas.....	3- 2
Tabla 3-2 Generación y Atracción de Viajes de las Zonas Divididas.....	3- 4
Tabla 3-3 Índices de Volumen de Tráfico Urbano.....	3- 4
Tabla 3-4 Tabla O-D Dividida (Actual - 1993).....	3- 5
Tabla 3-5 Tabla O-D Dividida (Futura - 2000).....	3- 6
Tabla 3-6 Tabla O-D Dividida (Futura - 2010).....	3- 7
Tabla 3-7 Resultados del Censo de Tráfico de la Intersección de la Colonia Centroamérica.....	3- 9
Tabla 3-8 Volumen de Tráfico en la Intersección de la Colonia Centroamérica.....	3- 9
Tabla 3-9 Volumen de Tráfico de las Carreteras en Proyecto.....	3-12
Tabla 4-1 Legislaciones Relacionadas con el Medio Ambiente.....	4- 2
Tabla 4-2 Selección de Aspectos Ambientales.....	4- 8
Tabla 4-3 Normas de Calidad Ambiental para la Calidad del Aire.....	4- 9
Tabla 4-4 Normas de Calidad Ambiental para la Calidad del Agua.....	4-10
Tabla 4-5 Normas Ambientales para el Ruido.....	4-10
Tabla 4-6 Normas Ambientales para Vibraciones.....	4-10
Tabla 4-7 Investigación sobre el Medio Ambiente.....	4-13
Tabla 4-8 Componentes y Método de Proyección.....	4-13
Tabla 4-9 Resultados del Análisis Ambiental de Carretera Proyecto-1 (Carretera Managua-Masaya).....	4-15
Tabla 4-10 Resultados del Análisis Ambiental de Carretera Proyecto-2 (Carretera Managua-Tipitapa) y Carretera-3 (Carretera Nandaime-San Benito).....	4-17
Tabla 4-11 Resultados del Análisis Ambiental de Carretera Proyecto-4 (Carretera Telica-San Isidro).....	4-19
Tabla 4-12 Evaluación Ambiental.....	4-21
Tabla 4-13 Plan de Control Ambiental.....	4-22
Tabla 4-14 Evaluación Ambiental Integrada.....	4-30
Tabla 4-15 Componentes del Monitoreo.....	4-31
Tabla 4-16 Evaluación Ambiental Global.....	4-33
Tabla 5-1 Tipo de Carretera y Número de Carriles.....	5- 4
Tabla 5-2 Análisis de Capacidad de Carreteras.....	5- 5
Tabla 5-3 Normas del Diseño Geométrico para las Carreteras del Proyecto.....	5- 7
Tabla 5-4 Aplicación de Obras de Protección de Taludes.....	5- 9
Tabla 5-5 Construcción de Aceras.....	5-14
Tabla 5-6 Ubicación de Bahías.....	5-17
Tabla 5-7 Evaluación de Alternativas para el Mejoramiento de la Intersección de la Colonia Centro América.....	5-23
Tabla 5-8 Evaluación de Alternativas para el Mejoramiento del Cruce de Vías Férreas a Nivel de la Carretera Managua-Masaya.....	5-30
Tabla 5-9 Consideración de Alternativas para el Mejoramiento entre Est.68+200 y Est.71+100 de la Carretera Telica-San Isidro.....	5-33
Tabla 5-10 Comparación de las Características Generales de Pavimentos Flexibles y Pavimentos Rígidos.....	5-35
Tabla 5-11 Estimación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para el Diseño de Pavimentos.....	5-41
Tabla 5-12 Cálculo de las Aplicaciones ESAL.....	5-42
Tabla 5-13 Valores CBR para el Diseño de Pavimentos.....	5-45
Tabla 5-14 Resultados del Diseño de Pavimentos.....	5-46

Tabla 5-15	Datos Concernientes a las Precipitaciones Pluviales	5-49
Tabla 5-16	Coefficiente de Escorrentía.....	5-50
Tabla 5-17	Caudales Máximos por Precipitación	5-52
Tabla 5-18	Intervalo Estandard de Alcantarillas en Areas Planas	5-54
Tabla 5-19	Cálculos Hidráulicos	5-56
Tabla 5-20	Claros Estándar para Puentes	5-63
Tabla 5-21	Principales Tipos de Superestructuras.....	5-63
Tabla 5-22	Acero Estructural	5-66
Tabla 5-23	Tensiones Admisibles de las Barras de Refuerzo de Acero.....	5-67
Tabla 5-24	Tensiones Admisibles del Acero Estructural.....	5-68
Tabla 5-25	Lista de Cajas a ser Reemplazadas.....	5-71
Tabla 5-26	Ubicación de los Bancos de Préstamos	5-72
Tabla 5-27	Resumen de los Trabajos de Mantenimiento de los Años 1992-1994.....	5-76
Tabla 5-28	Costos Unitarios de la Mano de Obra.....	5-80
Tabla 5-29	Costos Unitarios de los Materiales	5-81
Tabla 5-30	Costos Unitarios del Equipo.....	5-81
Tabla 5-31	Costos de Construcción	5-82
Tabla 5-32	Costos de Ingeniería Estimados	5-84
Tabla 5-33	Costo Estimado del Proyecto	5-85
Tabla 5-34	Flujo de Caja Anual del Costo del Proyecto (Carretera Managua-Masaya: Tramo Managua-Entrada Ticuantepe).....	5-86
Tabla 5-35	Flujo de Caja Anual del Costo de Proyecto (Carretera Managua-Masaya : Tramo Entrada Ticuantepe-Masaya).....	5-86
Tabla 5-36	Flujo de Caja Anual del Costo del Proyecto (Carretera Managua-Tipitapa)	5-87
Tabla 5-37	Flujo de Caja Anual del Costo del Proyecto (Carretera Nandaime-San Benito).....	5-87
Tabla 5-38	Flujo de Caja Anual del Costo del Proyecto (Carretera Telica-San Isidro).....	5-88
Tabla 6-1	Proyecto de Carreteras Seleccionadas	6- 1
Table 6-2	Diferencia de Condiciones en las Carreteras entre el Caso "Con Proyecto" y el Caso "Sin Proyecto".....	6- 2
Tabla 6-3	Información Básica de la Estimación del COV	6- 5
Tabla 6-4	Precio Económico de Vehículo, Combustible, Aceites y Neumáticos.....	6- 6
Tabla 6-5	Costo de Operación Vehicular Unitario.....	6- 7
Tabla 6-6	Beneficios de Ahorro en el Costo de Operación Vehicular para los Años 2000 y 2010.....	6- 7
Tabla 6-7	Beneficio por Ahorro en el Tiempo de Viaje para los Años en 2000 y 2010	6- 9
Tabla 6-8	Costo Financiero del Mantenimiento del Caso "Sin Proyecto".....	6-10
Tabla 6-9	Ahorro en el Costo Económico del Mantenimiento.....	6-10
Tabla 6-10	Tasa de Impuestos.....	6-11
Tabla 6-11	Costo Económico del Proyecto, del Mantenimiento y del Recapamiento	6-11
Tabla 6-12	Resultados de la Evaluación.....	6-12
Tabla 6-13	Contenido de Mejoramiento para Proyecto-6 y Proyecto-7 (Carretera Telica-San Isidro).....	6-12
Tabla 6-14	Resultados de la Análisis de Sensibilidad	6-14
Tabla 6-15	Pago Anual	6-16
Tabla 7-1	Tráfico Futuro.....	7- 2
Tabla 7-2	Costo del Proyecto.....	7- 5
Tabla 7-3	Resultados del Análisis Económico	7- 6

LISTA DE FIGURAS

Figure 1-1 Plano de Ubicación de los Tramos del Proyecto.....	1- 4
Figura 1-2 Organigrama del Estudio.....	1- 7
Figura 2-1 Intersección Colonia Centroamérica.....	2- 9
Figura 2-2 Mapa del Estudio Geológico y de Suelos.....	2-21
Figura 2-3 Ubicación de los Sondeos del Puento La Morita de la Carretera Managua-Masaya.....	2-25
Figura 2-4 Ubicación de los Sondeos del Puento El Mirador de la Carretera Managua-Masaya.....	2-25
Figura 2-5 Perfil de Suelos en el Puento La Morita de la Carretera Managua-Masaya	2-26
Figura 2-6 Perfil de Suelos en el Puento El Mirador de la Carretera Managua-Masaya	2-27
Figura 2-7 Ubicación de los Sondeos del Puento El Arroyo de la Carretera Managua-Masaya.....	2-29
Figura 2-8 Perfil de Suelos en el Puento El Arroyo de la Carretera Managua-Masaya	2-30
Figura 2-9 Ubicación de los Sondeos en el Puento La Ilusión.....	2-32
Figura 2-10 Perfil de Suelos en el Punto de Emplazamiento del Puente La Ilusión (1)	2-33
Figura 2-11 Perfil de Suelos en el Punto de Emplazamiento del Puente La Ilusión (2)	2-34
Figura 2-12 Ubicación de los Sondeos de Puente Mayari.....	2-36
Figura 2-13 Perfil de Suelos en el Punto de Emplazamiento del Puente Mayari	2-36
Figura 2-14 Ubicación del Sondeo de Puente San Caralampio, Nabndaime.....	2-38
Figura 2-15 Perfil Esquemático de Suelo cerca en el de PuenteSan Caralampio, Nabndaime.....	2-38
Figura 2-16 Ubicación de los Sondeos de la Ribera del Río Agua Agría en Santa Marta	2-40
Figura 2-17 Perfil de Suelos de la Ribera del Río Agua Agría en Santa Marta	2-41
Figura 2-18 Ubicación del Perfil de Suelos cerca Norte del Puente El Arroyo de la Carretera Managua-Masaya.....	2-43
Figura 2-19 Perfil Esquemático de Suelo cerca Norte del Puente El Arroyo de la Carretera Managua-Masaya	2-44
Figura 2-20 Ubicación del Perfil de Suelos del km 172 de la Carretera Telica-San Isidro	2-46
Figura 2-21 Perfil Esquemático de Suelo del Km 172 de la Carretera Telica-San Isidro	2-47
Figura 2-22 Mapa de Investigación Geológica del Punto Km 166 de la Carretera Telica-San Isidro.....	2-49
Figura 2-23 Dibujo Esquemático de Perfil Geológico del Punto km 166 de la Carretera Telica-San Isidro.....	2-50
Figura 2-24 Perfil Geológico del Punto Km 166 de la Carretera Telica-San Isidro	2-52
Figura 2-25 Intensidades de Precipitación : Estación Las Mercedes	2-66
Figura 2-26 Intensidades de Precipitación : Estación Nandaime.....	2-66
Figura 2-27 Intensidades de Precipitación : Estación León.....	2-67
Figura 2-28 Comparación de la Escorrentía Específica.....	2-71
Figura 2-29 Recopilación de Mapas en Escala 1/10,000 (Carretera Telica-San Isidoro).....	2-76
Figura 2-30 Recopilación de Mapas en Escala 1/10,000 (Otros Catteras Proyecto).....	2-77
Figura 2-31 Mapa de Ubicación de la Línea Central de la Carretera (Carretera Telica-San Isidro).....	2-78
Figura 2-32 Ubicación de las Estructuras de Drenaje (Carretera Managua-Masaya).....	2-79
Figura 2-33 Ubicación de las Estructuras de Drenaje (Sección Nandaime-Masaya).....	2-80

Figura 3-1	Proceso de División de la Tabla O-D	3- 1
Figura 3-2	Mapa de División de Zonas	3- 3
Figura 3-3	Volumen de Tráfico de las Secciones de Carretera en Proyecto (2010)	3-13
Figura 4-1	Flujograma de la Consideración Ambiental del Proyecto	4- 3
Figura 4-2	Flujograma de la Evaluación del Impacto Ambiental	4- 4
Figura 4-3	Plantación	4-28
Figura 4-4	Area de Parque.....	4-28
Figura 5-1	Recomendaron las Sección Transversal Típica.....	5-11
Figura 5-2	Bahía de Autobuses (con Aceras)	5-15
Figura 5-2	Bahía de Autobuses (sin Aceras)	5-16
Figura 5-3	Estudio de Alternativas.....	5-19
Figura 5-4	Plan Optimo de Alternativa-1	5-20
Figura 5-5	Plan Optimo de Alternativa-2	5-20
Figura 5-6	Diseño de Cruce a Nivel	5-21
Figura 5-7	Diseño de Paso Superior.....	5-22
Figura 5-8	Detalle de Variante en Est.0+490, Puente La Morita.....	5-24
Figura 5-9	Detalle de Variante Puente El Arroyo	5-26
Figura 5-10	Est.8+100 Sección Transversal B-B	5-27
Figura 5-11	Propuesta de un Nivel de Intersección para Ferrocarril.....	5-28
Figura 5-12	Propuesta de un Nivel Separado de Intersección para Ferrocarril.....	5-29
Figura 5-13	Plano de Mejoramiento en el Alineamiento de la Zona Aledaña a la Est. 63+600	5-33
Figura 5-14	Plano del Mejoramiento en el Alineamiento en el Tramo Est. 68+200 - Est. 71+100	5-34
Figura 5-15	Modelo de Carga Axial.....	5-43
Figura 5-16	Diseño de Hombros	5-46
Figura 5-17	Factores de Corrección para Intensidades de Precipitación	5-51
Figura 5-18	Estructuras de Drenaje para Carreteras.....	5-55
Figura 5-19	Sección Típica de los Estribos	5-61
Figura 5-20	Puente La Morita, Losa de Concreto Reforzado	5-65
Figura 5-21	Puente El Arroyo, Viga Compuesta	5-65
Figura 5-22	Puente El Arroyo N° 1, Viga de Concreto Postensado.....	5-65
Figura 5-23	Cronograma de Construcción.....	5-75

Abreviaturas

AASHTO	: Asociación Americana de Normas para Carreteras Estatales
TDP	: Tránsito diurno promedio
Afi	: Bosque tropical
Am	: Tropical monzónico
S.N.M.	: Sobre el nivel del mar
Aw	: Tropical de sabana
AwH	: Tropical de sabana en regiones altas
BCIE	: Banco Centroamericano de Integración Económica
BID	: Banco Interamericano de Desarrollo
C/B	: Relación Costo-Beneficio
C12	: Cloro
CA	: Carretera Centroamericana
CBR	: Relación de estabilidad del suelo
COMECON	: Consejo para la Asistencia Económica Mutua
C.P.	: Colectora primaria
C.V.	: Caminos vecinales
DANIDA	: Agencia de Desarrollo Internacional Danés
db	: decibel
B/RF	: Borrador del Reporte Final
EIA	: Evaluó del impacto ambiental
ESDENNIC 78	: Estudio Demográfico Nacional de Nicaragua 1978
E/F	: Estudio de Factibilidad
PIB	: Producto interno bruto
HS	: Cargas HS
RAI	: Revisión Ambiental Inicial
FMI	: Fondo Monetario Internacional
INETEL	: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
Ing.	: Ingeniero
INMINE	: Corporación Nicaragüense de Minas
INSSBI	: Instituto Nicaragüense de Seguridad Social y Bienestar
IRENA	: Instituto de Recursos Naturales
TIR	: Tasa interna de retorno
R/INT	: Reporte Interino
JICA	: Agencia Internacional de Cooperación Japonesa
Lic.	: Licenciado
MAG	: Ministerio de Agricultura y Ganadería
MCT	: Ministerio de Comunicaciones y Transporte
Mz	Manzana
PM	Plan Maestro
NIC	Nicaragua
VAN	Valor actual neto
CAN	Carretera nacional
O-D	Origen y destino
PAF-NIC	Plan de Acción Forestal de Nicaragua
U.Veh.Pas.	Unidad de vehículo de pasajeros
R/PREL	Reporte Preliminar
qq	Quintales
Cant.-Vel.	Cantidad-velocidad

RAAN	Región Autónoma del Atlántico Norte
RAAS	Región Autónoma del Atlántico Sur
SO ₂	Dióxido de azufre
SS	Sólido suspendido
T.P.	Troncal principal
T.S.	Troncal secundaria
E.E.U.U.	Estados Unidos de Norteamérica
C.Op.Veh.	Costo operacional por vehículo

CAPITULO 1

INTRODUCCION

CAPITULO 1 INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

De acuerdo con el programa de cooperación técnica entre Nicaragua y Japón, se dió inicio al proyecto "Estudio sobre Mejoramiento y Rehabilitación de Carreteras en la República de Nicaragua", el cual se ha estado realizando desde marzo de 1993. Dicho estudio comprende dos etapas, de las cuales la primera corresponde al Plan Maestro y la segunda al Estudio de Factibilidad. La primera etapa del Estudio se concluyó en agosto de 1993 con la entrega oficial del Informe Interino (Primera Etapa). Los principales objetivos de esa Primera Etapa del Estudio fueron:

- ① Identificación de la Red Vial.
- ② Establecimiento de un orden prioritario para los proyectos identificados.
- ③ Selección de los proyectos prioritarios para el estudio de factibilidad a realizarse en la segunda etapa.

Cumpliendo con las recomendaciones dadas en la Primera Etapa del Estudio, se dió inicio a la Segunda Etapa en septiembre de 1993 con el propósito de llevar a cabo los estudios de factibilidad en las cuatro carreteras seleccionadas.

1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

La Segunda Etapa del Estudio tiene por objeto el evaluar la factibilidad técnica y económica de las carreteras seleccionadas.

1.3 ENFOQUE BASICO DEL ESTUDIO

Las carreteras seleccionadas (de aquí en adelante denominadas como las "Carreteras del Proyecto") a ser estudiadas en la Segunda etapa del Estudio se muestran en la Figura 1-1 y Tabla 1-1. La ruta de cada Carretera del Proyecto es la siguiente:

① Carretera Managua-Masaya (NIC-4)

Managua (Intersección de la Colonia Centro América) - Entrada a Ticuantepe (Intersección NIC-4 a Masaya con la carretera de entrada a Veracruz) - El Coyotepe (Intersección de la carretera a Granada NIC-4 con la de Tipitapa NIC-11) - Masaya (Intersección de la carretera a Granada NIC-4 con la NIC-11 a Catarina).

② Carretera Managua-Tipitapa (NIC-1):

Río Panamá (Intersección de la carretera NIC-1 con el bypass propuesto para la carretera NIC-11)- San Cristóbal (Fin de la doble-calzada en el Centro de Managua).

③ Carretera Nandaime-San Benito (NIC-4,NIC-18,NIC-11,NIC-1):

Masaya (Intersección de la carretera a Catarina NIC-11 con la de Granada NIC-4) - Catarina (Intersección de la carretera NIC-11 con la NIC-18) - El Guanacaste (Intersección de la carretera NIC-18 con la NIC-4) - Nandaime (Intersección de la carretera NIC-4 con la NIC-2).

El Coyotepe (Intersección de la carretera a Tipitapa NIC-11 con la NIC-4) - Río Panamá (Intersección del bypass propuesto para la carretera NIC-11 con la NIC-1) - San Benito (Intersección de la carretera NIC-1 con la NIC-7).

④ Carretera Telica-San Isidro (NIC-26):

Telica (Intersección de la carretera NIC-26 con la NIC-12) - Malpaisillo - El Jicaral - La Unión - San Isidro (Intersección de la carretera NIC-26 con la NIC-1).

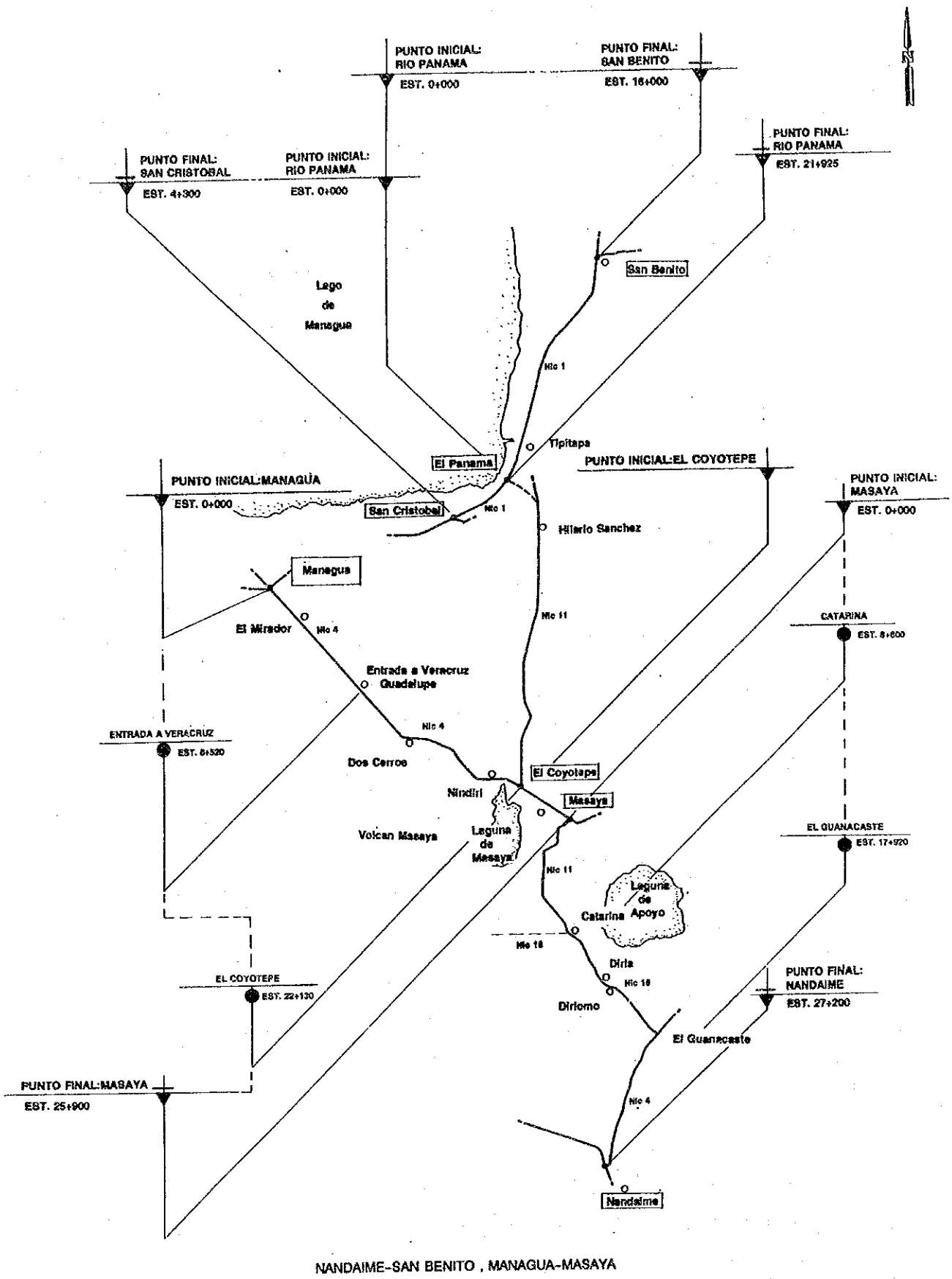
Tabla 1-1 Carreteras del Proyecto a ser Estudiadas

Carretera del Proyecto	Tramo	Longitud (km)
Managua - Masaya	Managua (Est. 0+0) - Entrada a Ticuantepe (Est. 8+520)	8.520
	Entrada a Ticuantepe (Est. 8+520) - El Coyotepe (Est. 22+130)	13.610
	El Coyotepe (Est. 22+130) - Masaya (Est. 25+900)	3.770
	Total	25.900
Managua - Tipitapa	Río Panamá (Est. 0+0) - San Cristobal (Est. 4+300)	4.300
Nandaime - San Benito	Masaya (Est. 0+0) - Catarina (Est. 8+600)	8.600
	Catarina (Est. 8+600) - El Guanacaste (Est. 17+920)	9.320
	El Guanacaste (Est. 17+920) - Nandaime (Est. 27+200)	9.280
	El Coyotepe (Est. 0+0) - Río Panamá (Est. 21+295)	21.295
	Río Panamá (Est. 0+0) - San Benito (Est. 16+0)	16.000
	Total	65.125
Telica - San Isidro	Telica (Est. 0+0) - Malpaisillo (Est. 23+680)	23.680
	Malpaisillo (Est. 23+680) - El Jicaral (Est. 61+400)	37.720
	El Jicaral (Est. 61+400) - La Unión (Est. 79+830)	18.430
	La Unión (Est. 79+830) - San Isidro (Est. 95+760)	15.930
	Total	95.760
Longitud total de las Carreteras del Proyecto		191.085

El Estudio de Factibilidad para las Carreteras del Proyecto se llevó a cabo en base a la metodología usual. Aunque, en la Primera Etapa del estudio la evaluación se hizo a nivel de pre-factibilidad, el presente está basado en los estudios de campo y se presenta de un modo más detallado que en la Primera Etapa. El diseño preliminar se preparó tomando en cuenta los resultados del estudio topográfico, estudio de suelos y materiales, estudio hidrológico y un inventario detallado. La evaluación del impacto ambiental se llevó a cabo considerando aspectos como el ruido público, medio ambiente natural y social. El método que se aplicó fue el de Check List (Listado de Revisión), del Banco Mundial y de la OCDE, para permitir la preparación de solicitudes de financiamiento ante las agencias de préstamo internacionales.

