



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA  
UNAN-MANAGUA**

**FORMULACION DEL PROYECTO**

**ESTUDIO TECNICO DE 1.5 KM DE ADOQUINADO PARA EL TRAMO DE  
CAMINO "NIQUINOHOMO-LOS POSITOS"**

**DEPARTAMENTO DE MASAYA**

**PRESENTADO POR:**

**BLADIMIR BRENES HERNANDEZ**

**LUIS DANIEL BRENES BERMUDEZ**

**CRISTHIAN FABRICIO RODRIGUEZ SUAZO**

**TUTOR**

**ING. ADOLFO CORDERO ANDRADE**

**MANAGUA-NICARAGUA JULIO DE 2012**



# INDICE

<b>INDICE</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>4</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>5</b>
<b>CAPITULO I.GENERALIDADES</b>	<b>6</b>
I.1-INTRODUCCION	7
I.2-ANTECEDENTES	8
I.3-JUSTIFICACION	9
I.4.-OBJETIVOS	10
I.4.1-OBJETIVO GENERAL	10
I.4.2-OBJETIVOS ESPECIFICOS	10
<b>CAPITULO II.DIAGNOSTICO PRELIMINAR</b>	<b>11</b>
II.1-DIAGNOSTICO PRELIMINAR DEL SITIO DE PROYECTO	12
<b>CAPITULO III.ESTUDIOS DE INGENIERIA</b>	<b>18</b>
III.1-ESTUDIO TOPOGRAFICO	19
III.2-ESTUDIO GEOTECNICO	31
III.3-ESTUDIO TRANSITO	53
III.4-ESTUDIO HIDROLOGICO	71
III.5-EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL	86



<b>CAPITULO IV.DISEÑOS TECNICOS</b>	<b>100</b>
IV.1-DISEÑO DE PAVIMENTO	101
IV.2-DISEÑO HIDRAULICO	112
IV.3-DISEÑO GEOMETRICO	121
<b>CAPITULO V. DOCUMENTOS DE OBRA</b>	<b>165</b>
V.1-ESPECIFICACIONESTECNICAS	163
V.2-PRESUPUESTO DETALLADO	178
V.3-CRONOGRAMA DE EJECUCUCION FISICA	213
V.4.PLANOS	214
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>224</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>225</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>227</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>228</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>230</b>



## AGRADECIMIENTOS

*A **Jehová**, nuestro Dios todopoderoso, por otorgarme la vida y el entendimiento necesario para culminar mis estudios con éxito; por fortalecerme en los momentos de angustia y debilidad, mostrando la salida correcta a los problemas; gracias por llegar a entender “que el principio de la sabiduría es el temor de Jehová”.*

*A mis padres, **Paulino Brenes Romero y Azucena Hernández de Brenes**, por su amor sin límites. Quiero expresarle desde lo más profundo de mi corazón, mi eterno agradecimiento a ustedes que no vacilaron ni un instante en apoyarme cuando tome la decisión de estudiar, ustedes que siempre estuvieron a mi lado, ustedes a quienes amo y adoro.*

*A mi tutor MSc. **Adolfo Cordero Andrade** por la dedicación que empleó en la elaboración de este trabajo monográfico y por todos sus conocimientos transmitidos como docente universitario durante los años de estudio en este prestigioso centro de educación superior. De igual manera a cada uno de los docentes que han contribuido en mi educación, les doy las gracias, porque sin ellos no hubiese logrado apropiarme de sus conocimientos y transformarme en un profesional.*

*Al Ing. **Marlon Muñoz Sandino**, alcalde del municipio de Niquinohomo, por su apoyo brindado en la realización del trabajo monográfico, su ayuda fue sin lugar a dudas sumamente provechosa para llevar a efecto el diseño completo del tramo de carretera Niquinohomo-Los Positos. Infinitas gracias...*

---

**Bladimir Brenes Hernández**



## **DEDICATORIA**

*Ante todo a nuestro **Dios Jehová y a su hijo Jesucristo** en cuyas manos está nuestra vida, por regalarnos lo más preciado que tenemos, la vida; y dotarnos de intelecto y de libre albedrío.*

*Dedicamos este trabajo a los seres de quienes recibimos más amor y cariño, por su sacrificio en su afán por convertirnos en profesionales de éxitos, en personas útiles para la sociedad. No importando los momentos adversos, siempre estuvieron a nuestro lado, brindándonos su apoyo para que lográramos culminar nuestros estudios.*