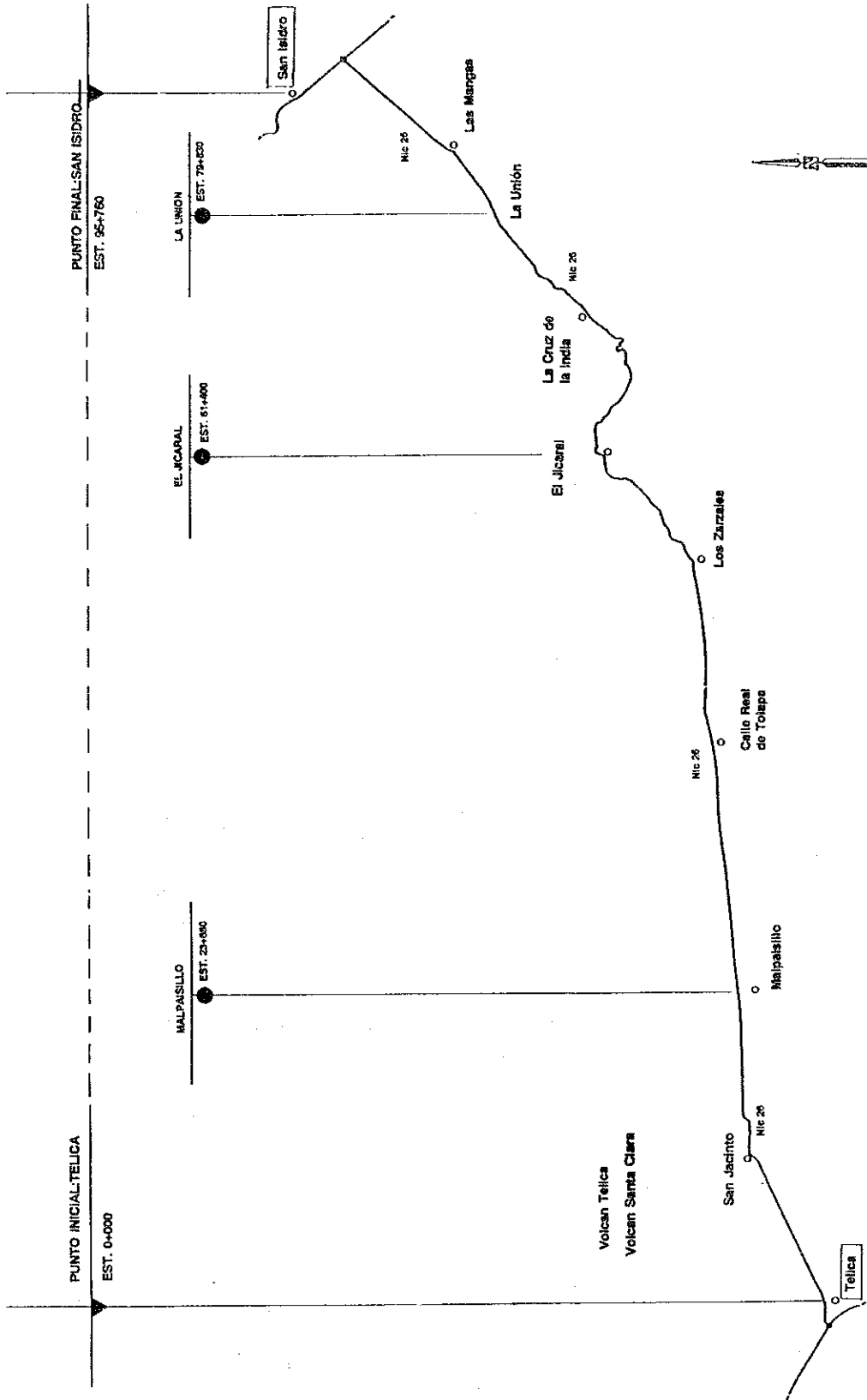
Para el cálculo de los costos de construcción se utilizaron los costos unitarios vigentes a septiembre de 1993.

Por otra parte, se recopilaron los datos más recientes sobre los componentes de los Costos de Operación Vehicular (COV) para su actualización. Basados en los costos económicos y en los beneficios estimados según los precios de 1993 y asumiendo un tiempo de vida del proyecto de 20 años a partir del año 2000, se calculó la tasa interna de retorno para cada carretera en estudio con el propósito de evaluar la factibilidad económica de ellas.



NANDAIME-SAN BENITO , MANAGUA-MASAYA

Figure 1-1 Plano de Ubicación de los Tramos del Proyecto (1)



TELICA - SAN ISIDRO

Figure 1-1 Plano de Ubicación de los Tramos del Proyecto (2)

1.4 COMPONENTES DE LOS INFORMES

Los principales resultados del estudio serán presentados por los informes que se mencionan en la Tabla 1-2.

Este informe corresponde al Volumen II del Informe Final que describe los resultados del estudio de Factibilidad y está compuesto de la siguiente forma:

- Capítulo 1 Introducción
- Capítulo 2 Condiciones Actuales de las Carreteras
- Capítulo 3 Volumen de Tráfico Actual y Futuro
- Capítulo 4 Evaluación del Impacto Ambiental
- Capítulo 5 Estudio Preliminar de Ingeniería
- Capítulo 6 Evaluación Económica
- Capítulo 7 Conclusiones y Recomendaciones

Tabla 1-2 Composición de los Informes

Fase	Informes	Resultados	Fecha de Entrega
Primera Etapa	Informe Inicial	Programa y contenidos del Estudio	Inicios de marzo de 1993
	Informe de Avance (I)	Parte de los resultados del Plan Maestro	Entre finales de mayo y Finales de agosto de 1993
	Informe Interino	Resultados del Plan Maestro	Finales de agosto de 1993
Segunda Etapa	Informe Avance (II)	Parte de los Result del Estudio de Factibilidad	Finales de noviembre de 1993
	Borrador Informe Final	Resultados de todo el Estudio	Finales de febrero de 1994
	Informe Final	Revisión del Borrador del Informe Final de acuerdo con los comentarios del Gobierno de Nicaragua	Finales de julio de 1994

1.5 ORGANIZACION DEL ESTUDIO

El organigrama del Estudio se describe en la Figura 1-2.

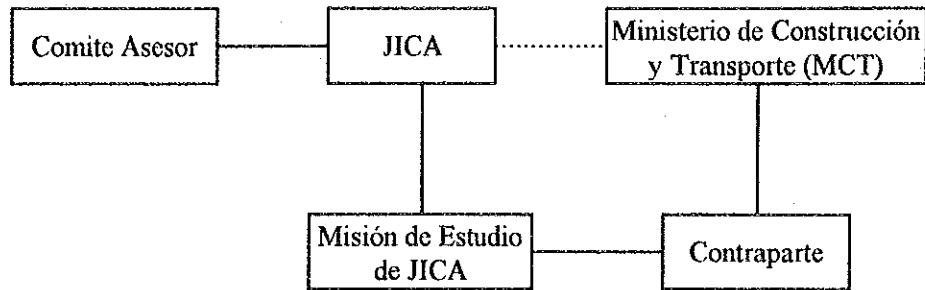


Figura 1-2 Organigrama del Estudio

Miembros del Comité Asesor :

- Jefe del Comité : Ing. Takashi Yamanaka
Jefe de la División de Administración de Ingeniería,
Departamento de Ingeniería,
Autoridad de Puente Honshu-Shikoku.
- Miembro del Comité : Ing. Toshichika Hattori
Jefe de la Sección en Funciones,
Coordinación de Proyectos de Carretera,
Departamento de Vialidad,
Oficina de Construcción Regional de Chubu,
Ministerio de Construcción de Japón.
- Miembro del Comité : Ing. Takeshi Yoshida
Director, División de Pavimento,
Departamento de Vialidad,
Instituto de Investigación de Obras Públicas,
Ministerio de Construcción de Japón.

Miembros de la Misión de Estudio de JICA :

- Ing. Takashi Tachikawa : Jefe del Misión de Estudio (Ingeniero de Carreteras)
- Ing. Hidenori Osumi : Jefe Interino (Planificador de Carreteras)
- Lic. Takao Yamane : Planificador de Transporte
- Ing. Yoshitaka Higuchi : Planificador de Desarrollo Regional
- Ing. Mikio Kajima : Analista Ambiental
- Ing. Masayuki Ogino : Hidrólogo

- Ing. Tsuneyoshi Jitsuhara : Supervisor de Encuestas de Tráfico
- Ing. Masaaki Inoue : Geólogo
- Ing. Katsuyuki Aoyagi : Supervisor de Levantamientos Topográficos
- Dr. Juan Rafael Montaña : Ingeniero de Carreteras
- Ing. Yoshitsugu Tsuchida : Ingeniero de Carreteras
- Ing. Mineo Fujikawa : Ingeniero de Puentes
- Dr. Shintaro Yano : Ingeniero Civil
- Lic. Hiroyuki Kotani : Economista

CAPITULO 2

ESTADO ACTUAL DE LAS CARRETERAS DEL PROYECTO

CAPITULO 2 ESTADO ACTUAL DE LAS CARRETERAS DEL PROYECTO

2.1 GENERALIDADES

Este Capítulo contiene la descripción de las condiciones existentes en las carreteras del proyecto considerando los siguientes puntos de vista:

- ① Función actual de las carreteras
- ② Estudio de carreteras (identificación de problemas)
- ③ Estudio geológico y de suelos.
- ④ Estudio hidrológico
- ⑤ Estudio topográfico

Los resultados de estos estudios fueron utilizados para establecer los planes de mejoramiento.

2.2 FUNCIONES ACTUALES DE LAS CARRETERAS

Las carreteras comprendidas en el proyecto forman parte de las carreteras nacionales y están clasificadas como Troncal Principal y Troncal Secundaria. En un aspecto general de la red vial, estas tienen también la función de carreteras troncales norte-sur o este-oeste (ver Tabla 2-1).

Tabla 2-1 Función de las Carreteras del Proyecto

Estudio	Funcional	Carretera	Básica
Managua-Masaya	Troncal Principal	Carretera Nacional Nic-4	Norte-Sur Carretera Troncal
Managua-Tipitapa	Troncal Principal	Carretera Nacional Nic-1	Norte-Sur Carretera Troncal
Nandaime-San Benito	Troncal Principal	Carretera Nacional Nic-4, 18, 11, 1	Norte-Sur Carretera Troncal
Telica-San Isidro	Troncal Secundaria	Carretera Nacional Nic-26	Este-Oeste Carretera Troncal

Aunque las carreteras en estudio tienen gran importancia en la Red Vial en Nicaragua, como se afirmó anteriormente, las funciones físicas de éstas presentan diferentes problemas en cada carretera del proyecto.

(1) Carretera Managua-Masaya

La Carretera Managua-Masaya funciona como una carretera suburbana, uniendo esas dos ciudades principales, e incluye una intersección importante conocida como "Intersección de la Colonia Centro América" ubicada en la ciudad de Managua interceptando el tráfico de/a la carretera norte con el tráfico de/a la ciudad de Masaya. El congestionamiento de tráfico en la intersección y en la carretera en general, especialmente en las horas pico, se debe al notable incremento de la población y el tráfico registrado en los últimos años.

(2) Carretera Managua-Tipitapa

La Carretera Managua-Tipitapa forma parte de la carretera nacional NIC-1, la cual tiene la función de ser el vínculo principal para el transporte de productos agrícolas de las regiones centrales hacia el principal centro de consumo, Managua.

(3) Carretera Nandaime-San Benito

Desde el punto de vista funcional la Carretera Nandaime-San Benito está dividida en tres secciones, estas son: Nandaime-Masaya, Masaya-Tipitapa, y Tipitapa-San Benito. La sección Nandaime-Masaya tiene la función de vía de acceso desde la carretera troncal NIC-2 a las ciudades principales de Masaya y Granada. La Carretera Masaya-Tipitapa tiene la función de carretera troncal en el área metropolitana Managua-Masaya. La sección Tipitapa-San Benito tiene la función de ser el vínculo principal para el transporte de productos agrícolas de las regiones centrales hacia Managua, que es el principal área de consumo.

(4) Carretera Telica-San Isidro

La Carretera Telica-San Isidro tiene la función de ser el principal vínculo para el transporte de los productos agrícolas de las regiones centrales hacia el puerto principal, Corinto.

2.3 ESTUDIO DE CARRETERAS

2.3.1 Metodología

Con el objetivo de aclarar los planes de mejoramiento necesarios, se llevaron a cabo algunas investigaciones desde diferentes puntos de vista. En éstas se incluyeron los siguientes aspectos.

(1) Estructuras de carreteras

Los criterios descritos en la Tabla 2-2 fueron establecidos y aplicados para cada proyecto de carreteras del estudio. De ésta forma cada proyecto fue dividido en varias secciones de acuerdo a sus condiciones.

Tabla 2-2 Rangos para la Evaluación de la Estructura de los Pavimentos

Rango	Definición	Tipo de Daños	Grado de Deterioro
A	Crítica	Grietas piel de cocodrilo, Corrugación, Agrietamiento, Depresiones, Baches, Deterioro del bacheo, Pérdida de parte calzada o de los hombros, Separación de juntas. Bombeo y Sangrado de agua.	Casi toda la sección de la carretera está deteriorada. El deterioro afecta notablemente al tráfico
B	Progresiva	Agrietamiento en bloques, Grietas longitudinales y transversales, Ligeras depresiones, Baches pequeños, Pérdida local de parte de la calzada, hombro o juntas, Deterioro local de los parches, Bombeo local, Disgregación, Desgaste de agregados, Agrietamiento proveniente de las juntas de la losa de concreto.	Áreas considerables de la sección se encuentran deterioradas. Los daños hacen que la velocidad del tráfico disminuya.
C	Ligeramente Progresiva	Agrietamiento local en bloques, Baches pequeños y locales, Pequeñas grietas longitudinales y/o transversales locales, Sangrado.	Deterioro local. Los accidentes o índice de riesgo se incrementa.
D	Regular	Sangrado local. Grietas locales longitudinales y/o transversales.	Existen daños, sin embargo no perjudican el tráfico.
E	Buena	Sin daños	Buena condición de tráfico

(2) Condiciones de drenaje

Se investigaron las condiciones de drenaje de acuerdo con los criterios establecidos en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3 Rangos para la Evaluación de las Condiciones de Drenaje

Rango	Definición	Descripción
A	Malas condiciones	El drenaje está completamente deteriorado y obstruido
B	Condiciones malas a regulares	Obstrucciones y deterioro parcial del drenaje
C	Condiciones regulares	Deterioro local y obstrucción en progreso del drenaje
D	Condiciones regulares a buenas	Se observa obstrucción
E	Buenas condiciones	El sistema de drenaje funciona apropiadamente.

(3) Taludes

A fin de determinar puntos críticos en la conformación de los taludes, éstos fueron estudiados a lo largo de cada sección de carretera.

(4) Secciones transversales

Se midieron las dimensiones de las secciones transversales a fin de determinar su eficiencia. También se estudiaron las condiciones de los hombros para identificar su propia función y se aplicaron los criterios establecidos en la Tabla 2-4 para su evaluación.

Tabla 2-4 Rangos para la Evaluación de la Sección Transversal

Rango	Definición	Descripción
A	Malas condiciones	El ancho efectivo del camino está críticamente reducido. Las condiciones de tráfico están seriamente afectadas.
B	Condiciones malas a regulares	Los anchos de la calzada y hombros son insuficientes. El deterioro del pavimento y hombros reducen el ancho efectivo de la carretera.
C	Condiciones regulares	La Capa Base de los hombros y de la superficie de rodamiento están deteriorados por la falta de drenaje o de taludes apropiados. El ancho de los hombros tampoco es adecuado.
D	Condiciones regulares a buenas	La superficie de los hombros no está protegida. La corona y taludes de hombros son inapropiados.
E	Buenas condiciones	La sección transversal se construyó de acuerdo con las normas.

(5) Alineamiento horizontal y vertical

Se estudiaron las secciones sub-estándar por medio de criterios de diseño geométrico establecidos, mencionados en el Capítulo 5, y usando los mapas topográficos en escalas de 1/10,000.

(6) Puentes

Se midieron y estudiaron todos los puentes ubicados a lo largo de las carreteras del proyecto considerando los siguientes aspectos:

- Longitud total del puente
- Ancho total de la carretera, calzada y pasillos
- Esviaje, si existe
- Alineamiento de la carretera
- Materiales y condiciones de los estribos, pilares, vigas, vigas transversales, losas, pavimento de la calzada en el puente y la carretera, barandas
- Nivel de agua

(7) Estructuras de drenaje

Se midieron y estudiaron todas las alcantarillas tipo caja o de tubería que cruzan las carreteras del proyecto considerando los siguientes aspectos:

- Ancho de calzada
- Longitud de la alcantarilla
- Sección transversal de alcantarillas tipo caja o de tubería
- Ancho del lecho del río
- Esviaje, si existe
- Nivel de agua

2.3.2 Resultados de los Estudios

La estructura de las carreteras del proyecto, se estudiaron a través de los criterios establecidos. Los resultados se muestran en la Tabla 2-5. La información detallada se describe en el Apéndice A2.1.

El estado actual del drenaje, talud y la sección transversal fue evaluado en forma global en cada tramo de carretera (ver Tabla 2-6).

Tabla 2-5 Condiciones de la Estructura Vial

Carretera del Proyecto	Tramo	Pavimento Existente	Condiciones Existentes
Managua-Masaya	Managua-Entrada a Ticuantepe	Carpeta asfáltica	C
	Entrada a Ticuantepe-El Coyotepe	Idem	C
	El Coyotepe-Masaya	Idem	A
Managua-Tipitapa		Carpeta asfáltica	B
Nandaime-San Benito	Masaya-Catarina	Carpeta asfáltica	A
	Catarina-El Guanacaste	Idem	A
	El Guanacaste-Nandaime	Doble tratamiento	B
	El Coyotepe-Río Panamá	Tratamiento simple	D
	Río Panamá-San Benito	Doble tratamiento	B
Telica-San Isidro	Telica-Malpaisillo	Tratamiento Simple	B
	Malpaisillo-El Jicaral	Idem	C
	El Jicaral-La Unión	Idem	D
	La Unión-San Isidro	Idem	C

Nota : Condiciones Existentes A - Crítico, B - Progresivo, C -Ligeramente Progresivo, D -Regular

Tabla 2-6 Evaluación de Otras Condiciones

Carretera del Proyecto	Tramo	Condiciones de Drenaje	Talud	Sección Transversal
Managua-Masaya		A	D	A
Managua-Tipitapa		B	C	C
Nandaime-San Benito	Masaya-Catarina	B	D	B
	Catarina-Guanacaste	B	C	C
	Guanacaste-Nandaime	B	B	B
	El Coyotepe-Río Panamá	C	B	B
	Río Panamá-San Benito	C	C	C
Telica-San Isidro	Telica-Malpaisillo	B	B	B
	Malpaisillo-El Jicaral	C	C	B
	El Jicaral-La Unión	C	B	C
	La Unión-San Isidro	B	B	B

Nota : Condiciones A - Mala, B - Mala-Regular, C - Regular, D - Regular-Buena

Las secciones sub-estándar para el alineamiento horizontal y vertical fueron identificadas a través de los mapas recopilados en escala de 1/10,000 (ver Tabla 2-7).

Los puentes y estructuras de drenaje existentes fueron estudiados de acuerdo con la metodología establecida en el inciso 2.3.1. Como resultado se tiene que estas estructuras existentes están moderadamente en buenas condiciones aunque se encontró que en muchos lugares las alcantarillas existentes no reciben un mantenimiento adecuado. La información detallada se describe en el Apéndice A2.2.

Tabla 2-7 Secciones Subestándar de los Proyectos

Carretera del Proyecto	Tramo	Longitud de la Sección Subestándar		Proporción de la Sección Subestándar	
		Horizontal (km)	Vertical (km)	Horizontal (%)	Vertical (%)
Managua-Masaya		0.0	0.0	0.0	0.0
Managua-Tipitapa		0.0	0.0	0.0	0.0
Nandaime-San Benito	Masaya-Catarina	0.0	1.7	0.0	19.8
	Catarina-Guanacaste	0.0	1.4	0.0	15.0
	Guanacaste-Nandaime	0.0	0.0	0.0	0.0
	El Coyotepe-Río Panamá	0.0	0.4	0.0	1.8
	Río Panamá-San Benito	0.0	0.0	0.0	0.0
Telica-San Isidro	Telica-Malpaisillo	0.0	0.0	0.0	0.0
	Malpaisillo-El Jicaral	0.0	0.0	0.0	0.0
	El Jicaral-La Unión	1.5	1.1	8.4	6.2
	La Unión-San Isidro	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota : Alineamiento Horizontal - Se verificó la suficiencia de los radios de curvatura comparandolos con los radios propuestos en los criterios del Capítulo 5.
 Alineamiento Vertical - Se verificó la suficiencia de las gradientes comparandolas con las gradientes propuestas en los criterios del Capítulo 5.

2.3.3 Evaluación General y Resultados

Como resultados del estudio de las carreteras del proyecto, cada una de éstas puede ser dividida según sus características en las siguientes secciones y sub-secciones:

(1) Carretera Managua-Masaya

a) Tramo Managua-Entrada a Ticuantepe-El Coyotepe

La "Intersección de la Colonia Centro América", ubicada en el punto de inicio de la carretera del proyecto, es considerada como una intersección principal en la ciudad de Managua y muy relacionada con el proyecto. En esta intersección se cruzan el tráfico de/a la Carretera Norte con el tráfico de/a la ciudad de Masaya y frecuentemente causan el congestionamiento de tráfico en las horas pico, de 7:00 a.m. a 8:00 a.m. Actualmente, la intersección es controlada por medio de señales como muestra la Figura 2-1, pero se encontraron los problemas siguientes:

- Aunque el tráfico con giro a la derecha está canalizado, no existen carriles de cambio de velocidad. Esto no permite un tráfico expedito con giro a la derecha.
- No se ha considerado la seguridad de los peatones.
- Debido a que la distribución de carriles para el tráfico de giro a la izquierda no es adecuada, la señalización no ha funcionado eficientemente.

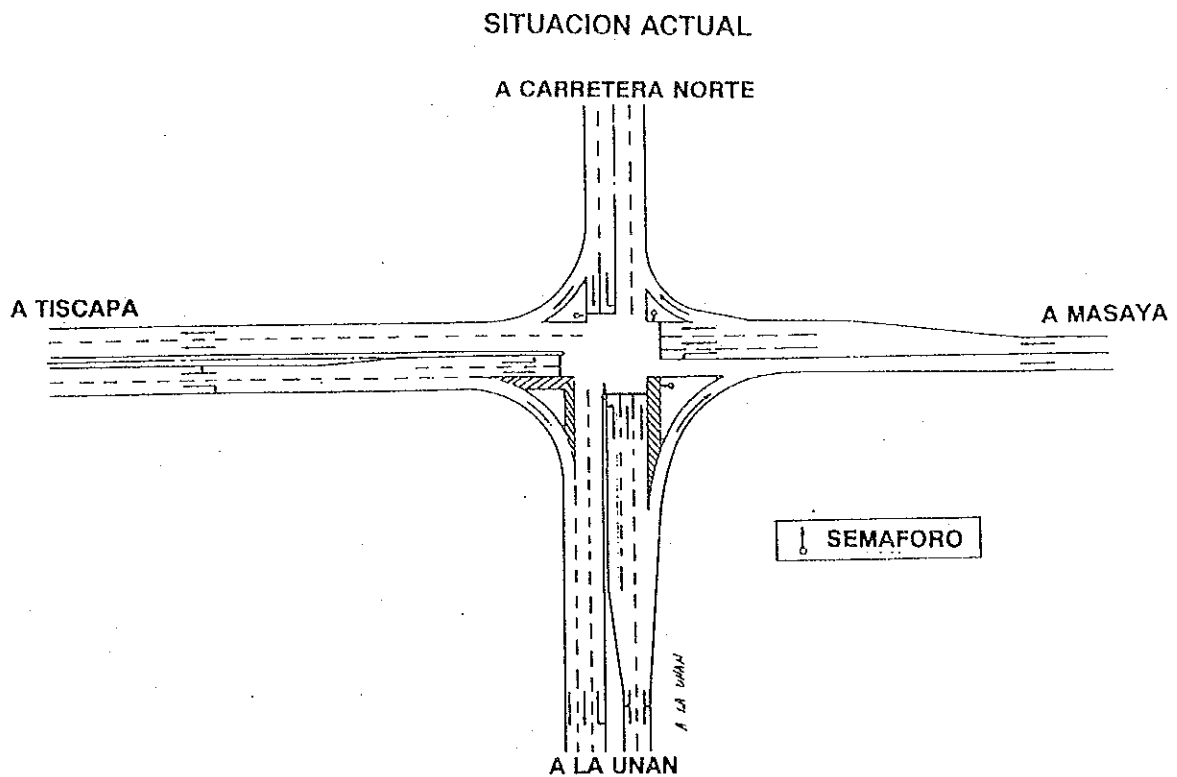


Figura 2-1 Intersección Colonia Centro América

Las condiciones de las secciones transversales se clasificaron como "A" debido a que ha habido congestión de tráfico en varios lugares a lo largo de la carretera.

b) Tramo El Coyotepe-Masaya

La superficie de la carretera está muy deteriorada en muchos lugares. Las condiciones de la sección transversal también se clasificaron como "A" debido a la existencia de congestionamiento del tráfico en varios lugares.

(2) Carretera Managua-Tipitapa

a) Tramo Río Panamá-San Cristóbal

La superficie se ha deteriorado progresivamente, se encontró principalmente ahuellamiento en varios lugares.

(3) Carretera Nandaime-San Benito

a) Tramo Masaya-Catarina-Guanacaste

Esta subsección tiene un alineamiento geométrico continuo subestandar y su superficie está muy deteriorada aunque su primera sub-sección está construida con una carpeta asfáltica y la segunda con un tratamiento doble.

b) Tramo Guanacaste-Nandaime

Esta subsección es propensa a la erosión de los terraplenes debido a la existencia del Río Agua Agria sobre la carretera existente.

c) Tramo El Coyotepe-Río Panamá

Las condiciones de la superficie se evaluaron como regulares por ahora, sin embargo, dicha superficie se deteriorará muy pronto debido a la construcción de tratamiento bituminoso doble de la superficie.

d) Tramo Río Panamá- San Benito

La superficie se ha deteriorado progresivamente debido a que está compuesta solamente por un tratamiento bituminoso superficial doble.

(4) Carretera Telica-San Isidro

a) Tramo Telica-Malpaisillo

A pesar que el volumen de tráfico es comparativamente bajo. La superficie se ha deteriorado progresivamente debido a que está compuesta solamente por un tratamiento bituminoso simple.

b) Tramo Malpaisillo-El Jicaral

La superficie se ha deteriorado ligeramente por la misma razón que la sección Telica-Malpaisillo.

c) Tramo El Jicaral-La Unión

En ésta sección, la subsección entre Las Pilas y Cristalito tiene un alineamiento geométrico continuo subestandar y es propensa a derrumbes de taludes debido a la topografía montañosa.

d) Tramo La Unión-San Isidro

La superficie se ha deteriorado ligeramente por la misma razón que la sección Telica-Malpaisillo.

2.4 ESTUDIO GEOLOGICO Y DE MECANICA DE SUELOS

2.4.1 Descripción General

El programa de Estudios de Geología y Mecánica de Suelos para este proyecto, se elaboró dentro de la etapa del estudio del "Plan Maestro de Mejoramiento y Rehabilitación de Carreteras en Nicaragua", el cual concluyó a fines de agosto de 1993. Después de la revisión del programa original, éste se modificó para poder satisfacer la necesidad actual de las obras propuestas por otros ingenieros civiles. Además, el MCT solicitó la entrega urgente del Informe del Estudio de Factibilidad de 8.52 km correspondientes a la parte norte de la Carretera Managua-Masaya, lo cual hizo que se ordenara la realización de estos estudios como primera prioridad en esa sección.

Este informe cubre todas las investigaciones realizadas durante la etapa del Estudio de Factibilidad.

El estudio fue iniciado el 15 de septiembre, por Ingeniería de Materiales y Suelos (IMS), de aquí en adelante denominado como "el Contratista", en los puentes de la Carretera Managua-Masaya. Los principales alcances de trabajo ordenados al Contratista se resumen de la siguiente forma:

- ① Sondeos mecánicos incluyendo ensayo de penetración estandar
para fundaciones de puentes y fundaciones en las riberas : 385.08m/7pozos
- ② Estudio geológico y sondeo de estructuras en cortes de carreteras
e investigación en las riberas : 123.16m/3pozos
- ③ Muestreo de canteras de material para pavimentos : 2pozos
- ④ Muestreo de bancos de materiales para base : 2pozos
- ⑤ Muestreo de subsuelo para ensayos CBR : 20pozos
- ⑥ Ensayos de laboratorio de las muestras

El muestreo del subsuelo para la prueba CBR de la Carretera Managua-Masaya fue eliminada porque existe un informe de un estudio realizado por el MCT en 1992.

Los Alcances de Trabajo dados al Contratista, se deberán determinar detalladamente según el avance de los trabajos actuales para determinar la forma más apropiada de realizarlos. Por tanto, algunos de los trabajos para las fundaciones de los puentes son modificados en base a las observaciones durante los trabajos.

Este informe muestra todo el proceso de los estudios geológicos y de mecánica de suelos realizadas durante el período del 15 de septiembre al 31 de octubre de 1993.

2.4.2 Características Geológicas del Area del Proyecto

Las carreteras en estudio están ubicadas en la Depresión Nicaragüense, la cual es conocida como graven, el "Graven de Nicaragua". Está ubicado entre la planicie costera del Pacífico al sur, y las Tierras Altas del Interior hacia el norte. Sólomente 47 km de la parte noreste de la Carretera Telica-San Isidro se ubican en las Tierras Altas del Interior.

En la Depresión Nicaragüense, la geología se caracteriza por la presencia de muchos volcanes activos e inactivos, pertenecientes al segmento oriental y occidental y por dos grandes lagos, Nicaragua y Managua de sur a norte.

Durante la edad del Holoceno, se desarrollaron rocas efusivas y sedimentos, en el Pleistoceno, se desarrollaron elementos volcánicos en las planicies y ondulaciones, durante el Pleistoceno Volcánico se desarrolló el Grupo Las Sierras, y en el Plio-pleistoceno este grupo ocupó la mayor parte del área de estudio.

El área de Managua-Masaya, Nandaimé y la Planicie de Telica a Los Zarzales pertenecen a la Depresión Nicaragüense, ambas pertenecen geológica y tectónicamente principalmente al volcánico efusivo, con depósitos piroclásticos basales, flujos volcánicos y depósitos piroclásticos del Pleistoceno Superior, Grupo Volcánico Masaya del Pleistoceno y el Grupo las Sierras del Plio-Pleistoceno en orden descendente como se muestra en Tabla 2-8.

Tabla 2-8 Secuencia Estratigráfica del Area de Estudio

Edad Geológica		Unidades Geológicas	Litología
Cuaternario	Holoceno	Aluvión (QaL)	Arena y arcilla con material piroclástico
		Holoceno Volcánico (QvH)	Lava basalto-andesita Flujos y depósitos piroclásticos
	Pleistoceno	Pleistoceno Volcánico (QvP)	Depósitos piroclásticos con flujos piroclásticos y lava
		Grupo Volcánico Masaya (QvM)	Lava basáltica (dura, porosa y autobrechada) Flujos piroclásticos y material de derrumbe
Terciario	Plio-Pleistoceno	Grupo Superior Las Sierras (TQps-S)	Aglomerados basalto-andesíticos, toba brechosa, toba, esquisto de de arcilla con fósiles y arenisca
		Grupo Medio Las Sierras (TQps-M)	Aglomerados basalto-andesíticos brecha tobácea compacta y toba

El Grupo Superior de las Sierras de la edad del Plio-Pleistoceno, extiende sus afloraciones sobre la Carretera Managua-Masaya, desde el sur de Managua hasta el punto ubicado a 2 km al sur de la intersección de Veracruz. La otra parte de la Carretera Managua-Masaya está ocupada principalmente por los flujos piroclásticos y lava basáltica del Grupo Volcánico Masaya del Pleistoceno. Por tanto, la capa superficial suave del suelo es delgada, 2 a 3 m de espesor, excepto el área ocupada por los depósitos aluviales con un espesor aproximado de 5 m.

En la parte norte de Nandaimé, se encuentra distribuida una parte del Grupo Las Sierras Superior a lo largo del Río Agua Agria, el cual corre paralelamente a la carretera en estudio. El Grupo Superior Las Sierras, en esta área, yace casi plano y consiste de una serie de sedimentos volcánicos, tales como arena volcánica con escoria y pómez, lodo arenoso tobáceo, toba y tufita. En general, las rocas en esta área muestran menos consolidación en comparación con las del área de la Carretera Managua-Masaya. Este fenómeno podría ser una de las causas de la fuerte erosión del río, especialmente en las áreas donde la arena volcánica pomácea suelta es descubierta por el río. El espesor del suelo superficial es de 1 a 2 m.

En el área al oeste de las Tierras Altas del Interior, las colinas de poca ondulación sobre la Carretera Telica-San Isidro, consisten principalmente de una toba compacta, masiva, llamada "Cantera", la cual pertenece al Grupo Superior Las Sierras. En el área topográficamente baja, se encuentran muchas capas de depósitos aluviales. Sin embargo parecen no ser tan gruesas para afectar a la carretera existente.

En las Tierras Altas del Interior, el área donde pasa la carretera esta formada por el Grupo Volcánico Terciario tales como el Grupo Matagalpa del Oligoceno-Mioceno Inferior y el Grupo Coyol Superior de la era del Plioceno en orden ascendente.

El Grupo Matagalpa, caracterizado por rocas piroclásticas intermedias-acídicas, tales como tobas riolíticas y riodacíticas con algunas lavas basálticas, andesíticas y brechadas, tobas aglomeradas de dacitas andesitas, areniscas tobáceas y brecha arenosa-arcillosa expuestas a lo largo de la carretera desde la intersección a la Planta Hidroeléctrica Carlos Fonseca, hasta la falla que pasa a 5 km al sur de la Cruz de la India. Las rocas que pertenecen al Grupo Matagalpa, están parcialmente alteradas por la diagénesis enterrada de la región y yacen discordantemente sobre lavas básicas del Grupo Coyol Inferior.

El Grupo Coyol Inferior, el cual consiste en lavas basálticas y andesitas-basálticas, andesitas-dacitas, tobas rio-dacíticas y tobas brechosas, aglomerados riolíticos y dacitos, etc, yace sobre la carretera al oeste del Grupo Matagalpa más allá de la falla anteriormente mencionada y continua hasta el punto ubicado a 45 km de la intersección a la Planta Hidroeléctrica Carlos Fonseca.

El extremo oeste de 1.5 km en las Tierras Altas del Interior está cubierto por una delgada capa de toba liparítica del Grupo Coyol Superior. Este grupo está compuesto de ignimbritas acídicas y forman una mesa como restos erosivos sobre el área de estudio junto al Grupo Coyol Inferior subyacente.

La correlación estratigráfica de las principales provincias geológicas de Nicaragua se muestran en la Tabla 2-9.

Tabla 2-9 La Correlación Estratigráfica de las Principales Provincias Geológicas de Nicaragua

EDAD		OESTE	CENTRO	ESTE	NORESTE
Q.	Holoceno	Volcanico y Aluvión	Aluvión	Aluvial y depósitos Residuales	
	Pleistoceno	Grupo Las Sierras	Volcanicos Indistintos		
TERCIARIO	Plioceno	Fm. El Salto	Grupo Coyol	Fm. Bluefields	Grupo Coyol
	Mioceno	Fm. El Fraile			
	Oligoceno	Fm. Masachapa	Grupo Matagalpa	Fm. Cukra	Grupo Matagalpa
	Eoceno	Fm. Brito			
	Paleoceno				
	CRETACEO	Superior	Fm. Rivas	Grupo Pre-Matagalpa	
Inferior		Complejo Nicoya en Costa Rica	? - - - - ?		Fm. Metapán

(ORIGINAL: Dr. M. DARCE Y OTROS 1989)

2.4.3 Estudios Geológicos y de Mecánica de Suelos Realizados

(1) Sondeos mecánicos

Se realizaron sondeos mecánicos en 3 sitios de la Carretera Managua-Masaya y 4 en la sección Nandaime-El Guanacaste.

a) Carretera Managua-Masaya

Se realizaron sondeos mecánicos incluyendo Ensayos de Penetración Estandar (de aquí en adelante llamadas SPT) en 3 puentes, ejemplo, el puente La Morita (estación 0+490), puente El Mirador (estación 2+250) y el puente El Arroyo (estación 8+170) para investigar la fundación de puentes nuevos. Entre ellos, el puente El Mirador está hecho de concreto. Los trabajos a ser ejecutados se resumen en la Tabla 2-10.

Tabla 2-10 Resumen de los Trabajos en los Puentes sobre la Carretera Managua-Masaya

Nombre del Lugar	Nº	Profundidad (m)	SPT (veces)	Fecha de Conclusión
1. Puente La Morita (estación 0+490),	1	15.24	9	23/09/93
	2	15.24	4	29/09/93
	3	15.00	6	28/09/93
	4	15.00	6	29/09/93
2. Puente El Mirador (estación 2+250)	1	15.12	23	24/09/93
	2	15.42	23	26/09/93
3. Puente El Arroyo (estación 8+170)	1	18.00	4	24/09/93
	2	18.00	6	25/09/93
	3	9.52	7	26/09/93
	4	20.00	4	24/09/93
Total	10	156.54	92	29/09/93

Las SPT se realizaron siguiendo las designaciones de AASHTO T 206-81, 1986. La toma de muestras se realizó por medio de un equipo de sondeo de doble tubo de tamaño N (Diámetro del agujero: 89 mm aproximadamente, tamaño de la muestra 50 mm aprox. Longitud 1.5 m). La recuperación de la muestra fue casi de un 100%, a excepción de algunas partes con gran fracturación.

Se envió un total de 49 muestras al laboratorio del Contratista para el ensayo del Peso Unitario y Húmedad Óptima.

b) Sección Nandaime-El Guanacaste

Se estudiaron 4 sitios, 3 de ellos para investigar las fundaciones de los puentes y 1 para el estudio de la fundación en la ribera.

En relación al estudio de la fundación de los puentes, 1) se realizó un total de 4 sondeos incluyendo un SPT en el puente La Ilusión aguas arriba del Río El Arroyo, 2) se realizaron 2 sondeos en el puente Mayarí y un SPT aguas arriba del puente, 3) se realizó un sondeo incluyendo un SPT en el puente San Caralampio. Los trabajos realizados en cada sitio se resumen en la Tabla 2-11.

Se envió un total de 59 muestras al laboratorio para los ensayos de peso unitario y humedad óptima.

Tabla 2-11 Resumen de los Trabajos en los Puentes de la Sección Nandaime-El Guanacaste

Nombre del Lugar	Nº	Profundidad (m)	SPT (veces)	Fecha de Conclusión
1. Puente La Ilusion	1	25.05	25	29/09/93
	2	25.25	31	03/10/93
	3	35.05	61	09/10/93
	4	35.05	53	06/10/93
2. Puente Mayari	1	15.18	17	03/10/93
	2	15.19	21	02/10/93
3. Puente San Caralampio	1	20.18	35	09/10/93
4. Ribera del Río Agua Agria	1	10.01	18	05/10/93
	2	10.42	19	06/10/93
	3	10.16	22	07/10/93
Total	10	201.54	302	09/10/93

(2) Sondeo de estructuras para el estudio geológico

Para estudiar las condiciones geológicas y la dureza de las rocas se llevaron a cabo los siguientes estudios:

- Estudio geológico de los cortes existentes en el talud lateral del puente El Arroyo (Carretera Managua-Masaya).
- Perforación de estructuras y estudio geológico en el Km 172. (Carretera Telica-San Isidro)
- Perforación de estructuras y estudio geológico en el Km 166. (Carretera Telica-San Isidro)

a) Estudio geológico en los cortes al norte del puente El Arroyo

La Misión de Estudio de JICA realizó un estudio geológico para la analizar la superficie de las rocas y su secuencia en el área al norte del puente El Arroyo (Est. 8+170), donde se ha programado un corte de grandes dimensiones. Se preparó una sección geológica esquemática en un nivel de 198.65 m sobre el mapa topográfico a escala 1/2000 (aproximadamente 95 m al norte del puente El Arroyo) para determinar programa de corte.

b) Sondeo y estudio geológico en el Km 172

Se ha programado una modificación de la curva pronunciada existente en el área desde el km 171.568 a 172.994. Se han obtenido un total de 56.46 m de alma de roca para muestreo de 4 sondeos en tres sitios en esta área para investigar la dureza de las rocas a ser cortadas. Se realizó además una investigación geológica superficial para confirmar la relación entre cada sitio.

c) Sondeo y estudio geológico en el Km 166

Como los barrancos a los lados de la carretera a ser cortados, son muy profundos y parecen ser duros, se perforó un total de 66.7 m en 5 sondeos distribuidos en 3 sitios además de una investigación geológica para relacionar la geología de cada sitio. Se realizó entre éstas un sondeo de 20.18 m de profundidad para conocer la vez la fundación en la ribera. La Tabla 2-12 muestra un resumen del registro estadístico de los sondeos realizados.

Tabla 2-12 Resumen de los Trabajos de Perforación de Estructuras

Nombre del Lugar	Nº	Profundidad (m)	Fecha de Conclusión	Observaciones
2. Km-172	1	15.00	12/10/93	-
	2	10.00	11/10/93	-
	3	15.00	16/10/93	-
	4	16.46	14/10/93	-
3. Km-166	1	15.73	08/10/93	-
	2	10.06	04/10/93	-
	3	10.24	09/10/93	-
	4	10.67	11/10/93	-
	5	20.00	16/10/93	Lecho

(3) Estudio de agregados

Se seleccionaron como fuente de abastecimiento de materiales para ser utilizados en pavimentos, dos canteras de grava existentes: 1) Cantera de PROINCO, ubicada en Veracruz para las Carretera Managua-Masaya, Carretera Managua-Tipitapa y Carretera Nandaime-San Benito y 2) Cantera Cosmapa, ubicada en Chinandega, para la Carretera Telica-San Isidro. Se tomaron muestras de 50 kg del material de cada una de las canteras para los ensayos de laboratorio, tales como los de granulometría, absorción de agua y

abrasión o desgaste de Los Angeles. La ubicación de ambas canteras se muestra en la Figura 2-2.

(4) Estudio de materiales del subsuelo

Como fuentes de materiales para el subsuelo se seleccionaron dos canteras: 1) una cantera existente al sur de San Luis (de aquí en adelante denominada como San Luis), para las Carretera Managua-Masaya, Carretera Managua-Tipitapa y Carretera Nandaine-San Benito y 2) una cantera existente en San Jacinto para la Carretera Telica-San Isidro. Se tomaron muestras de 30 kg de cada uno de los bancos para los ensayos de laboratorio, tales como humedad natural, límites de Atterberg, granulometría, CBR después de 4 días de saturación. La ubicación de ambos bancos se muestra en la Figura 2-2.

(5) Estudio del subsuelo de la carretera existente

Para el estudio del subsuelo de la carretera existente se seleccionó un total de 20 sitios que se muestran en la Figura 2-2. Sin embargo, no se realizó muestreo para el ensayo de CBR para la sección Managua-Masaya debido a que el MCT tiene un estudio realizado en el año 1992. Los ensayos de CBR se realizaron en 20 puntos.

Las muestras se tomaron de la base, subbase y del terraplén; se realizaron los ensayos de granulometría, límites Atterberg, humedad natural, clasificación HRB (Highway Research Board) y CBR. Durante la toma de muestras también se midió el espesor de la capa asfáltica.

(6) Ensayos de laboratorio

Los ensayos se realizaron en el laboratorio del Contratista siguiendo las normas ASTM y AASHTO tal como muestra la Tabla 2-13.

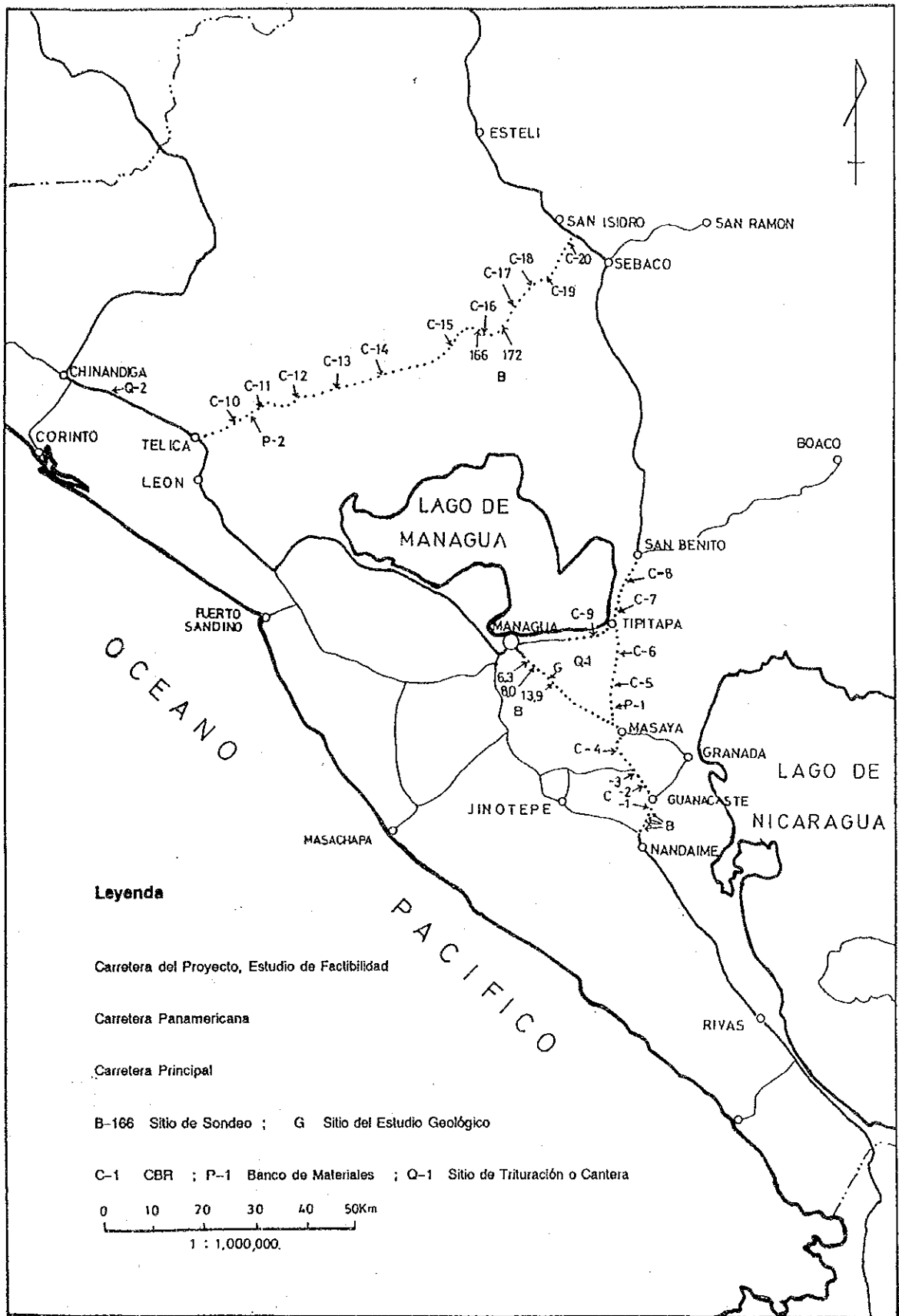


Figura 2-2 Mapa del Estudio Geológico y de Suelos

Tabla 2-13 Contenido de los Ensayos de Laboratorio

Ensayo	Sondeo	Cantera (Roca)	Banco de Material	Subsuelo	Observaciones
* Peso unitario	95	4	-	-	AASHTO:T-100-86; ASTM:C-97
* Humedad	146	-	4	20	AASHTO:T-93-86; ASTM:D-2216
* Límites de Atterberg	-	-	4	20	AASHTO:T-89-86;ASTM:D-423 AASHTO:T-90-86;ASTM:D-424
* Granulometría	-	4	4	20	AASHTO:T-88-86;ASTM:D-422 AASHTO:T-27-84;ASTM:C-136
* CBR (4 días de saturación)	-	-	4	20	AASHTO:T-193-81; ASTM:D-1883
* Compactación	-	-	4	20	AASHTO:T-99-86
* Absorción de agua	-	4	-	-	AASHTO:T-85-85; ASTM:C-127
* Abrasión Los Angeles	-	4	-	-	AASHTO:T-96-83; ASTM:C-131

2.4.4 Resultados e Interpretación de los Trabajos

(1) Investigación de las fundaciones de los puentes

a) Carretera Managua-Masaya

① Puente La Morita

Se perforó un total de 60.48m en 4 pozos, incluyendo ensayos SPT como se muestra en la Figura 2-3.

En este sitio se observó una afloración en la parte derecha del curso del río, donde yace una capa de arena volcánica granular de color gris (0.9 m) posiblemente del Holoceno, bajo la superficie de suelo margoso (1.0 m). La arena volcánica granular yace discordantemente sobre una serie de capas, formada por un lecho de escoria negra (0.4 m) y esquisto de barro tobáceo grisáceo (0.3 m), en orden descendente.

Se perforaron 4 pozos a nivel del río el cual está a 4 m bajo el nivel de la carretera. El suelo superficial varía de 1.4 a 2.31 m de espesor tal como muestra la Figura 2-5. Bajo el suelo superficial yacen capas volcánicas del Grupo Las Sierras Superior que consisten en tufitas masivas duras y compactas y tufitas arenosas intercaladas con arena volcánica rica en escoria. Por tanto, los valores de N, incrementan rápidamente de 30 a 50 en cada pozo. El valor más bajo de N encontrado en la arena rica en escoria suelta fue en los pozos No 1 y 3 el cual fue de 30. El esquisto de barro tobáceo y compacto bajo el suelo superficial o bajo las capas de escoria ha mostrado valores mayores a 50. Las capas volcánicas del

Grupo Las Sierras Superior, resultan ser adecuadas para ser esparcidas en las fundaciones de concreto del puente.

Los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas en este punto se muestran en la Tabla 2-14.

Tabla 2-14 Resultados de los Ensayos de Laboratorio Puente La Morita

Sondeo N°	Muestra N°	Profundidad (m)	Tipo de Suelo y Roca	Peso Unitario Natural γ_m (kg/m ³)	Humedad (%)	Peso Unitario Seco, γ_d (kg/m ³)
1	1	0.00-2.31	Suelo Sup	1,514	23.0	1,231
1	2	2.31-3.66	Cap. Esc	-	11.9	-
1	3	3.66-5.48	Tufita	1,862	29.3	1,440
1	4	5.48-13.29	Tufita	1,932	24.1	1,557
1	5	13.29-14.63	Tuf/Esc	1,683	44.6	1,164
1	6	14.63-15.24	Tuf/Esc	1,682	28.5	1,309
2	1	0.00-0.40	Suelo Sup	1,854	26.2	1,469
2	2	0.40-2.31	Tufa Med.	1,952	33.8	1,459
2	3	2.31-9.75	Tuf/Esc	2,046	23.5	1,657
2	4	9.75-11.58	Tuf/Pom	1,517	43.9	1,054
2	5	11.58-15.24	Tufita	1,677	24.6	1,346
3	1	0.00-0.45	Suelo Sup	1,578	23.1	1,282
3	2	0.45-0.75	Suelo Sup	1,997	33.7	1,494
3	3	1.65-2.10	Cap. Esc	1,821	28.5	1,417
3	4	2.10-2.55	Cap. Esc	1,982	25.2	1,583
3	5	3.95-4.35	Tufita	1,787	20.4	1,484
3	6	4.35-4.95	Tufita	2,124	34.8	1,576
4	1	0.90-1.36	Suelo Sup	-	19.5	-
4	2	2.08-2.54	Tufa Med	1,721	27.5	1,350
4	3	3.00-3.40	Arena Volc	1,890	26.6	1,493
4	4	4.10-5.00	Tufita	1,740	18.3	1,471

⊙ Puente El Mirador

Se perforó un total de 30.54 m incluyendo los ensayos SPT realizadas en 2 pozos como se muestra en la Figura 2-4. Ambos pozos están ubicados cerca del curso de agua el cual está un poco más alto que el lecho del río y a unos 3.5 m bajo el nivel de la carretera. Después del suelo superficial con un espesor de 0.45 m en ambos pozos se encontró un lodo arenoso tobáceo, medio suave, con escoria y granos de pómez con un espesor de 5 a 5.5 m (valor promedio de N es 9) y cambia gradualmente aproximadamente a 2.25 m de espesor con valores de N mayores a 36 y esquisto de arcilla de 2.5 a 3 m con valores N mayores que 37 como muestra la Figura 2-6. El esquisto de arcilla volcánica compacta masiva subyacente, resultó ser más duro que las capas anteriores por lo que no es aplicable para ensayos SPT.

La fundación de la estructura deberá ser construida a unos 5.5 m de profundidad bajo la superficie del nivel de la perforación. Como la profundidad superior de la fundación es de 5.5 m aproximadamente, o sea 10 m sobre el nivel de la carretera, es preferible realizar un estudio comparativo para determinar si el tipo de estructura adecuada, si la fundación con pilotes o las zapatas llanas.

Los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras tomadas en este sitio se muestran en la Tabla 2-15.

Tabla 2-15 Resultado de Ensayo de Laboratorio de las Muestras del Puente El Mirador

Sondeo N°	Muestra N°	Profundidad (m)	Tipo de Suelo y Roca	Peso Unitario Natural γ_m (kg/m ³)	Humedad (%)	Peso Unitario Seco, γ_d (kg/m ³)
1	1	0.00-3.60	Tb.ld,ar	1,816	27.7	1,422
1	2	6.40-8.23	Ar.vol	1,763	24.3	1,418
1	3	8.23-9.63	Tb.ld c/esc	1,972	36.2	1,448
1	4	9.63-10.06	Tb.ld,ar	2,047	14.8	1,783
1	5	10.06-10.97	Tb.ld,ma	1,785	34.2	1,330
1	6	11.46-15.12	Ar.vol	2,388	28.1	1,864
2	1	0.00-1.40	Sue.sup	1,789	30.6	1,370
2	2	1.40-4.57	Tb.ar,ld	1,804	39.2	1,396
2	3	4.57-5.48	Tb.ar,ld	1,583	22.7	1,290
2	4	5.48-7.80	Ar.vol c/esc	-	29.2	-
2	5	7.80-10.06	Tb.ld,ars	1,462	10.2	1,327
2	6	10.06-11.46	Tb.ld.mas	1,872	27.9	1,464
2	7	11.46-15.42	Tb.ld.mas	2,214	21.6	1,821

③ Puente El Arroyo

En este caso se perforó un total de 65.52 m incluyendo los ensayos SPT por medio de 4 pozos como se muestra en la Figura 2-7. En el sondeo N° 3 se encontró una serie de capas volcánicas de una toba brechosa dura y compacta (1.0 m), arena con escoria suelta (1.6 m), arenisca volcánica lapilli dura, compacta y lodosa (1.1 m), arenisca volcánica con lapilli (2.3 m) y una toba soldada muy compacta (1.4 m), en orden ascendente, expuestas desde el nivel del río hasta 1.6 m bajo el nivel de la carretera.

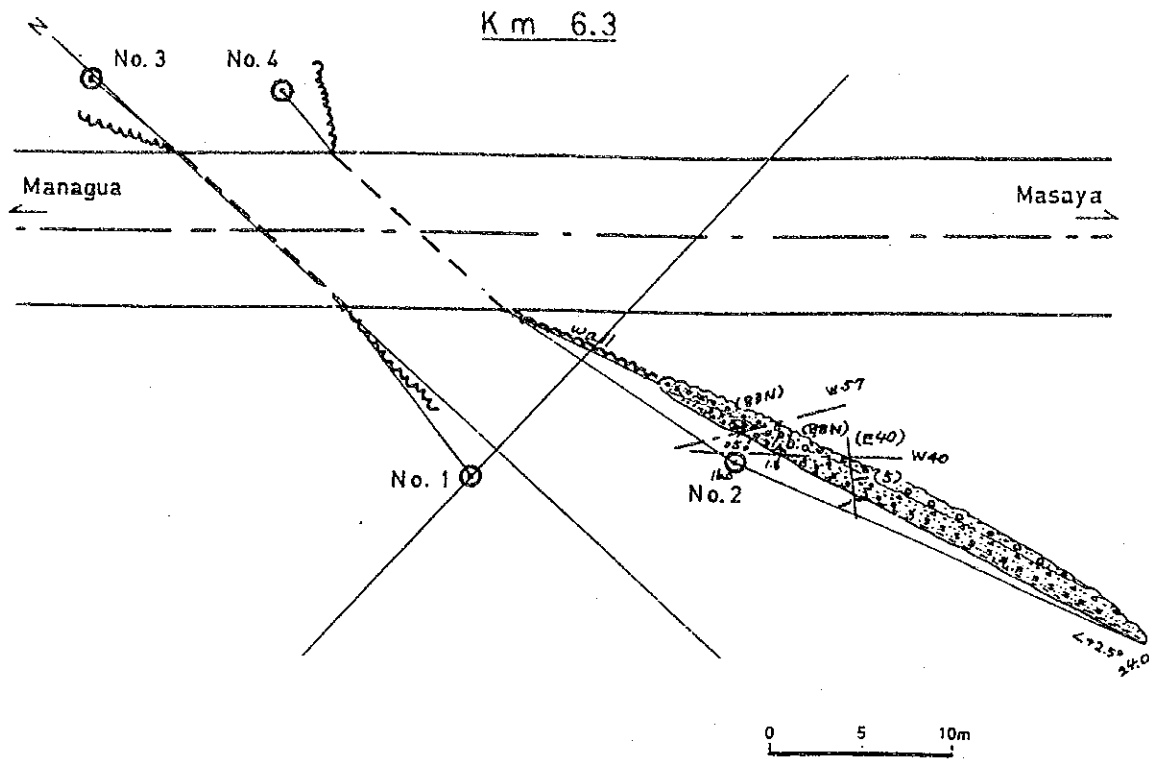


Figura 2-3 Ubicación de los Sondeos del Puento La Morita de la Carretera Managua-Masaya

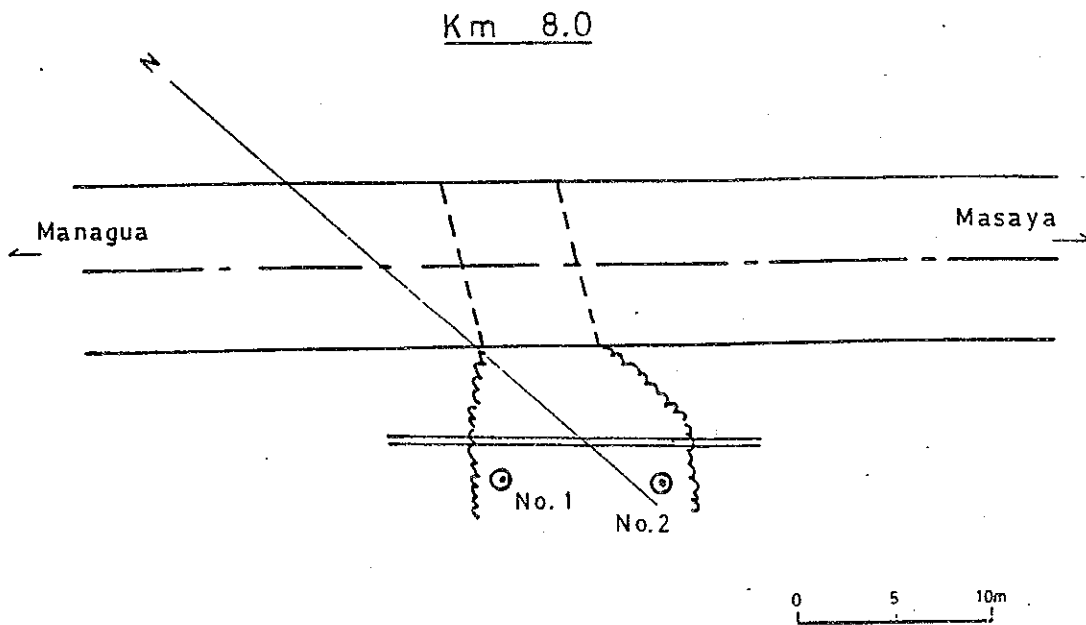
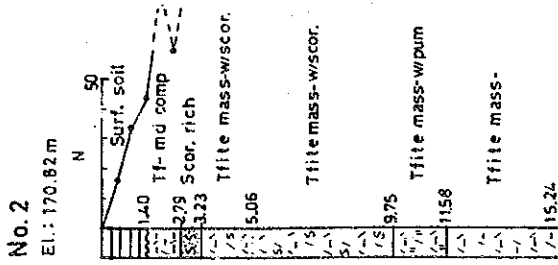
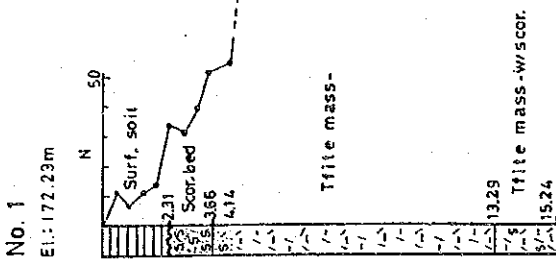


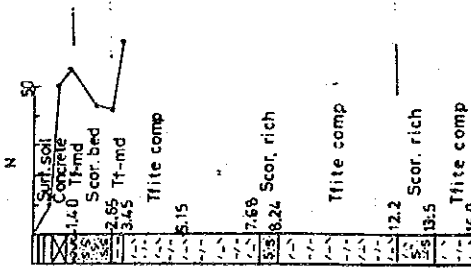
Figura 2-4 Ubicación de los Sondeos del Puento El Mirador de la Carretera Managua-Masaya

Sección No. 3-1



No. 3

El.: 170.38m



Sección No. 4-2

No. 4

El.: 170.67m

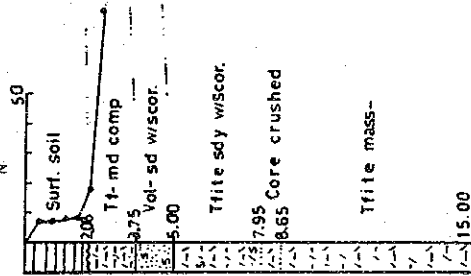


Figura 2-5 Perfil de Suelos en el Puento La Morita de la Carretera Managua-Masaya

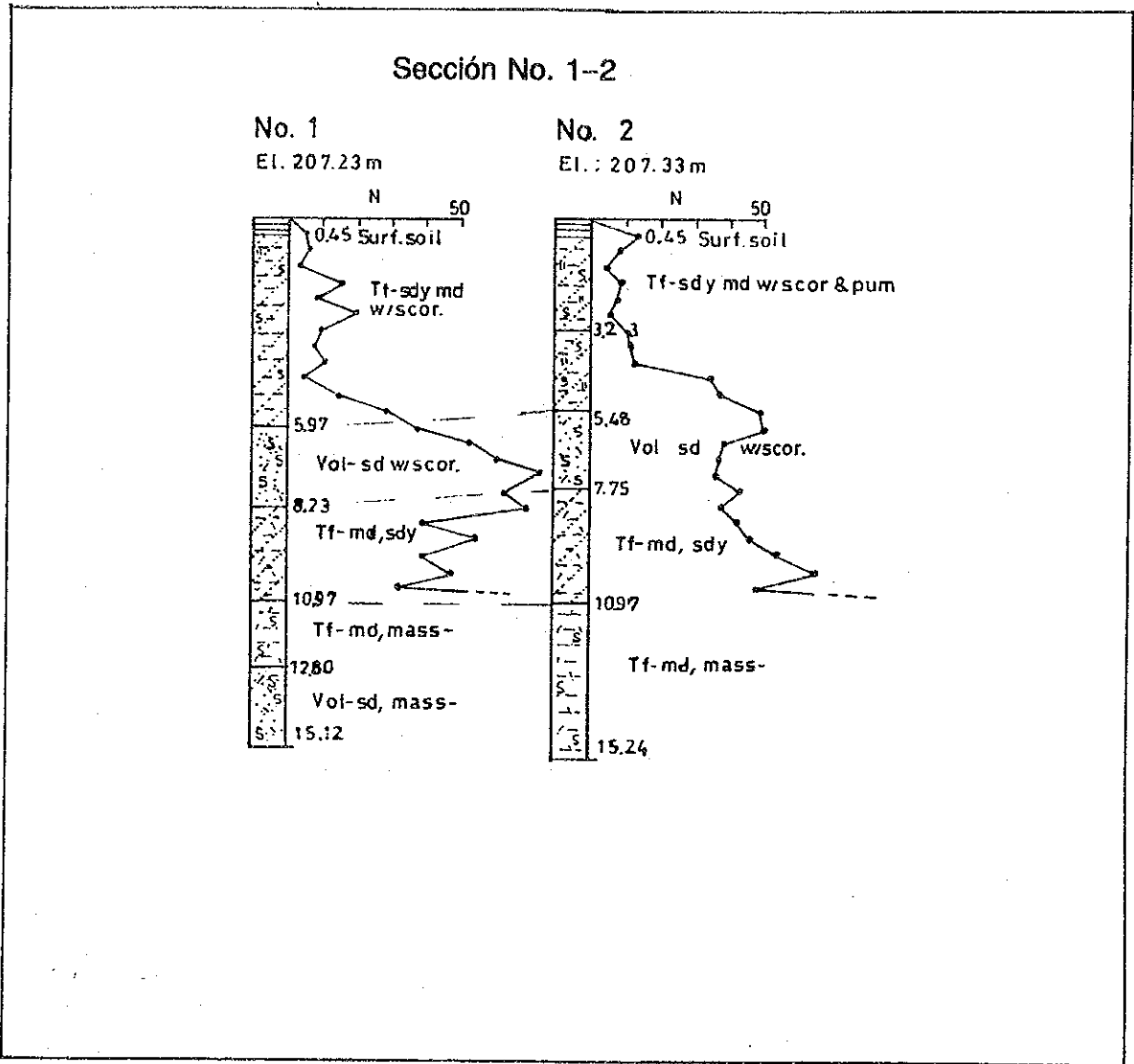


Figura 2-6 Perfil de Suelos en el Puento El Mirador de la Carretera Managua-Masaya

Todos los sondeos se realizaron a nivel del río, el cual está aproximadamente a 10 m bajo la parte superior del puente. Los depósitos superficiales sobre el río tienen un espesor de 0.45m con cada sondeo como muestra la Figura 2-8. Bajo la capa de depósitos de río se encuentra una capa de arena volcánica guijarrosa la cual muestra un valor de N de 10 a 20 o más y un espesor de 1.5 a 2.5 m. La arena volcánica guijarrosa yace sobre la capa de toba soldada dura, compacta y masiva de 18 m de espesor.

La toba soldada dura, compacta y masiva que yace 2 ó 3 m bajo el nivel del río es adecuada para fundaciones con zapatas llanas corridas.

Los resultados de los ensayos de laboratorio practicados a las muestras obtenidas en este sitio se resúmen en la Tabla 2-16.

Tabla 2-16 Resultados de los Ensayos de Laboratorio de las Muestras del Puente El Arroyo

Sondeo N°	Muestra N°	Profundidad (m)	Tipo de Suelo y Roca	Peso Unitario Natural ym (kg/m³)	Humedad (%)	Peso Unitario Seco, yd (kg/m³)
1	1	0.90-1.35	Ar.vol	1,758	11.7	1,574
1	2	2.35-2.60	Ar.vol.g	2,346	4.5	2,246
1	3	2.80-3.10	Tb.sold	1,312	6.9	1,227
1*	4	7.10-7.80	Tb.sold	1,864	25.5	1,485
2*	1	8.50-9.40	Tb.sold	1,681	3.8	1,619
2*	2	15.40-18.00	Tb.sold	1,668	6.2	1,571
3	1	0.46-0.92	Ar.vol	1,715	12.3	1,527
3	2	1.38-1.84	Ar.vol	-	15.0	-
3	3	2.30-2.76	Ar.vol.g	-	30.1	-
3	4	2.91-3.06	Tb.sold	1,496	3.9	1,439
3*	5	8.52-9.52	Tb.sold	1,706	5.1	1,623
4	1	1.15-1.35	Ar.vol.g	-	13.2	-
4	2	1.83-2.00	Ar.vol.g	-	12.4	-
4*	3	2.90-3.90	Tb.sold	1,717	3.3	1,662
4*	4	19.50-20.00	Tb.sold	1,531	4.0	1,472

Nota : * - Muestras analizadas con ensayos de humedad y peso unitario.

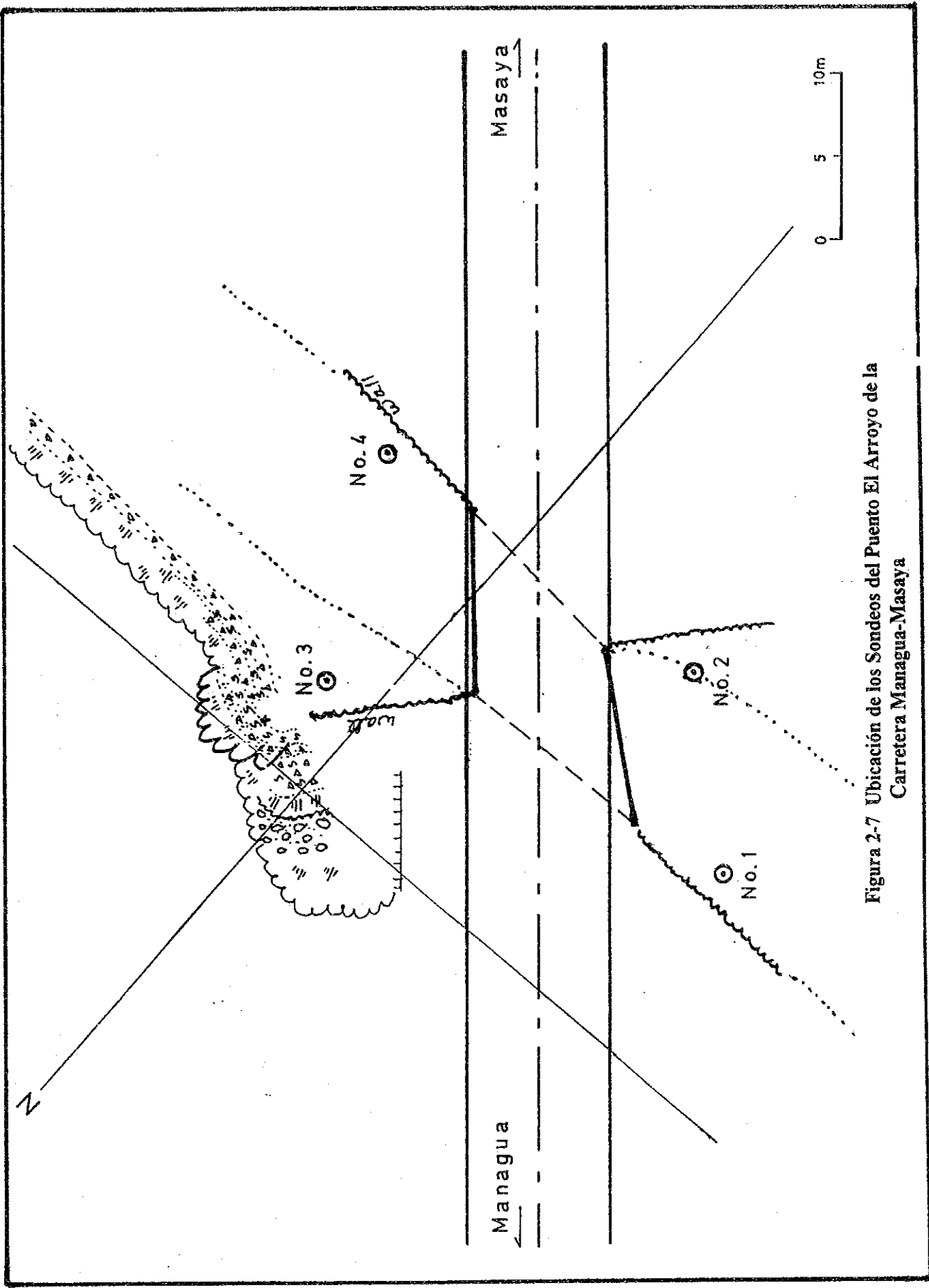


Figura 2-7 Ubicación de los Sondeos del Puento El Arroyo de la Carretera Managua-Masaya

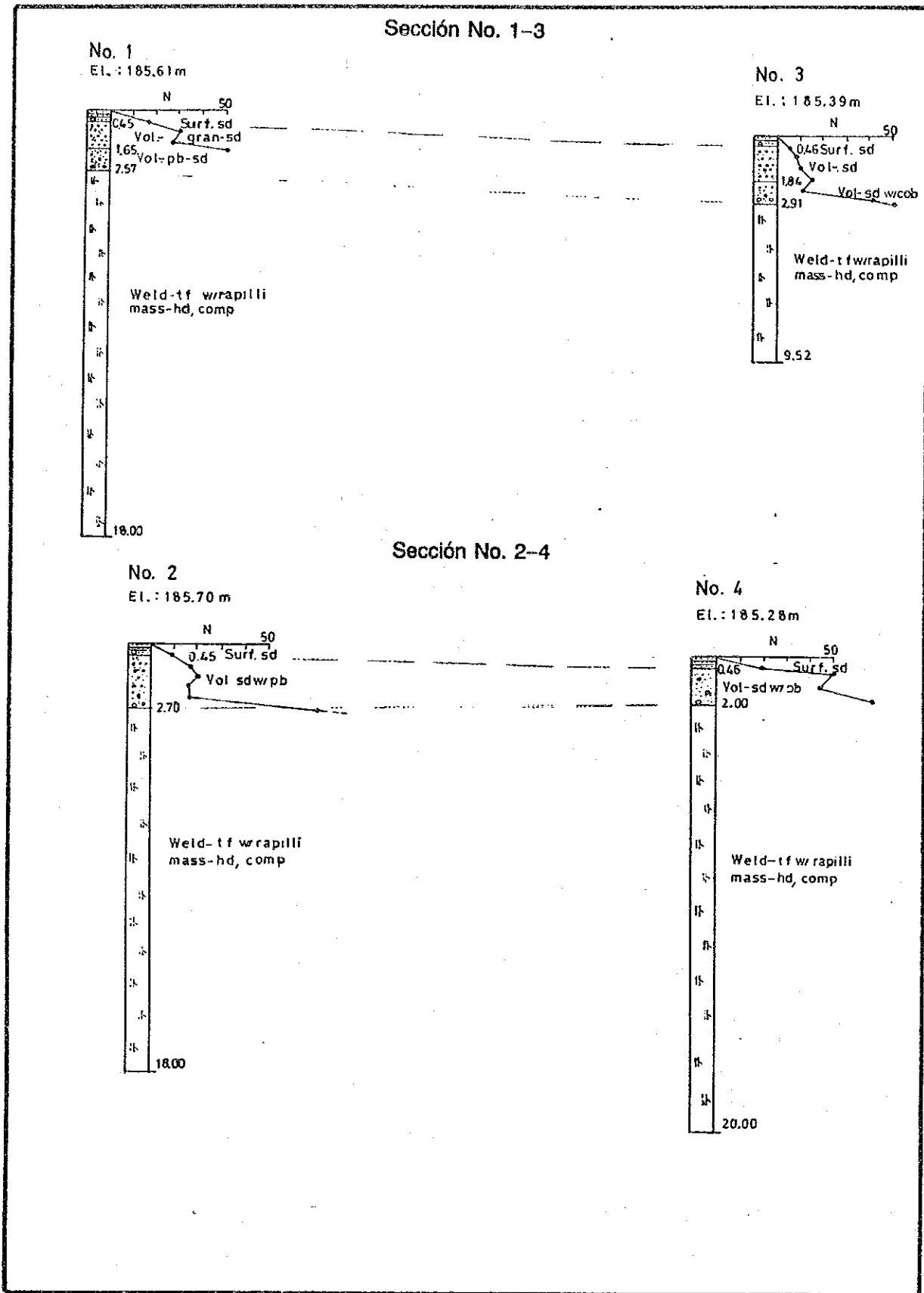


Figura 2-8 Perfil de Suelos en el Puesto El Arroyo de la Carretera Managua-Masaya

b) Tramo Nandaime-El Guanacaste

⊙ Puente La Ilusión

Se perforó un total de 120.4 m incluyendo la prueba SPT en 4 pozos como se muestra en la Figuras 2-9, 2-10 y 2-11. Los pozos No 1 y 2 se perforaron a nivel del río y los No 3 y 4 se perforaron a nivel de la carretera a 4.8 m sobre el nivel del río.

En los pozos perforados a nivel de la carretera, se encontraron capas de suelo margoso a una profundidad de 2 a 2.8 m. A esta profundidad existe una capa cuyo espesor varía entre 5 y 7 m, compuesto de arena volcánica medio compacta de grano grueso, ubicada a una profundidad que oscila entre 2.2 y 2.7 m bajo el nivel del río, los valores N de ésta son mayores que 50. Esta capa es una buena base para fundaciones de zapatas llanas corridas, aunque en el pozo N° 4 se intercala una parte medio dura con valores promedio de N igual a 30 bajo una capa de toba lapili arenosa, dura y fina de 2.5 m de espesor (N mayor que 50). Los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas en este sitio se muestran en la Tabla 2-17.

Tabla 2-17 Resultados de los Ensayos de Laboratorio de las Muestras del Puente La Ilusión

Sondeo N°	Muestra N°	Profundidad (m)	Tipo de Suelo y Roca	Peso Unitario Natural γ_m (kg/m ³)	Humedad (%)	Peso Unitario Seco, γ_d (kg/m ³)
1	1	0.90-1.35	Ar.v-c-g	-	16.7	-
1	2	2.25-2.70	Comp.ar.vol	1,943	23.4	1,574
1	3	6.45-6.70	Comp.tb.com	1,764	30.5	1,351
1	4	8.00-8.70	Tufita	1,708	31.7	1,297
1	5	11.60-11.80	Tufita	1,870	26.4	1,480
1	6	16.00-16.20	Tuf.comp.	1,706	41.5	1,206
1	7	24.10-24.30	Tuf.ar	1,606	56.7	1,025
2	1	1.80-2.25	Ar.vol	1,670	33.2	1,254
2	2	2.80-2.90	Ar.vol,vc	2,070	17.9	1,756
2	3	11.00-11.10	Tufita	1,855	25.2	1,482
2	4	21.30-21.40	Tufita	1,648	48.3	1,111
2	5	24.40-24.50	Tufita	1,713	45.5	1,177
3	1	1.40-1.50	Sue.sup.	1,708	29.1	1,324
3	2	3.20-3.30	Ar.vol	1,780	28.5	1,385
3	3	14.00-14.10	Tb.comp.	1,578	26.0	1,253
3	4	32.60-32.70	Tb.fina	1,843	34.6	1,369
4	1	1.40-1.50	Sue.sup.	1,729	31.0	1,320
4	2	2.50-2.60	Ld.c/mar	1,710	32.5	1,290
4	3	3.15-3.60	Ar.vol	-	8.0	-
4	4	4.50-4.95	Ar.vol	-	4.9	-
4	5	8.25-8.70	Ar.vol	-	16.0	-
4	6	25.80-25.90	Tb.fina	1,588	52.9	1,039
4	7	33.60-33.70	Tufita	1,707	48.3	1,151

Sección No. 1-3

No. 3

El.: 173.67m

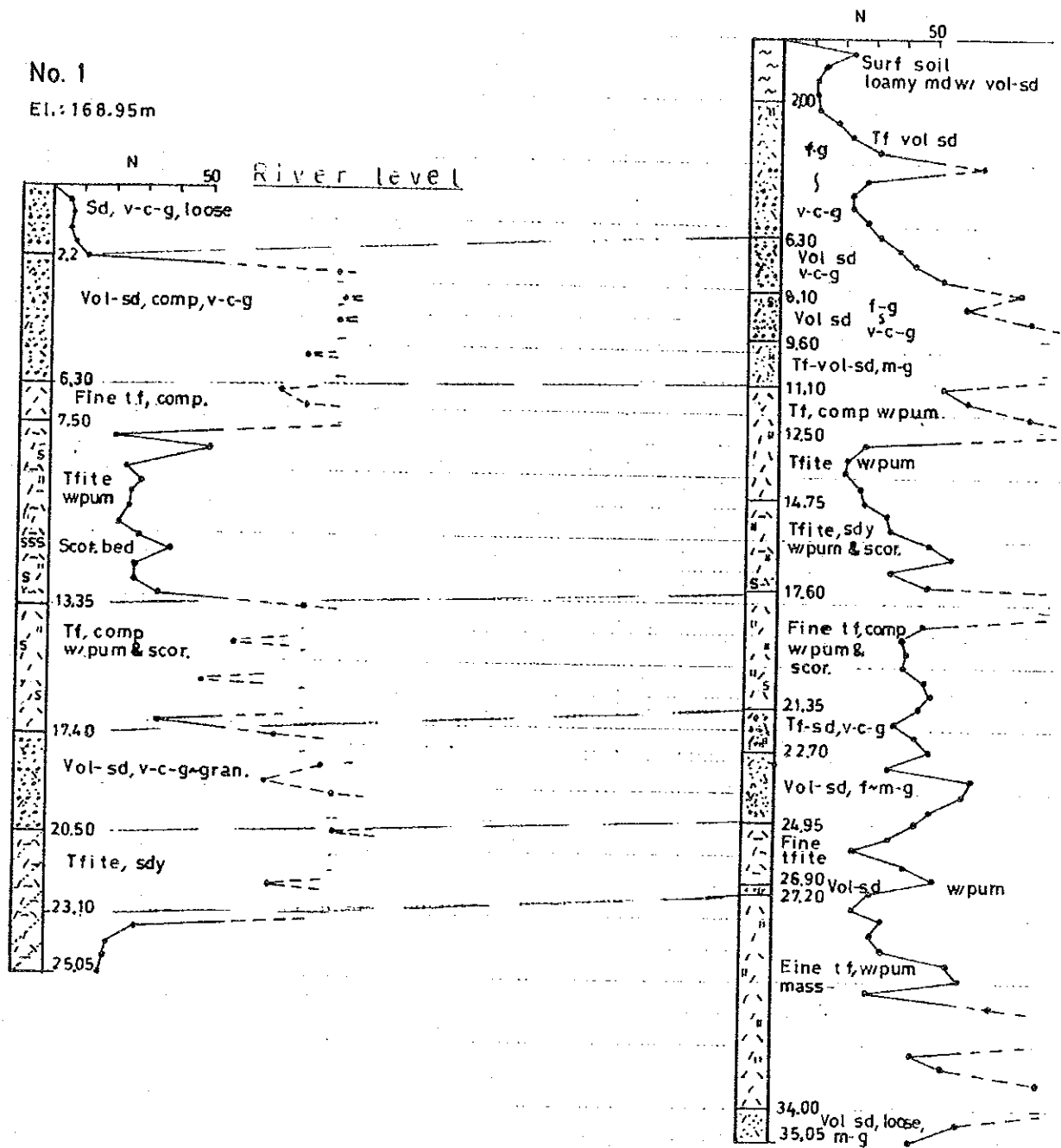


Figura 2-10 Perfil de Suelos en el Punto de Emplazamiento del Puente La Ilusión (1)

Sección No. 2-4

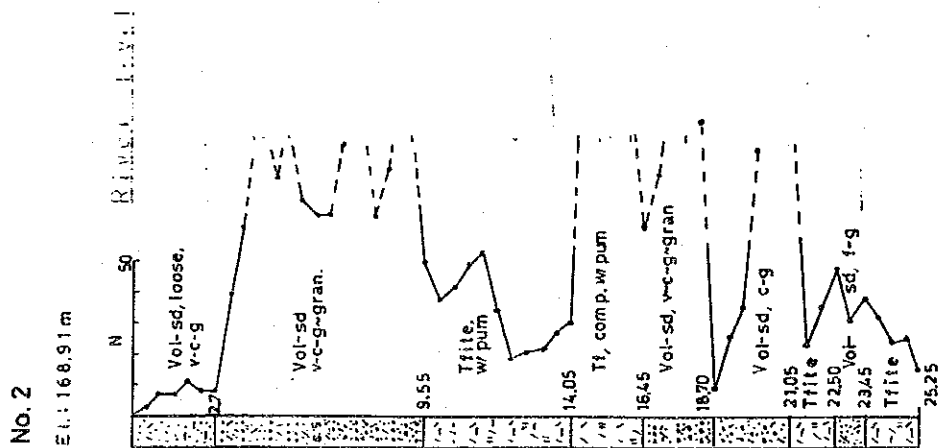
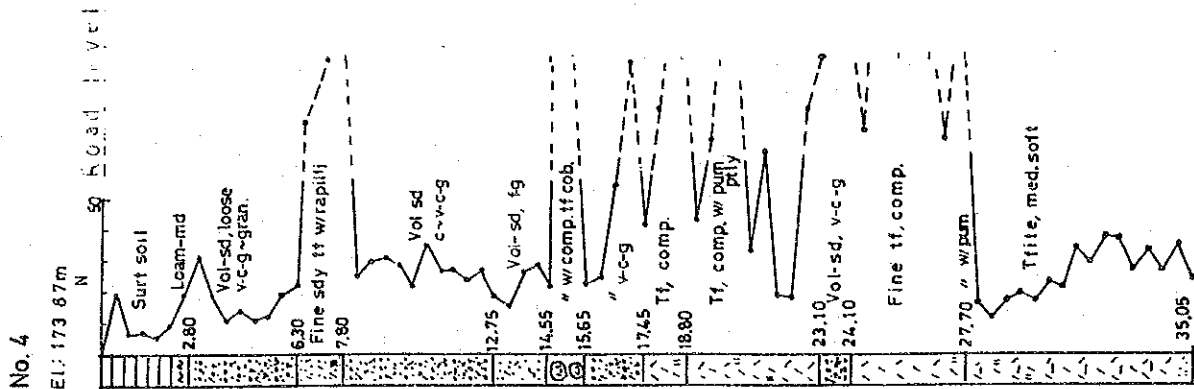


Figura 2-11 Perfil de Suelos en el Punto de Emplazamiento del Puente La Ilusión (2)

© Puente Mayarí

Se perforó un total de 30.37 m incluyendo los ensayos SPT realizadas en dos sondeos como muestra la Figura 2-12. Ambos pozos fueron perforados sobre la ribera del río. El sondeo No 1 encontró una capa de arena granular con un valor promedio de N mayor que 30 a los 1.8 m y continua hasta una profundidad de 9 m como se ilustra en la Figura 2-13. Sin embargo, la capa que muestra más de 30 m resulta ser más profunda aproximadamente 1.2 m en el sondeo No 2. Consecuentemente, la superficie de la capa rígida que es buena para zapatas llanas puede ser mejor ubicada a un nivel de 3 m debajo del nivel del lecho del río.

Los resultados de los ensayos de laboratorio para las muestras obtenidas en el sitio se muestran en la Tabla 2-18.

Tabla 2-18 Resultados de los Ensayos de Laboratorio de las Muestras del Puente Mayarí

Sondeo N°	Muestra N°	Profundidad (m)	Tipo de Suelo y Roca	Peso Unitario Natural γ_m (kg/m ³)	Humedad (%)	Peso Unitario Seco, γ_d (kg/m ³)
1	1	0.92-1.38	Granito	-	8.4	-
1	2	2.76-3.22	Ar.vol	1,610	10.7	1,454
1	3	5.06-5.98	Tf.comp	-	43.6	-
1	4	6.88-7.34	Tb.ar	-	26.6	-
1	5	8.72-9.18	Tb.ar.	1,520	39.7	1,088
1	6	9.58-9.93	Tb.comp	-	21.3	-
1	7	10.93-11.53	Tb.comp	-	33.7	-
2	1	0.92-1.38	Ld.ar.	-	20.8	-
2	2	1.84-2.30	Ld.ar.	1,686	34.9	1,250
2	3	2.30-3.15	Ar.vol.	-	28.0	-
2	4	3.99-4.45	Ar.vol.	-	17.5	-
2	5	4.90-5.20	Tb.comp	-	10.9	-
2	6	6.10-6.65	Ar.vol	-	20.4	-
2	7	7.28-7.74	Ar vol	-	28.3	-
2	8	8.09-8.34	Tb.ar.	-	31.0	-
2	9	9.30-9.76	Tb.ar.	1,990	33.3	1,493
2	10	12.37-12.82	Tb.ar	-	30.6	-

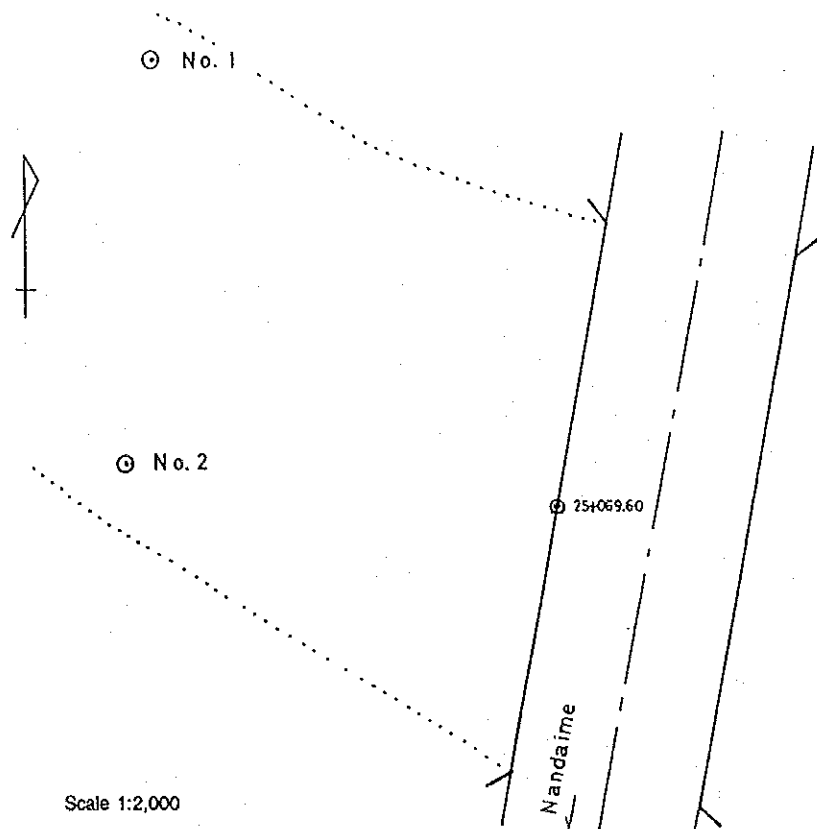


Figura 2-12 Ubicación de los Sondeos de Puente Mayari

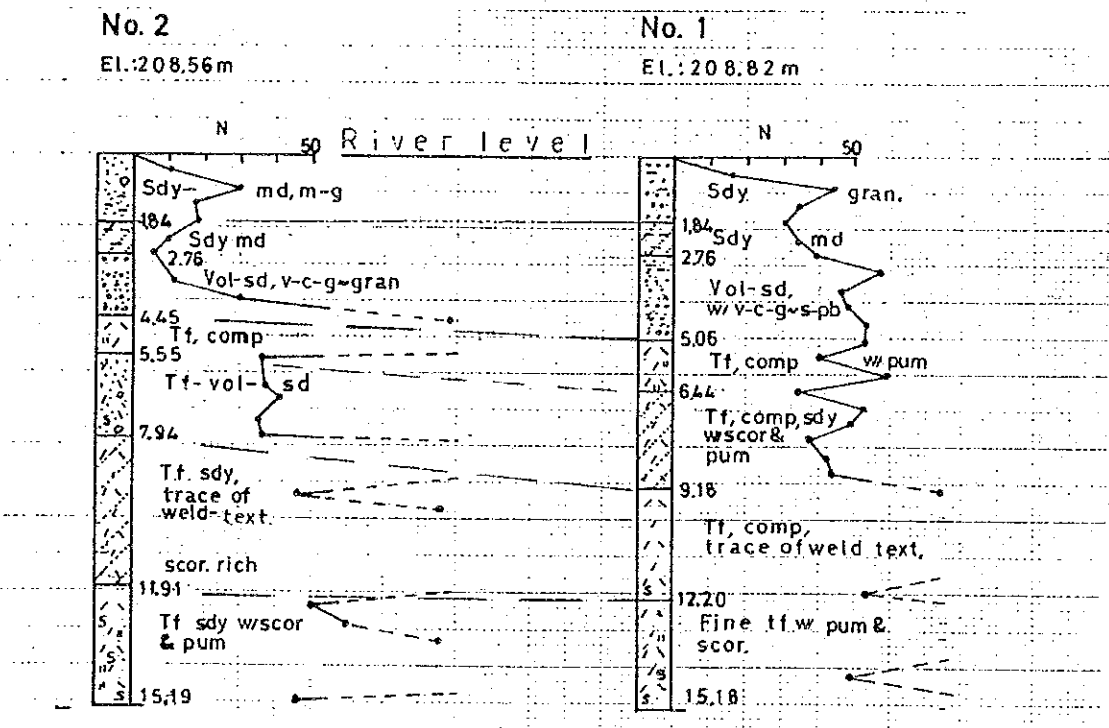


Figura 2-13 Perfil de Suelos en el Punto de Emplazamiento del Puente Mayari

③ Puente San Caralampio

Este punto se ubica a unos 3.7 km de la intersección Santa Ana al norte de Nandaimé. Se realizó una perforación de 20.18 m cerca de un pequeño puente como se muestra en la Figura 2-14. El propósito de este sondeo es conocer el suelo y la roca que constituyen el lecho de la carretera y el banco del río, porque la formación geológica en esta área está constituida por material suelto que induce a desordres notables del río o sobre el banco de éste.

La superficie consiste en 4.05 m de un material para relleno que incluye bolones basálticos. Se encontró que bajo el material de relleno, yace una capa de marga de 1.8 m de espesor el cual parece ser el suelo superficial, antes del relleno. Bajo la marga arenosa yacen una serie de capas volcánicas tales como tufita arenosa con pómez, tufita con escoria y tufita con escoria y pómez en orden descendente. Los valores de N cambian gradualmente de 10 a 20 y de 20 a 30 entre los 4.05-12.0 m de profundidad y alcanza valores de N mayores a 50 a una profundidad de 12 m, en la parte superior de la tufita rica en escoria se podría construir una fundación de estructuras apesar de la existencia de muchas intercalaciones de partes relativamente suaves. (Ver Figura 2-15).

Los resultados de los ensayos de laboratorio practicados a las muestras obtenidas en este sitio se muestran en la Tabla 2-19.

Tabla 2-19 Resultados de los Ensayos de Laboratorio de las Muestras del Puente San Caralampio

Sondeo N°	Muestra N°	Profundidad (m)	Tipo de Suelo y Roca	Peso Unitario Natural γ_m (kg/m ³)	Humedad (%)	Peso Unitario Seco, γ_d (kg/m ³)
1	1	0.46-0.92	Mat.rell	-	27.2	-
1	2	3.30-3.60	Mat.rell	1,458	59.3	915
1	3	5.88-5.98	Tf.ar c/pom.	-	50.7	-
1	4	9.11-9.57	Tf.ar	-	26.2	-
1	5	12.63-13.09	Tf c/esc**	1,470	10.9	1,326

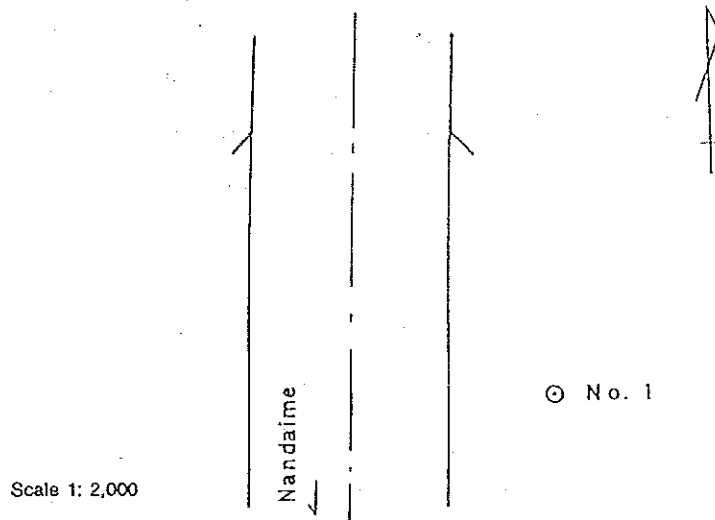


Figura 2-14 Ubicación del Sondeo de Puente San Caralampio, Nabndaime

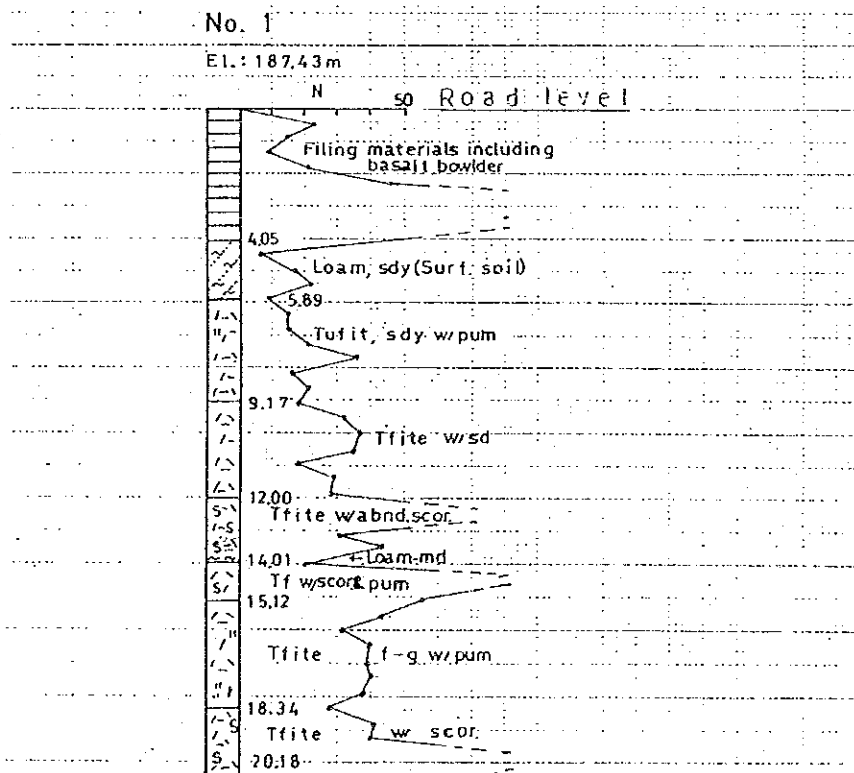


Figure 2-15 Perfil Esquemático de Suelo cerca en el de Puente San Caralampio, Nabndaime

④ Ribera del Río Agua Agría

Este sitio se localiza a 3.4 km de la intersección de Santa Ana al norte de Nandaime. Se perforó un total de 30.59 m en 3 pozos en la ribera del Río Agua Agría donde se observa que el río ha sido erosionado notablemente. La ubicación de los pozos se muestra en la Figura 2-16.

Ambos pozos se encontraron con una capa rígida de 1.5 a 4 m de espesor, con valores de N entre 30 y 50 a 1 m de profundidad de la ribera como se muestra la Figura 2-17. Sin embargo, el espesor de la capa rígida en el pozo N° 1 es menor de 2 m. Por tanto, se tendrá que considerar para el terraplén.

Los resultados de los ensayos de laboratorio practicados a las muestras obtenidas en este sitio se muestran en la Tabla 2-20.

Tabla 2-20 Resultados de los Ensayos de Laboratorio de las Muestras del lecho del Río Agua Agría

Sondeo N°	Muestra N°	Profundidad (m)	Tipo de Suelo y Roca	Peso Unitario Natural γ_m (kg/m ³)	Humedad (%)	Peso Unitario Seco, γ_d (kg/m ³)
1	1	1.38-1.84	Ld.ar	-	21.0	-
1	2	3.22-3.68	Tb.ld	-	42.3	-
1	3	5.87-6.33	Tb.ar.ld	-	29.2	-
1	4	7.25-7.71	Tb.ar.ld	-	29.9	-
2	1	0.46-0.92	Ar.sup.	2,015	16.9	1,723
2	2	3.22-3.68	Tufita	1,666	38.9	1,199
2	3	4.60-5.06	Ld.ar	-	17.1	-
2	4	9.04-9.50	Tufita	1,614	23.0	1,312
3	1	0.46-0.92	Ar.sup.	-	11.1	-
3	2	1.84-2.30	Ar.vol	-	31.5	-
3	3	3.22-3.68	Ar.vol	-	31.9	-
3	4	4.60-5.06	Tf.md.ar	-	30.7	-
3	5	5.98-6.48	Tf.md.ar	1,768	34.5	1,315

Sección No. 3-2-1

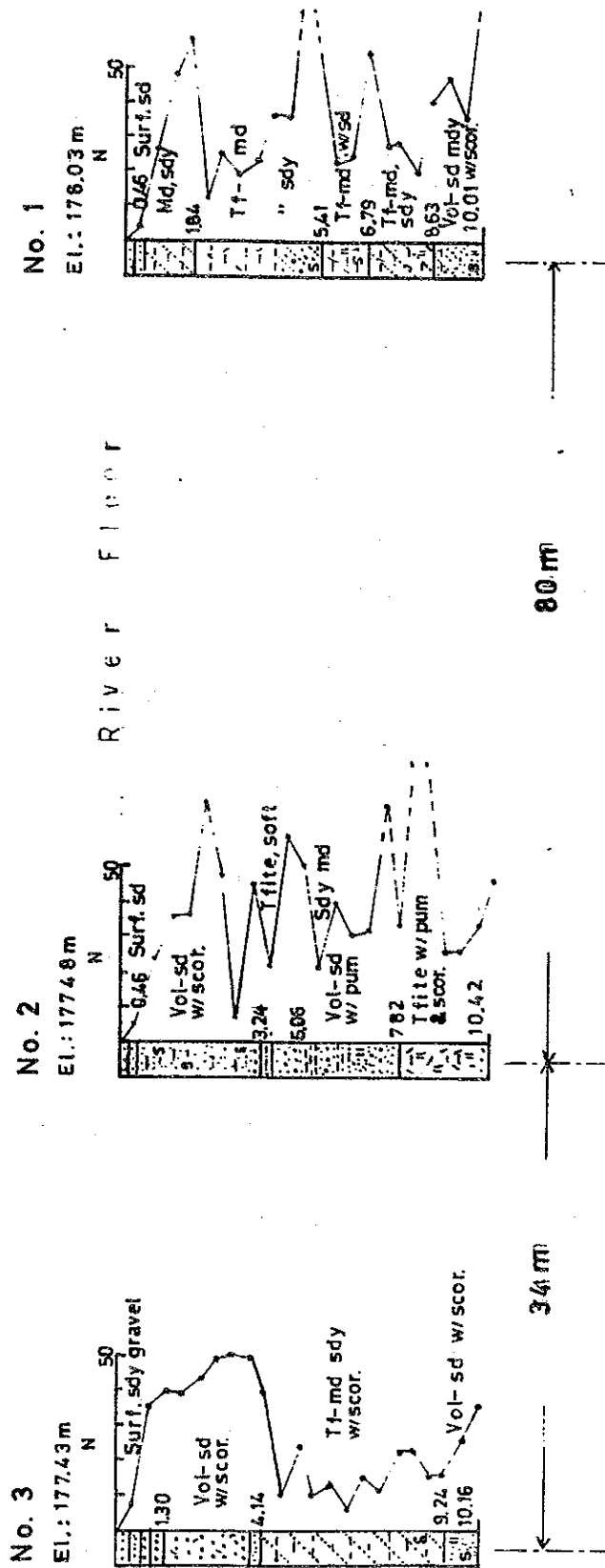


Figura 2-17 Perfil de Suelos de la Ribera del Río Agua Agría en Santa Marta

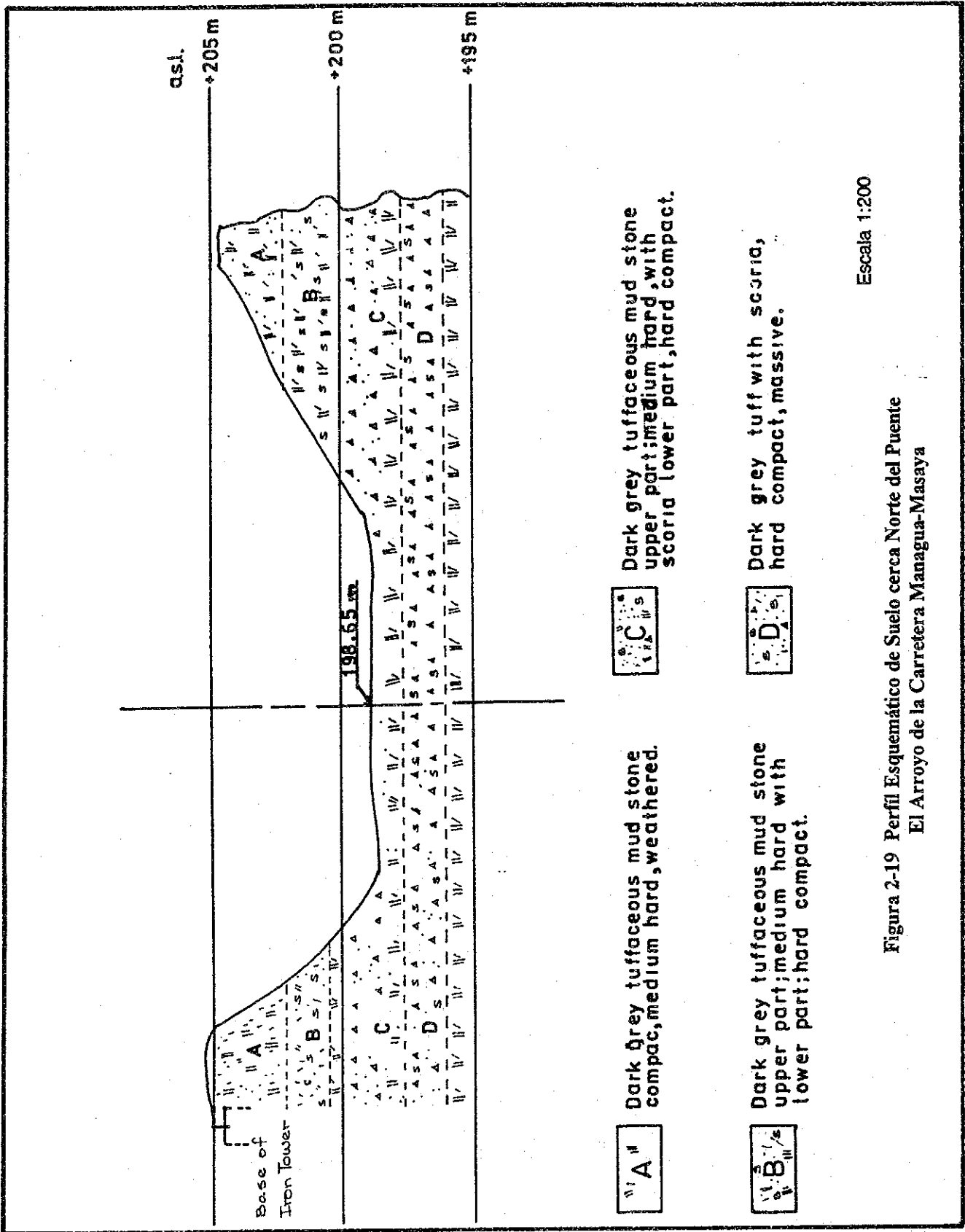
(2) Perforación de la estructura para el estudio geológico

a) Norte del puente El Arroyo (Carretera Managua-Masaya)

Se programó la realización de cortes de 120 m de longitud en los cortes existentes en el talud del puente El Arroyo (estación 8+170) como muestra la Figura 2-18. Primero, se consideró realizar la perforación de las estructuras para conocer la geología y la fuerza de la roca al ser cortada. Sin embargo, el propósito se cambió para realizar un estudio geológico por la Misión de Estudio de JICA debido a la existencia en ese lugar de buenas afloraciones de sedimentos volcánicos pertenecientes al grupo volcánico Las Sierras Superior a lo largo de los cortes existentes.

Los cortes a lo largo de la pendiente consisten en una serie de sedimentos tobáceos tales como: 1) esquisto de arcilla tobáceo, medio duro, un poco meteorizado de color gris oscuro (aproximadamente 3 m), 2) esquisto de arcilla tobáceo de medio duro a compacto, de color gris oscuro (aproximadamente 2 m), 3) el mismo esquisto de arcilla (2.4 m), 4) esquisto de arcilla tobáceo masivo y compacto de color gris-negro con escoria, en orden descendente como muestra la Figura 2-19. Los esquistos de arcilla 2) y 3) emparejan las capas de rocas de la parte compacta (posiblemente soldadas parcialmente), a la parte superior medio dura con partes de escoria. Todas las rocas son regularmente duras in situ excepto la parte exterior meteorizada de 1), pero la roca tiene la propiedad de hacerse quebradiza al ser cortada y expuesta al aire.

Debido a la existencia de una torre de línea de transmisión de alto voltaje sobre la cima del talud ubicado en la parte oeste, los cortes deberán hacerse solamente en el talud este. Las rocas a cortar son de medio-dura a dura y suficientes para tener una pendiente de talud de 0.5:1.0. El acabado del talud será mejor si se hace una pared con mampostería de piedra bolón con relleno.



Escala 1:200

Figura 2-19 Perfil Esquemático de Suelo cerca Norte del Puente El Arroyo de la Carretera Managua-Masaya

b) Sondeo y estudio geológico en el Km 172

Se realizó un total de 56.46 m de perforación en 4 pozos en el Km 172 en una longitud de 1.5 km con barrancos y con muchas curvas en la sección sobre la Carretera Telica-San Isidro como muestra la Figura 2-20. El sondeo de la estructura se llevó a cabo en tres sitios donde se programó un corte-relleno de grandes dimensiones. La Misión de Estudio de JICA realizó además un estudio geológico superficial para confirmar la relación mutua entre los 3 sitios de sondeos.

Este sitio está cubierto por una serie de formaciones volcánicas pertenecientes a la parte superior del Grupo Matagalpa del Oligo-Mioceno. La secuencia estratigráfica en el sitio está compuesta de forma general por tres miembros, 1) lava dacítica superior 2) miembros piroclásticos medios y 3) andesita-dacítica, en orden descendente. Los miembros tienen por lo general una orientación de NE-SW 70 a EW y una inclinación de sur a sureste de 15 a 20. Se hicieron 3 secciones geológicas de cada una de los sitios como muestra la Figura 2-21.

En la sección N° 1, donde se ha programado un relleno de grandes dimensiones, la roca base para el relleno es una lava dacítica con una capa meteorizada de 1-2 m de espesor sobre la superficie. No se teme que ocurran deslizamientos de los rellenos si se mantiene una pendiente apropiada. La pendiente para la estabilidad de los taludes es fijada en 1.5 a 1 en rellenos.

En las secciones N° 2 y 3 se ha programado un corte de proporciones medias. Como muestra la Figura 2-21, la parte superior de 2-3 m podrá estar compuesta de capas meteorizadas de cuerpos de dacita y la parte baja de 7-10 m consiste de lava dacítica dura la cual puede necesitar una explosión con dinamita. La pendiente para estabilidad de los taludes se fijó en 1.5 a 1 en cortes.

En la sección N° 4, donde se ha programado la realización de un corte de gran dimension, la parte principal del corte está compuesto por cuerpos dacíticos los que probablemente necesitarán ser volados con dinamita. La pendiente para la estabilización de los taludes se determinó de 1 a 1.5 para los cortes.

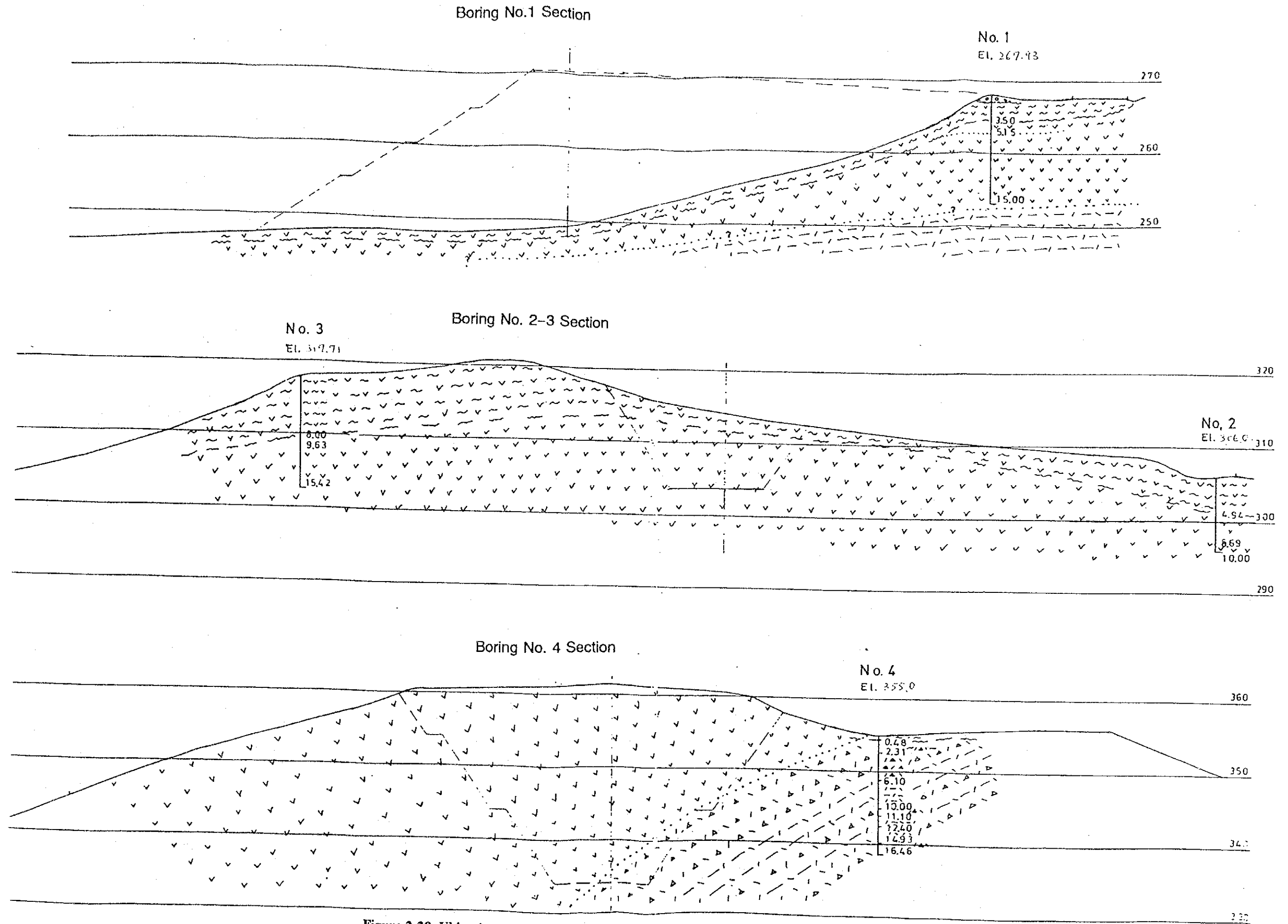


Figura 2-20 Ubicación del Perfil de Suelos del km 172 de la Carretera Telica-San Isidro

El único aspecto que hay que tener cuidado es la existencia de una masa de pequeños triángulos de los cuerpos dacíticos sobre el borde de la toba brechosa en la parte superior del corte como muestra la figura. Se tendrá que considerar medidas de protección para deslizamientos de tierra para proporcionar estabilidad a los taludes.

En general, las rocas del sitio han sido todas fracturadas y parcialmente alteradas según la inspección de las muestras de los cuatro sondeos, por lo que la roca endurecida existe en las zonas suaves de fracturación o en las porciones arcillosas alteradas. Por tanto, la planificación de los movimientos de tierra para este sitio, deberá ser realizada tomando en cuenta estas propiedades del suelo y de las rocas.

c) Sondeo y estudio geológico en el km 166

Se perforó un total de 66.70 m en cinco pozos en el km 166 donde existe un corte de aproximadamente 600 m de longitud sobre la Carretera Telica-San Isidro como muestra la Figura 2-22. El sondeo de la estructura se realizó en tres puntos, entre ellos la perforación N° 5 se realizó para estudiar la fundación en la ribera donde el río invadía el banco existente en una longitud de 70 m aproximadamente. La Misión de Estudio de JICA llevó a cabo una investigación geológica superficial con el propósito de confirmar la relación entre cada sondeo y las afloraciones superficiales.

Este sitio está cubierto por una serie de elementos piroclásticos ácidos pertenecientes al Grupo Coyol Inferior del Mioceno. De forma general, la secuencia estratigráfica en el sitio consiste de cuatro miembros 1) toba brechosa de 30 m de espesor, 2) toba vidriosa, masiva, compacta de color blanco de un espesor de aproximadamente 15 m con dos o tres capas de tufita con franjas de obsidiana en su parte superior, 3) tufita de 15 m de espesor con una capa con franjas de obsidiana en su base, y 4) tufita masiva de color rojizo gris de 35 m de espesor en orden descendente.

La estructura geológica cambia en la falla que se asume se localiza al sureste del sondeo N° 1. El bloque sureste muestra dirección EW y una inclinación de 15 a 45 grados al sur. El bloque noroeste muestra una estructura con suaves plegamientos en dirección NE-SW. La Figura 2-23 muestra esquemáticamente la estructura geológica.

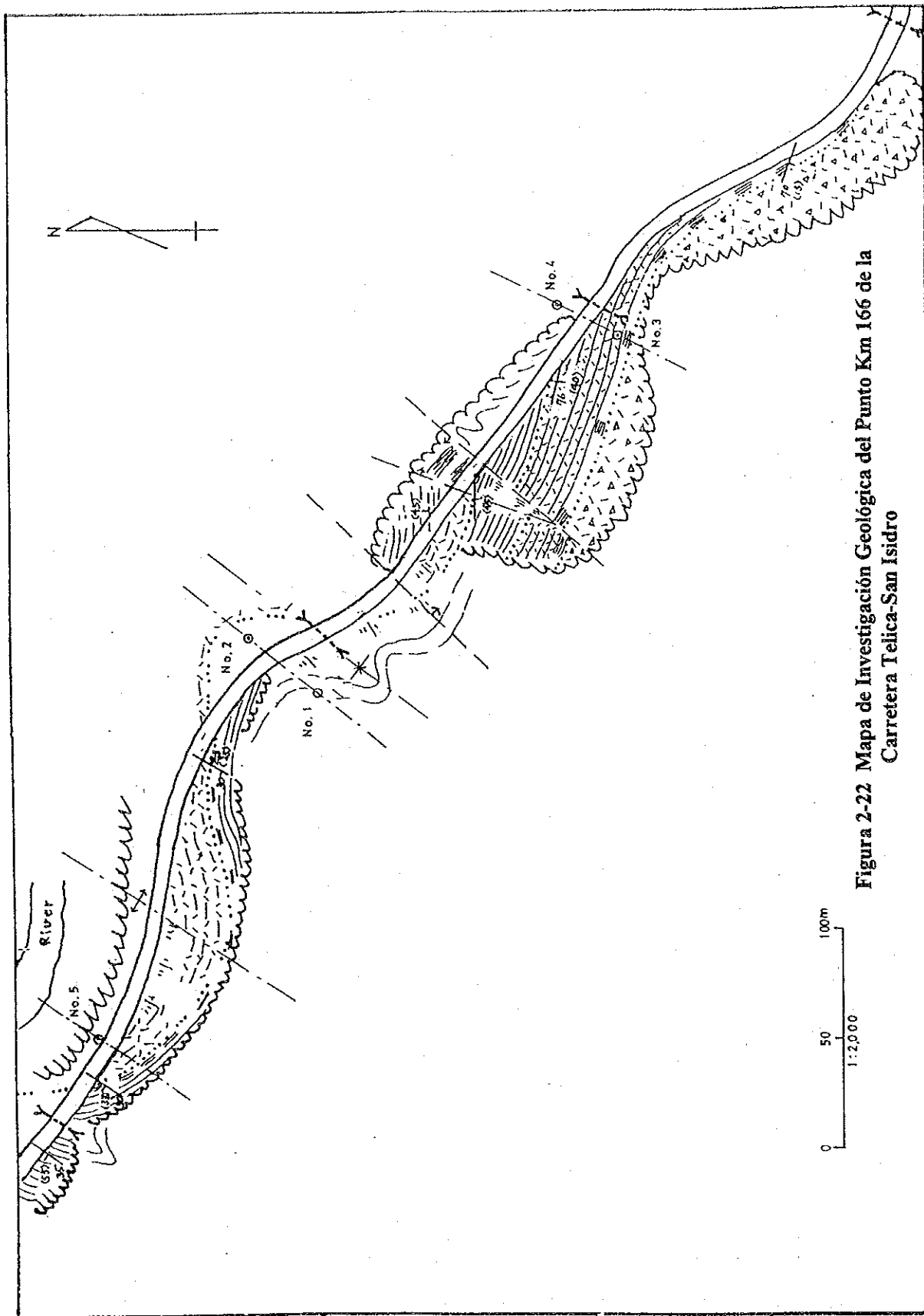


Figura 2-22 Mapa de Investigación Geológica del Punto Km 166 de la Carretera Telica-San Isidro

Las secciones geológicas se realizaron en base a los sondeos N° 1, 2, 3, 4, 5 y se muestran en la Figura 2-24. Los cortes existentes a los lados de la carretera tienen una pendiente de hasta 40 grados en la mayoría de los lugares.

Las rocas que se necesitará cortar para la ampliación de la carretera podrán requerir voladura con dinamita y una pendiente de 1 a 4 para estabilizar los taludes, considerando su dureza.

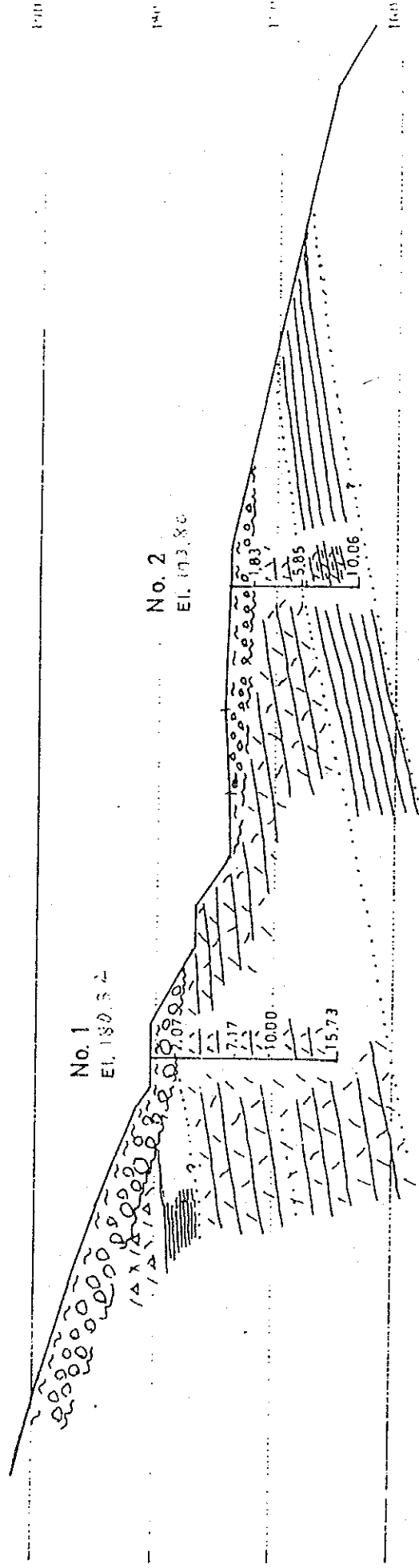
(3) Investigación de agregados para pavimentos

Se seleccionaron dos canteras con el fin de proporcionar la grava necesaria para la ejecución de los proyectos, una de ellas es la Planta de Trituración ubicada en Veracruz para las Carretera Managua-Masaya, Carretera Managua-Tipitapa y Carretera Nandaimé-San Benito; la otra es la Cantera de Cosmapa, localizada en Chinandega, para la Carretera Telica-San Isidro.

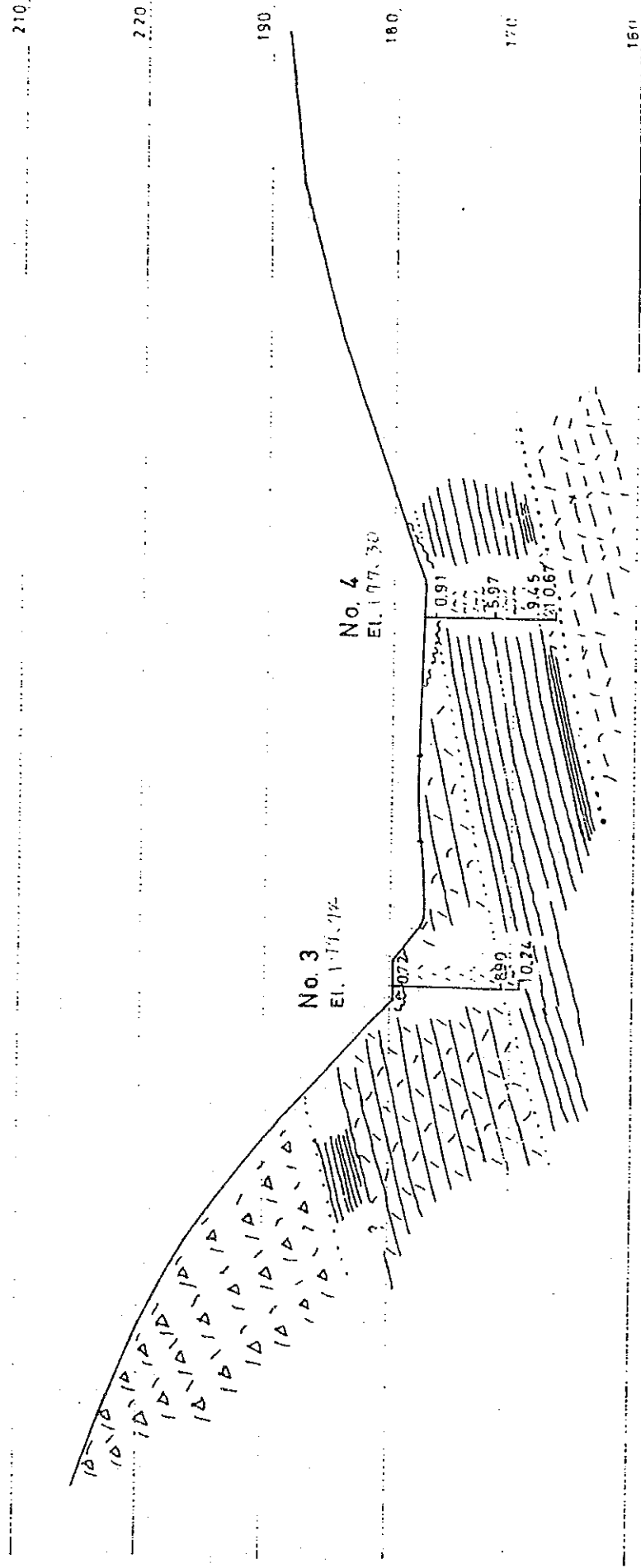
a) Cantera de grava "PROINCO"

En la planta existente en la cantera de PROINCO, la lava basáltica proveniente del volcán Masaya se dinamita y tritura para ser utilizada en la producción de agregados para la construcción. El 80% de los bloques dinamitados (menores de 42") son transportados a la planta de trituración y un 56% de estos son triturados hasta obtener un tamaño de 3/4" y 1/2". La producción de arena es del 30% aproximadamente. La actual producción anual de una sola planta es de aproximadamente 96,000 m³. La capacidad promedio de las tres plantas es de 240,000 m³/año aproximadamente. El precio del agregado de 3/4" es de Córdoba 94.30/m³ sin incluir el transporte. Como la roca fuente es un poco porosa, especialmente en la parte superior, el producto también se observa con un poco de porosidad. Sin embargo, la roca por si misma es lo suficientemente dura para producir un buen concreto, capaz de satisfacer las normas ASTM para la resistencia de concretos. La vida de esta cantera se asume que será de 50 años.

Section at Boring No. 1-2



Section at Boring No. 3-4



Section at Boring No. 5

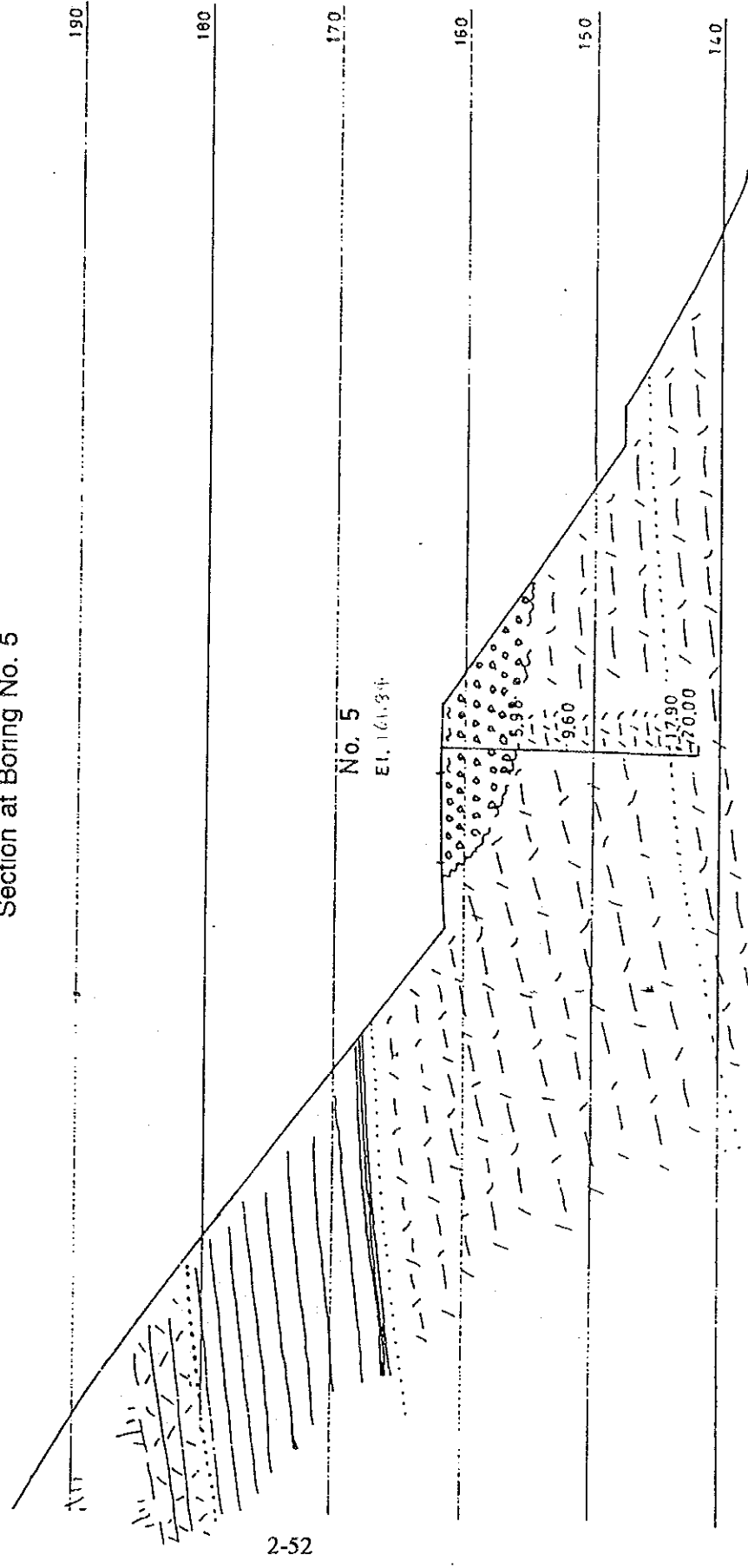


Figura 2-24 Perfil Geológico del Punto Km 166 de la Carretera Telica-San Isidro

De acuerdo a los resultados de los ensayos de granulometría, el material que pasa el tamiz 3/4", muestra una buena distribución granulométrica comparando con las especificaciones de la ASTM D-1139, y el material que pasa el tamiz de 1/2" muestra ser un poco más fino, comparando con las especificaciones NIC-80, Graduación "C". El material triturado "0", de acuerdo con las especificaciones ASTM D-1139, tiene una distribución granulométrica demasiado fina.

Los resultados del ensayo de abrasión o desgaste de Los Angeles para ambos casos resultó ser de un 36% para 3/4" y 1/2", respectivamente. Este valor resulta ser menor que el límite de 45%.

Los valores para el ensayo de absorción de agua en todos los casos fueron menores de 2% lo que está dentro de los criterios de diseño para los materiales utilizados en pavimentos.

Como el producto tiene poca adhesión con asfalto, se requerirá el uso de algunos aditivos para mejorar la capacidad de adhesión. Los resultados de los ensayos de granulometría, absorción de agua y abrasión o desgaste de Los Angeles se muestran en la Tabla 2-21.

Tabla 2-21 Resultados de los Ensayos de Granulometría, Absorción de Agua y Abrasión o Desgaste (PROINCO)

Tamaño : 3/4"			Tamaño : 1/2"			Tamaño : "0"		
Tamiz	%	ESP:ASTM D-1139 Ag-Nº 6	Tamiz	%	ESP: NIC-80 Grad.C	Tamiz	%	ESP:ASTM D-1139 Ag-Nº 9
1"	100	100	1"	-	-	3/8"	-	100
3/4"	86	90-100	3/4"	100	100	Nº. 4	100	85-100
1/2"	12	20-55	1/2"	95	90-100	Nº. 8	83	10-40
3/8"	4	0-15	3/8"	70	40-70	Nº. 16	61	0-10
Nº. 4	1	0-5	Nº. 4	30	0-15	Nº. 30	44	-
			Nº. 8	13	0-3	Nº. 50	33	0-5
						Nº. 100	23	-
						Nº. 200	17	-
Desgaste de Los Angeles (%) : 36.0			Desgaste de Los Angeles (%) : 36.0			Desgaste de Los Angeles (%) : -		
Peso específico : 2.72			Peso específico : 2.76			Peso específico : 2.82		
Absorción de Agua (%) : 1.88			Absorción de Agua (%) : 1.81			Absorción de Agua (%) : 1.98		

b) Cantera de grava Cosmapa

En la cantera de grava de Cosmapa, la lava basáltica que proviene probablemente del volcán San Cristóbal es dinamitada y triturada para ser utilizada como agregado para la

construcción, lo mismo que en la cantera de PROINCO. La cantera se localiza aproximadamente a 6 km al sur de la ciudad Chinandega y a 300 m de la carretera.

La roca fuente es un tipo de Olivina Basáltica la cual es un poco más porosa que la de la cantera de PROINCO.

La planta trituradora es hecha en Brazil, su capacidad promedio es de 25m³/día. Se producen tres tipos de productos, 3/4" (45% máximo), 3/8" (22% máximo) y arena (33% máximo).

Los resultados de los ensayos de granulometría muestran una buena distribución del tamaño para los productos de 3/4" y 3/8". Sin embargo, el material triturado "0" muestra un exceso de granos finos, excediendo los límites de la ASTM.

El resultado del ensayo de abrasión Los Angeles fue de 45.2 y 47.0 para los productos de 3/4" y 3/8", respectivamente. El valor de 3/4" era igual al valor límite de 45%, pero el de 3/8" fue un poco mayor que el límite, pero ambos productos serán útiles para material de pavimento.

Los resultados del ensayo de absorción de agua para los materiales 3/4" y 3/8" fué, en ambos casos, menor al 2%, pero el valor del material triturado "0" fue de 2.16, lo cual podría ser causado probablemente por su propiedad de fino excesivo. Por tanto, se requerirá de algunos ajustes en el funcionamiento de la trituradora para reducir el exceso de granos finos.

Como los productos tienen muy poca adhesión con el asfalto, se necesitará utilizar algunos aditivos para mejorar la capacidad de adhesión y así obtener una buena capa de asfalto, se hará lo mismo para la de PROINCO.

Los resultados de los ensayos de granulometría, absorción de agua y de abrasión o desgaste se muestran en la Tabla 2-22.

Tabla 2-22 Resultados de los Ensayos de Granulometría, Absorción de Agua y Abrasión o Desgaste (Cosmapa)

Tamaño : 3/4"			Tamaño : 1/2"			Tamaño : "0"		
Tamiz	%	ESP: ASTM D-1139 Ag-Nº 6	Tamiz	%	ESP: NIC-80 Grad.C	Tamiz	%	ESP: ASTM D-1139 Ag-Nº 9
1"	100	100	1"	-	-	3/8"	100	100
3/4"	99	90-100	1/2"	100	100	Nº. 4	95	85-100
1/2"	39	20-55	3/8"	98	85-100	Nº. 8	69	10-40
3/8"	10	0-15	Nº. 4	2	10-30	Nº. 16	51	0-10
Nº. 4	0	0-5	Nº. 8	1	0-10	Nº. 30	35	-
			Nº. 16	0	0-5	Nº. 50	24	0-5
						Nº. 100	16	-
						Nº. 200	11	-
Desgaste de Los Angeles (%) : 45.2			Desgaste de Los Angeles (%) : 47.0			Desgaste de Los Angeles (%) : -		
Peso específico : 2.70			Peso específico : 2.74			Peso específico : 2.78		
Absorción de Agua (%) : 1.78			Absorción de Agua (%) : 2.00			Absorción de Agua (%) : 2.16		

(4) Estudio de materiales del subsuelo

Para proveer materiales para el subsuelo se seleccionaron dos canteras existentes. La primera de ellas es la cantera de San Luis, ubicada a 3.2 km al norte de la intersección de la Carretera Managua-Masaya con la Carretera Tipitapa-Masaya, y la otra es la cantera de San Jacinto ubicada aproximadamente a 10 km al este de Telica sobre la Carretera Telica-San Isidro. Se realizaron ensayos de laboratorio con los materiales obtenidos en estos bancos de préstamo.

a) Cantera San Luis

Esta cantera está ubicada aproximadamente a 320 m al este de la carretera Managua-Tipitapa. La cantera consiste de dos bancos y el material de suelo se recoge del banco superior donde se encuentra una capa de escoria rica en cenizas, una manifestación de arena volcánica de 5 a 6 m de espesor la cual pertenece al Grupo las Sierras Superior del Plio-Pleistoceno expuesta bajo la sepia gris margosa del suelo superficial en varios metros.

Se analizaron dos muestras de 30 kg cada una. Los resultados se muestran en la Tabla 2-23.

Los resultados de los ensayos granulométricos muestran una gradación con exceso de material que pasa el tamiz Nº.40, el cual pertenece al tipo A-2-4(0) de la clasificación HRB (Hihgway Research Board).

Los resultados de la prueba CBR después de 4 días de saturación y una compactación del 100%, señalan que la muestra N°.1 da un valor de 62 y la muestra N°.2 un valor de 42. Estos valores disminuyen a 20 y 12 respectivamente al someterlos a una compactación de 90%. Solamente se podrá suplir el material selecto ya que estos valores son los mínimos requeridos para criterios de materiales del subsuelo.

Tabla 2-23 Resultados de los Ensayos de Laboratorio de las Muestras de la Cantera de San Luis

Muestra	N°.1						N°.2					
Granulometría	Muestra que pasa por tamiz de 3/4"						Muestra que pasa por el tamiz de 3/4"					
Tamiz	3/4	3/8	4	10	40	200	3/4	3/8	4	10	40	200
%	100	97	91	81	53	25	100	98	92	84	56	24
Clasificación H.R.B	A-2-4(0)						A-2-4(0)					
Ensayos	Peso unitario (máximo seco) : 1,676 kg/m ³						Peso unitario (máximo seco) : 1,607 kg/m ³					
	Humedad máxima : 18.3%						Humedad máxima : 22.2%					
	Humedad Natural : 9.0%						Humedad Natural : 9.7%					
	Prueba CBR Estandard						Prueba CBR Estandard					
Compactación	90%		95%		100%		90%		95%		100%	
Peso Vol.en seco (kg/m ³)	1,508		1,592		1,676		1,446		1,527		1,607	
CBR (%)	20		40		62		12		27		42	
Esponjamiento	0.031%		0.039%		0.031%		0.031%		0.024%		0.031%	
Tiempo de Saturación (hr)	96		96		96		96		96		96	

b) Cantera San Jacinto

Esta cantera está localizada cerca de la carretera y contiene materiales de suelo provenientes de los taludes, los que se acumulan al pié de la colina de lava perteneciente a la edad del Holoceno. Por tanto, el suelo incluye grandes cantidades de terrones de roca basáltica.

El muestreo de los bancos de préstamo se realizó solamente para material de suelo, excluyendo los terrones basálticos dichas muestras fueron enviadas al laboratorio para los ensayos de granulometría, límites Atterberg y CBR. Los resultados de los ensayos de laboratorio se muestran en la Tabla 2-24.

Según los ensayos de granulometría el 50% de la muestra N°.1 pasó el tamiz N°.4 y el 50% de la muestra N°.2 pasó el tamiz N°.10. Esto significa que el material de estas muestras tienen elementos más gruesos en comparación con las de la cantera de San Luis. Por otra parte, estas muestras en corresponden a los grupos A-1-a(0) y A-1-b(0) respectivamente

según la clasificación HRB. Los resultados del ensayo de CBR después de 4 días de saturación y una compactación de un 100% para la muestra N°.1 es de 40 y para la muestra N°.2 es de 58, estos valores bajan a 15 y 16 respectivamente al reducirse la compactación al 90%. Se utilizará solamente para material selecto, ya que estos valores son los mínimos requeridos en los criterios de materiales del subsuelo.

Tabla 2-24 Resultados de los Ensayos de Laboratorio de las Muestras de la Cantera de San Jacinto

Muestra	N°.1						N°.2					
Granulometría	Muestra que pasa por tamiz de 3/4"						Muestra que pasa por el tamiz de 3/4"					
Tamiz	3/4	3/8	4	10	40	200	3/4	3/8	4	10	40	200
%	72	62	51	42	24	11	90	78	65	53	33	18
Clasificación H.R.B	A-1-a(0)						A-1-b(0)					
Ensayos	Peso unitario (máximo seco) : 1,764 kg/m ³						Peso unitario (máximo seco) : 1,605 kg/m ³					
	Humedad máxima : 16.3%						Humedad máxima : 20.8%					
	Humedad Natural : 10.7%						Humedad Natural : 8.4%					
	Prueba CBR Estandar						Prueba CBR Estandar					
Compactación	90%		95%		100%		90%		95%		100%	
Peso Vol.en seco (kg/m ³)	1,588		1,676		1,764		1,445		1,525		1,605	
CBR (%)	15		28		40		16		37		58	
Esponjamiento	0.016%		0.024%		0.016%		0.043%		0.039%		0.063%	
Tiempo de Saturación (hr)	96		96		96		96		96		96	

(5) Investigaciones del subsuelo de la carretera existente

Se seleccionó un total de 20 puntos, los cuales se investigaron por medio de perforaciones manuales (pozo) de 1.0 m de longitud, 1m de ancho y 1.5 m de profundidad. Se hicieron observaciones a dichos pozos, se identificó y midió la secuencia de capas tales como superficie de rodamiento, capa base y subrasante en orden descendente. Con las muestras tomadas de las tres capas inferiores se realizaron los ensayos de humedad natural límites Atterberg, granulometría, y valores de soporte CBR.

La ubicación de los pozos se muestra en la Figura 2-2 y el número de sondeos en cada sección se resumen en la Tabla 2-25.

Tabla 2-25 Número de Sondeos Realizados en cada Sección de Carretera

Tramo	Distancia (km)	Nº de CBR	Observaciones
* Nandaimé-Guanacaste	9.28	1	
* Guanacaste-Catarina	9.32	2	
* Catarina-Masaya	8.60	1	
* Masaya-Tipitapa	25.695	2	a 21,925m de la intersección El Coyotepe
* Tipitapa-San Benito	16.0	2	
* Tipitapa-Managua	4.3	1	
* Managua-Masaya	25.9	22 *1	Proyecto de Ampliación Las Colinas (Ene, 1992)
* Telica-La Cruz de la India	73.8	7	
* La Cruz de la India-San Isidro	21.96	4	

Nota: *1 Según datos del MCT

Los resultados de los análisis se muestran en el Apéndice A2.8 en los anexos de este informe. El espesor del material existente en cada banco, la clasificación HBR y valores CBR del terraplén se resumen en la Tabla 2-26.

El análisis de los datos obtenidos de los ensayos de CBR realizados por el MCT en enero 1992, se resumen en la Tabla 2-27.

Se intentó determinar el espesor del pavimento de la carretera existente según las características de soporte obtenidas en las investigaciones. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2-28.

Tabla 2-26 Resumen de los Ensayos CBR Realizadas en las Carreteras Existentes (1)

Nº.	Ubicación	Tipo de Capa	Espesor (cm)	Clasificación H.R.B.	CBR (%)
1	Nandaime-Guanacaste	Asfalto	3	-	-
		Base	27	A-1-b(0)	-
		Sub-base	50	A-2-4(0)	-
		Terraceriaria	70	A-5(2)	12
2	Guanacaste-Catarina	Asfalto	5	-	-
		Base	20	A-1-b(0)	-
		Sub-base	50	A-2-4(0)	-
		Terraceriaria	75	A-4(8)	27
3	"	Asfalto	5	-	-
		Base	15	A-1-b(0)	-
		Sub-base	70	A-2-4(0)	-
		Terraceriaria	60	A-2-4(0)	29
4	Catarina-Masaya	Asfalto	3	-	-
		Base	22	A-1-b(0)	-
		Sub-base	30	A-1-b(0)	-
		Terraceriaria	95	A-4(0)	25
5	Masaya-Tipitapa	Asfalto	4	-	-
		Base	26	A-1-b(0)	-
		Sub-base	35	A-2-4(0)	-
		Terraceriaria	85	A-5(1)	13
6	"	Asfalto	7	-	-
		Base	20	A-1-b(0)	-
		Sub-base	53	A-1-b(0)	-
		Terraceriaria	70	A-7-5(20)	2
7	Tipitapa-San Benito	Asfalto	2	-	-
		Base	18	A-1-a(0)	-
		Sub-base	98	A-1-b(0)	-
		Terraceriaria	32	A-2-5(0)	14
8	"	Asfalto	5	-	-
		Base	20	A-1-a(0)	-
		Sub-base	55	A-2-4(0)	-
		Terraceriaria	70	A-2-4(0)	25
9	Tipitapa-Managua	Asfalto	3	-	-
		Base	17	A-1-a(0)	-
		Sub-base	-	-	-
		Terraceriaria	130	A-2-5(0)	36
10	Telica-La Cruz de la India	Asfalto	4	-	-
		Base	20	A-1-a(0)	-
		Sub-base	-	-	-
		Terraceriaria	126	A-2-5(0)	34
11	"	Asfalto	6	-	-
		Base	16	A-1-b(0)	-
		Sub-base	16	A-1-b(0)	-
		Terraceriaria	112	A-7-6(12)	4.8
12	"	Asfalto	5	-	-
		Base	18	A-1-a(0)	-
		Sub-base	24	A-2-4(0)	-
		Terraceriaria	103	A-2-4(0)	34
13	"	Asfalto	6	-	-
		Base	16	A-1-a(0)	-
		Sub-base	-	-	-
		Terraceriaria	128	A-4(0)	40

Tabla 2-26 Resumen de los Ensayos CBR Realizadas en las Carreteras Existentes (2)

N°	Ubicación	Tipo de Capa	Espesor (cm)	Clasificación H.R.B.	CBR (%)
14	Telica-La Cruz de la India	Asfalto	5	-	-
		Base	15	A-1-a(0)	-
		Sub-base	-	-	-
		Terraceriaria	130	A-4(0)	31
15	"	Asfalto	5	-	-
		Base *1	30	A-2-6(0)	-
		Sub-base *1	25	A-2-6(0)	-
		Terraceriaria	90	A-2-7(0)	25
16	"	Asfalto	4	-	-
		Base	32	A-1-b(0)	-
		Sub-base	-	-	-
		Terraceriaria	114	A-2-6(0)	28
17	La Cruz de la India-San Isidro	Asfalto	4	-	-
		Base	24	A-1-a(0)	-
		Sub-base	40	A-2-4(0)	-
		Terraceriaria	82	A-7-5(12)	5
18	"	Asfalto	5	-	-
		Base	20	A-1-a(0)	-
		Sub-base *1	25	A-2-7(0)	-
		Terraceriaria	100	A-2-6(0)	22
19	"	Asfalto	4	-	-
		Base	25	A-1-a(0)	-
		Sub-base	34	A-1-b(0)	-
		Terrac. Sup.	57	A-2-6(0)	-
		Terraceriaria	40	A-2-6(1)	14
20	"	Asfalto	5	-	-
		Base	12	A-1-a(0)	-
		Sub-base	-	-	-
		Terraceriaria	133	A-2-4(0)	37

Nota : *1 - Pobre Calidad

Tabla 2-27 Datos de CBR del Proyecto de Ampliación de la Carretera Managua-Masaya, MCT (1)

Nº	Ubicación	Tipo de Capa	Espesor (cm)	Clasificación H.R.B.	CBR (%)
1	Km-8.0	Asfalto	7	-	-
		Base	10	A-1-a(0)	30
		Sub-base	18	A-1-a(0)	40
		Terraceriaria (A)	13	A-4(0)	20
		Terraceriaria (B)	52	A-4(0)	20
2	Km-8.5	Asfalto	10	-	-
		Base	10	A-1-a(0)	30
		Sub-base	20	A-1-a(0)	40
		Terraceriaria (A)	10	A-4(0)	20
		Terraceriaria (B)	50	A-5(0)	20
3	Km-9.0	Asfalto	7	-	-
		Base	10	A-1-a(0)	30
		Sub-base	13	A-1-a(0)	40
		Terraceriaria (A)	18	A-4(0)	29
		Terraceriaria (B)	52	A-5(0)	40
4	Km-10.0	Asfalto	5	-	-
		Sub-base	37	A-1-a(0)	30
		Terraceriaria	58	A-1-a(0)	40
5	Km-11.0	Asfalto	5	-	-
		Base	8	A-1-a(0)	30
		Sub-base	20	A-1-a(0)	40
		Terraceriaria (A)	13	A-2-4(0)	29
		Terraceriaria (B)	54	A-5(0)	20
6	Km-12.0	Asfalto	5	-	-
		Base	5	A-1-b(0)	30
		Sub-base	23	A-1-b(0)	40
		Terraceriaria (A)	12	A-5(0)	20
		Terraceriaria (B)	55	A-7-5(2)	12
7	Km-13.0 (7+270)	Asfalto	3	-	-
		Base	11	A-1-a(0)	30
		Sub-base	14	A-4(0)	20
		Terraceriaria (A)	20	A-7-5(0)	12
		Terraceriaria (B)	52	A-7-5(0)	12
8	Km-14.0 (8+270)	Asfalto	5	-	-
		Sub-base	21	A-1-a(0)	30
		Terraceriaria	74	A-4(0)	20
9	Km-15.0 (9+270)	Asfalto	5	-	-
		Base	18	A-1-a(0)	30
		Sub-base	12	A-4(0)	20
		Terraceriaria	65	A-7-5(5)	12
10	Km-16.0 (10+270)	Asfalto	5	-	-
		Base	10	A-1-a(0)	30
		Sub-base	10	A-2-4(0)	29
		Terraceriaria	75	A-7-5(5)	12
11	Km-17.0 (11+270)	Asfalto	5	-	-
		Base	5	A-1-a(0)	30
		Sub-base	16	A-1-b(0)	40
		Terraceriaria (A)	34	A-2-4(0)	29
		Terraceriaria (B)	30	A-7-5(4)	12
12	Km-18.0 (12+270)	Asfalto	5	-	-
		Base	20	A-1-b(0)	30
		Sub-base	15	A-1-a(0)	40
		Terraceriaria	60	A-2-4(0)	29

Tabla 2-27 Datos de CBR del Proyecto de Ampliación de la Carretera Managua-Masaya, MCT (2)

N°	Ubicación	Tipo de Capa	Espesor (cm)	Clasificación H.R.B.	CBR (%)
13	Km-19.0 (13+270)	Asfalto	4	-	-
		Base	13	A-1-a(0)	30
		Sub-base	13	A-1-a(0)	40
		Terraceriaria	70	A-1-a(0)	40
14	Km-20.0 (14+270)	Asfalto	8	-	-
		Base	22	A-1-b(0)	30
		Terraceriaria	70	A-5(0)	20
15	Km-21.0 (15+270)	Asfalto	5	-	-
		Base	25	A-1-a(0)	30
		Sub-base	13	A-2-4(0)	29
		Terraceriaria	22	A-(0)	20
16	Km-22.0 (16+270)	Asfalto	3	-	-
		Base	17	A-1-a(0)	30
		Terraceriaria	70	A-1-a(0)	40
17	Km-23.0 (17+270)	Asfalto	3	-	-
		Base	10	A-1-a(0)	30
		Sub-base	13	A-1-a(0)	40
		Terraceriaria	74	A-2-4(0)	29
18	Km-24.0 (18+270)	Asfalto	4	-	-
		Base	12	A-1-a(0)	30
		Sub-base	18	A-1-b(0)	40
		Terraceriaria	66	A-2-4(0)	29
19	Km-25.0 (19+270)	Asfalto	5	-	-
		Base	15	A-1-a(0)	30
		Sub-base	20	A-2-4(0)	29
		Terraceriaria	60	A-4(0)	20
20	Km-26.0 (20+270)	Asfalto	5	-	-
		Base	20	A-2-4(0)	30
		Sub-base	20	A-2-4(0)	29
		Terraceriaria	55	A-2-4(0)	29
21	Km-27.0	Asfalto	5	-	-
		Base	10	A-1-a(0)	30
		Sub-base	8	A-1-b(0)	40
		Terraceriaria (A)	27	A-2-4(0)	29
		Terraceriaria (B)	50	A-2-4(0)	29
22	Km-28.0	Asfalto	5	-	-
		Base	10	A-1-a(0)	30
		Sub-base	14	A-1-b(0)	40
		Terraceriaria	71	A-2-4(0)	29

Tabla 2-28 Estimación del Espesor del Pavimento de las Carretera Existente

Nº.	Ubicación	Grupo Índice (G.I.)	CBR (%)	Índice de Soporte (G.I.)	Espesor Necesario (cm)
1	Nandaimo-Guanacaste	20	12	12	35
2	Guanacaste-Catarina	20	27	23	25
3	"	20	29	24	25
4	Catarina-Masaya	20	25	22	25
5	Masaya-Tipitapa	18	13	13	33
6	"	2	2	2	91
7	Tipitapa-San Benito	20	14	14	31
8	"	20	25	22	25
9	Tipitapa-Managua	20	36	28	25
10	Telica-La Cruz de la India	20	54	37	25
11	"	5	4.8	5	55
12	"	20	34	27	25
13	"	20	40	30	25
14	"	20	31	25	25
15	"	20	25	22	25
16	"	20	28	24	25
17	La Cruz de la India-San Isidro	5	5	5	55
18	"	20	22	21	25
19	"	18	14	14	25
20	"	20	37	28	31

2.5 ESTUDIO HIDROLOGICO

2.5.1 Intensidad de la Precipitación de Diseño

(1) Generalidades

La intensidad de la precipitación de diseño es provista para la estimación del caudal para el diseño de drenaje, donde se incluyen el drenaje superficial de la calzada y el drenaje transversal. El drenaje superficial tiene por objeto drenar las aguas pluviales de la calzada, hombros y taludes a través de las cunetas. El drenaje transversal tiene por objeto drenar el flujo de aguas hacia un arroyos o pequeñas corrientes que cruzan la carretera por medio de alcantarillas. La capacidad de flujo de las estructuras de drenaje se determina en base de la estimación del caudal de diseño con un período de retorno correspondiente al de la intensidad de la precipitación de diseño.

El caudal de diseño se obtiene utilizando la siguiente ecuación:

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

donde;

- Q : Caudal de diseño (m³/seg)
- C : Coeficiente de escorrentía
- I : Intensidad de precipitación diseño (mm/hora)
- A : Area de la cuenca (km²)

La intensidad de precipitación diseño (I) se obtiene a partir de la curva de intensidades de precipitación utilizando una duración de precipitación equivalente al tiempo de concentración del flujo (Tc). El coeficiente de escorrentía (C) y el tiempo de concentración del flujo se estiman a partir de las características de la escorrentía del área de la cuenca.

(2) Datos disponibles de intensidad de precipitación

Para el diseño de los drenajes, se aplicaron los datos de la intensidad de precipitación de las estaciones pluviométricas más cercanas a las carreteras del proyecto. Las Tablas 2-29, 2-30 y 2-31 muestran los datos de intensidad de precipitación para las estaciones pluviométricas de Las Mercedes, Nandaime y León lo mismo que en las Figuras 2-25, 2-26 y 2-27.

En el caso de las estaciones de Las Mercedes y Nandaimé, la intensidad de precipitación se obtuvo directamente de la ecuación establecida por INETER. Las intensidades de precipitación, en el caso de la estación en León, se obtuvieron de las series de intensidad de precipitación máxima anual. El análisis de probabilidad se realizó según el Método Gumbel para estimar las intensidades de precipitación para cada período de retorno.

Tabla 2-29 Intensidades de Precipitación: Estación Las Mercedes

(Unidad : mm/hora)

Duración (minutos)	Período de Retorno (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	145.9	176.0	196.1	221.2	239.4	258.0
10	123.1	150.3	168.6	191.5	208.1	225.2
15	106.3	131.4	148.4	169.6	184.9	200.8
30	75.1	96.1	110.2	127.9	140.7	153.9
60	46.9	63.4	74.4	88.2	98.1	108.3
120	26.4	38.5	46.6	56.6	63.9	71.3

Tabla 2-30 Intensidades de Precipitación: Estación Nandaimé

(Unidad : mm/hora)

Duración (minutos)	Período de Retorno (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	117.7	151.0	172.6	184.7	199.6	214.3
10	101.4	124.5	139.3	156.6	170.5	184.0
15	89.1	107.4	119.7	138.1	151.1	163.7
30	65.5	79.3	89.1	106.4	117.6	128.6
60	43.1	55.6	64.2	78.3	87.7	96.8
120	25.8	37.7	45.5	56.0	63.6	70.9

Tabla 2-31 Intensidad de Precipitaciones: Estación León

(Unidad : mm/hora)

Duración (minutos)	Período de Retorno (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	164.6	211.9	243.2	282.8	312.1	341.2
10	135.3	164.1	183.2	207.6	225.1	242.9
15	114.4	137.5	152.8	172.2	186.4	200.7
30	79.7	97.6	109.6	124.6	135.6	146.7
60	55.5	69.3	78.6	90.1	98.7	107.3
120	33.2	43.9	51.0	60.0	66.6	73.2

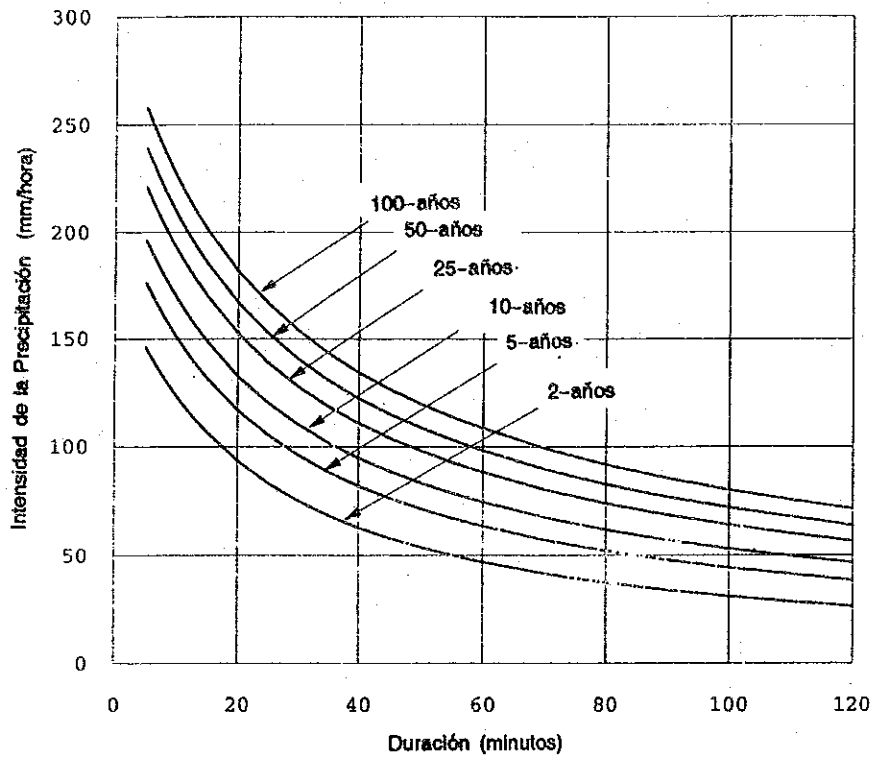


Figura 2-25 Intensidades de Precipitación : Estación Las Mercedes

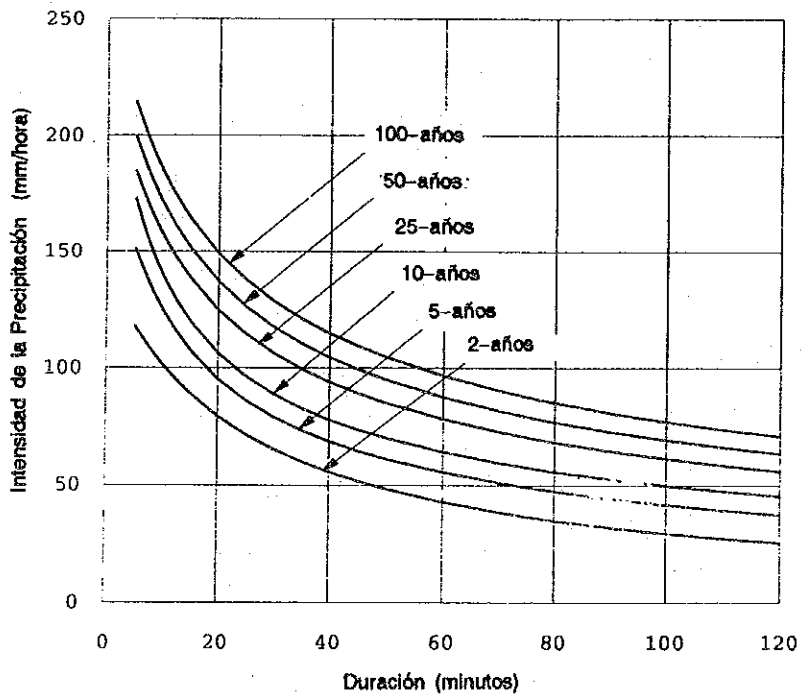


Figura 2-26 Intensidades de Precipitación : Estación Nandaime

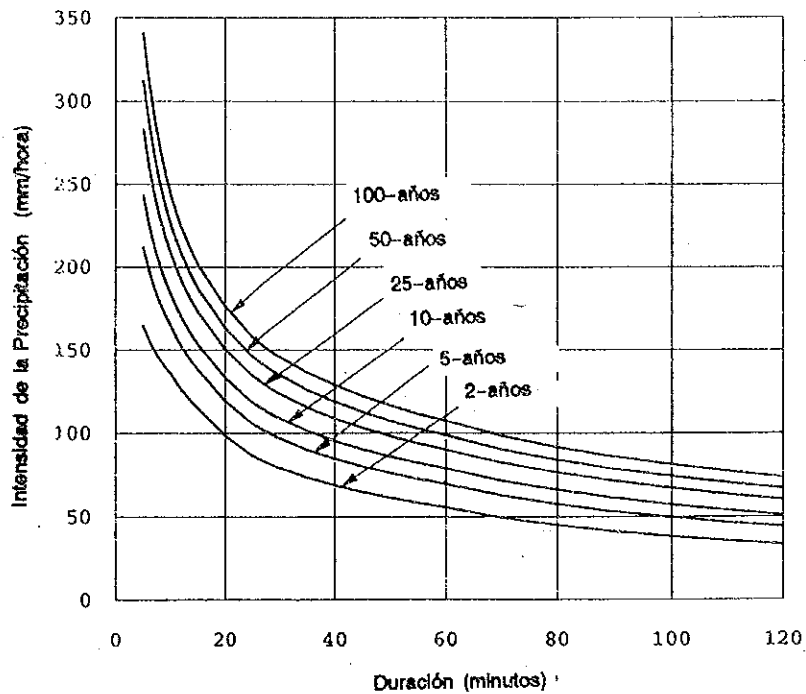


Figura 2-27 Intensidades de Precipitación : Estación León

A continuación se presenta una lista de las estaciones cuyos datos de intensidades de precipitación serán aplicados para cada ruta del proyecto.

Tabla 2-32 Intensidad de Precipitación Aplicada

Carretera Proyecto	Intensidad de Precipitación Aplicada
Carretera Managua-Masaya	Las Mercedes
Carretera Managua -Tipitapa	Las Mercedes
Carretera Nandaime-San Benito	
- Tramo Masaya-Nandaime	Nandaime
- Tramo El Coyotepe-San Benito	Las Mercedes
Carretera Telica - San Isidro	León

El cálculo del caudal de diseño para las estructuras de drenaje en las diferentes carreteras se realizó de acuerdo con los criterios de diseño que determinan el periodo de retorno, la duración de precipitación y el coeficiente de escorrentía. El cálculo del caudal de diseño para las estructuras específicas de drenaje se explica en el Capítulo 5.

2.5.2 Niveles de Flujo Máximo Probables

(1) Generalidades

El objetivo principal de estimar una probable inundación o aluvión es estudiar el área de escurrimiento en los puentes existentes en las carreteras del proyecto y proporcionar las medidas que fueran necesarias para su rehabilitación desde el punto de vista hidráulico.

Por otro lado, el terraplén de la carretera, a 2 km de Nandaime sobre el tramo El Guanacaste-Nandaime, ha sido erosionado en una longitud de 100 m debido a las inundaciones. Debido a que la carretera se extiende paralelamente y muy cerca del río, dicha erosión se podría extender hacia toda la sección del terraplén de este tramo. Por lo tanto, a fin de poder implementar medidas efectivas contra la erosión, es necesario conocer el caudal de descarga del río a lo largo de la sección erosionada.

Las ubicaciones consideradas para la estimación de flujos máximos (o de inundación) fueron seleccionadas en cada puente que cruza el río con un área de escurrimiento relativamente amplio, y la sección erosionada del tramo El Guanacaste-Nandaime. Estas ubicaciones se citan en la Tabla 2-33.

Tabla 2-33 Ubicación de la Estimación de Flujos

Carretera Proyecto	Ubicación	Longitud del Puente (m)	Área de la Cuenca (km ²)
Carretera Managua - Masaya	Est. 8+170	12	86
Carretera Nandaime - San Benito (Tramo El Guanacaste-Nandaime)	Est. 21+350	20	60
	Est. 25+200	26	93
	sección erosionada	-	94
Carretera Telica - San Isidro	Est. 23+200	13	8
	Est. 43+050	32	215
	Est. 45+970	18	38
	Est. 54+480	18	10
	Est. 61+430	75	424
	Est. 66+810	10	7
	Est. 68+180	25	52
	Est. 94+205	18	47

(2) Estimación de niveles de flujo máximo probables

El período de retorno del nivel de flujo máximo probable a estimar fue seleccionado para un intervalo de 50 años.

Debido a que no existen registros de inundaciones en los ríos ubicados cerca de las ubicaciones objetivo mencionadas anteriormente, el nivel de flujo máximo probable se estimó tomando como punto de referencia la estación pluviométrica de El Tamarindo. El procedimiento utilizado para esta estimación se describe a continuación.

a) Niveles de flujo máximo probable en El Tamarindo

Los registros de niveles de flujo máximo anuales fueron obtenidos en la estación pluviométrica de El Tamarindo cuya cuenca tiene una extensión de 205.52 km². Utilizando estos registros, se estimó dicho nivel de flujo en El Tamarindo por medio del método de Gumbel. El nivel de flujo máximo para un período de 50 años se estimó igual a 736 m³/seg.

b) Niveles de flujo máximo probable en el área objetivo

El nivel de flujo máximo probable en la ubicación objetivo del proyecto se estimó tomando como punto de referencia el nivel de El Tamarindo, de la siguiente manera:

$$Q_o = Q_t \times R_o/R_t \times A_o/A_t$$

donde;

- Q_o : Flujo máximo probable en la ubicación objetivo (m³/seg)
- Q_t : Flujo máximo probable en El Tamarindo (m³/seg)
- R_o : Intensidad probable de precipitación para el área de escurrimiento en el área objetivo (mm/hora)
- R_t : Intensidad probable de precipitación para el área de escurrimiento en El Tamarindo (mm/hora)
- A_o : Área de escurrimiento del área objetivo (km²)
- A_t : Área de escurrimiento en El Tamarindo (km²)

La intensidad probable de precipitación se obtuvo de la intensidad de precipitación en la estación pluviométrica ubicada cerca de las áreas de escurrimiento respectivas. La duración de la intensidad probable de precipitación corresponde al tiempo de concentración de flujo (T_c), el cual fue obtenido mediante la siguiente ecuación:

$$T_c = (0.87L^3/H)^{0.385}$$

donde;

- T_c : Tiempo de concentración de flujo en horas
- L : Longitud de la corriente en km
- H : Diferencia de nivel en el intervalo L

La intensidad de precipitación en la estación pluviométrica fue convertida en la intensidad para el área de escurrimiento al multiplicar un porcentaje del área de precipitación por el punto de precipitación. El porcentaje se obtuvo a partir de la relación área-duración-porcentaje, establecida por el U.S. Weather Bureau. En la Tabla 2-34 se muestran las estimaciones sobre los probables niveles de flujo máximo en un período de 50 años en el área respectivo.

Tabla 2-34 Niveles de Flujo Máximo Probables

(Unidad : m³/seg)

Carretera Proyecto	Ubicación	Area de la Cuenca (km ²)	Niveles de Flujo Máximo Probables en 50 años (m ³ /seg)
Managua-Masaya	Sta. 8+170	86	406
Nandaime-San Benito	Sta. 21+350	60	358
(El Guanacaste-Nandaime)	Sta. 25+200	93	396
	sección erosionada	94	477
Telica-San Isidro	Sta. 23+200	8	76
	Sta. 45+970	38	246
	Sta. 54+480	10	100
	Sta. 61+430	424	1,592
	Sta. 66+810	7	65
	Sta. 68+180	52	328
	Sta. 94+205	47	269

Los niveles de flujo máximo probables estimados fueron graficados en la figura que indica la relación entre el caudal específico y el área de la cuenca. Los niveles de flujo máximo registrados en Nicaragua también fueron incluidos en los gráficos. La curva envolvente de los niveles de flujo máximo registrados fue trazada en el gráfico por medio la fórmula de Creager. La curva envolvente se trazó con un coeficiente de Creager $C=20$, como se muestra en la Figura 2-28.

Por otro lado, los niveles de flujo máximo probables estimados están distribuidos entre las curvas de Creager con $C=10$ y $C=20$. Partiendo de este resultado, los valores estimados están dentro de un rango razonable en comparación con los valores registrados.

2.5.3 Niveles de Flujo Máximo Probable en Ríos

Los niveles de flujo máximo probables de los ríos que se encuentran en el área objetivo tal como los puentes existentes y el tramo erosionado fueron determinados a partir de los niveles de flujo máximo calculados mediante la ecuación de Manning que se muestra a continuación:

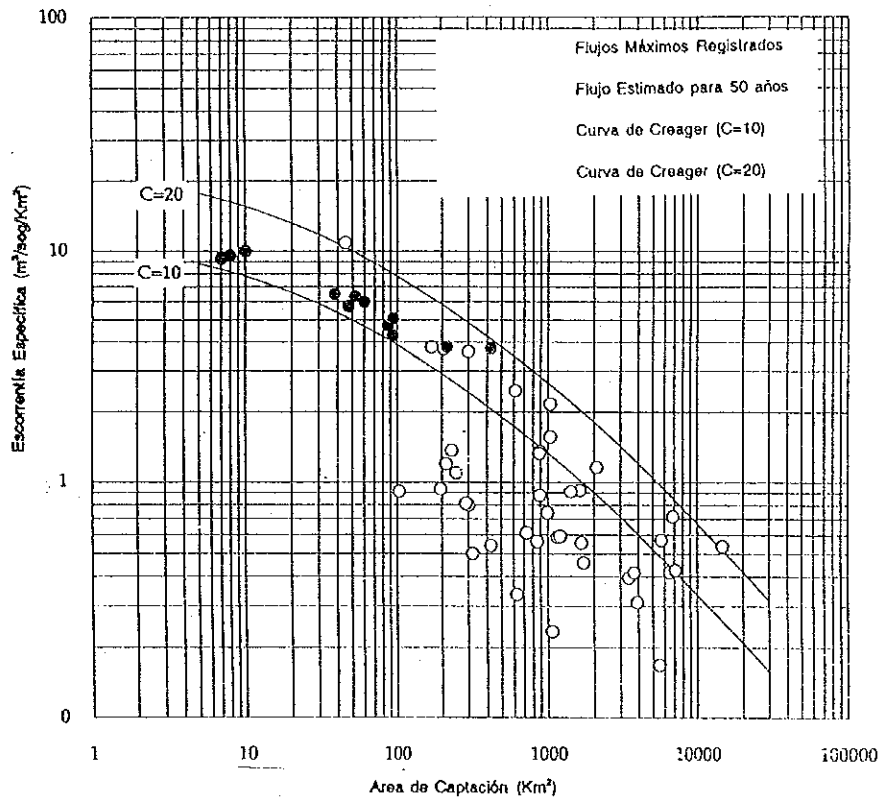


Figura 2-28 Comparación de la Escorrentía Específica

$$V = (1/n) R^{2/3} i^{1/2} \text{ or}$$

$$Q = (1/n) A R^{2/3} i^{1/2}$$

donde;

- V : Velocidad de flujo o escurrimiento (m/seg)
- n : Coeficiente de rugosidad
- R : Radio hidraulico (m)
- I : Pendiente del lecho del río
- Q : Caudal de escurrimiento (m³)
- A : Area de escurrimiento del río (m²)

La relación entre el tirante (altura de flujo) y el área de escurrimiento fue determinada de las secciones transversales de los ríos concernientes al área objetivo.

Para los puentes con subestructuras con pilas la altura de remanso fue determinada a partir de la siguiente ecuación:

$$dh = \frac{Q^2}{2g} \left[\frac{1}{c^2 b_2^2 (H_1 - dh)^2} - \frac{1}{b_1^2 H_1^2} \right]$$

donde;

- dh : Altura de remanso en la pila (m)
- Q : Caudal de escurrimiento del río (m³)
- c : Coeficiente debido al tipo de sección de la pila
- b₁ : Ancho del cauce del río (m)
- b₂ : (ancho del cauce-ancho total acumulado de las pilas), b₁ - Σt (m)
- t : Ancho de la pila
- H₁ : Altura de escurrimiento del río (m)

El nivel probable de flujo probable puede ser obtenido a partir del nivel de flujo máximo probable arriba mencionado.