**A nuestros padres:**

***Paulino Brenes Romero y Azucena Hernández Herrera***

***Isidro Antonio Brenes y María de Jesús Bermúdez***

***Francisco Javier Rodríguez Nicoya y Rosa Ivania Suazo Salgado***

*Ahora queremos decirles que estamos felices de haber alcanzado la meta propuesta y todo es gracias a ustedes, a la educación brindada desde la infancia, inculcando los valores morales y espirituales que nos formaron como persona de provecho para la sociedad, al apoyo económico que oportunamente permaneció durante todo los años de estudio. Gracias por la confianza depositada en nosotros, no ha sido en vano el sacrificio.*

*De manera especial dedicamos el presente trabajo **Al Ing. Marlon Muñoz Sandino**, Alcalde municipal de la ciudad de Niquinohomo, por todo el apoyo económico y logístico brindado en la realización de los distintos estudios e investigaciones, necesarios para la elaboración del presente trabajo monográfico.*



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA  
UNAN-MANAGUA**

**CAPITULO I  
GENERALIDADES**

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

JUSTIFICACION

OBJETIVOS

**FORMULACION DEL PROYECTO**

**ESTUDIO TECNICO DE 1.5 KM DE ADOQUINADO PARA EL TRAMO DE  
CAMINO "NIQUINOHOMO-LOS POSITOS"**

**DEPARTAMENTO DE MASAYA**



## I.1-INTRODUCCION

La construcción de nuevas vías de carreteras, tanto urbanas como rurales, ha sido imprescindible para el progreso de la sociedad humana a lo largo de la historia. El mejoramiento de la calidad de vida de los pueblos, objetivo principal de la política económica de todo gobierno, se ve influenciada por el nivel de servicio de la red vial. De ahí que en nuestro país un porcentaje considerable del gasto público, además de préstamos a entidades financieras internacionales (Banco Mundial, BID, etc.) sea dirigido a ejecutar significativos proyectos en materia de infraestructura vial.

La red vial en Nicaragua se estima en un total de 17145 Km, de la cuales 8869 km están pavimentadas y 8276 km no pavimentadas. El departamento de Masaya, que es el segundo más poblado de la Nación, retiene el 0.5% del total de la red vial (84.3 Km). En dicho departamento se ubica Niquinohomo, el cual posee un total de 75.4 Km de red vial, que se distribuye de acuerdo a zonas establecidas del casco urbano y rural, predominado mayoritariamente las vías adoquinadas.

La favorable posición geográfica de Niquinohomo facilita el fortalecimiento de los principales rubros económicos, tales como turismo, comercio, agricultura, ganadería etc. siendo de suma importancia la habilitación de nuevas vías de carreteras. Por tal razón la alcaldía de Niquinohomo, dentro de su plan de inversión municipal contempla desarrollar el proyecto "Adoquinado de tramo Niquinohomo-los Positos" de 1500 metros lineales aproximadamente, cuyo diseño será el objetivo principal del presente trabajo monográfico. El proyecto se ubica específicamente de la primera entrada conocida como empalme de Niquinohomo, 200 metros al norte y avanza con dirección noroeste hasta llegar al centro de estudio de educación primaria "República de Holanda". La elaboración del diseño del proyecto requerirá la realización de diversos estudios tales como: Estudio topográfico, de suelo, tránsito etc., fundamentando cada criterio de diseño en la normas Nic-2000, AASHTO, SIECA y haciendo uso del método murillo López de Souza para el diseño de la estructura de pavimento.



## I.2-ANTECEDENTES

La ciudad de Niquinohomo se fundó el 19 de febrero de 1970, confiriéndose el título de "villas de victorias" siendo elevada a categoría de ciudad el 24 de agosto de 1962. Dicho municipio se encuentra ubicado en el sector sur de la cabecera departamental de Masaya y posee una extensión territorial de 35 Km<sup>2</sup> (área urbana y rural). En base a datos obtenidos del último censo poblacional de INEC-2005, la población total en ese año fue de 14875 habitantes.

El municipio presenta una articulación directa a través de sus vías principales; que le permite comunicarse a una escala departamental, intermunicipal y municipal. Posee además caminos internos de tiempo seco y vías existentes de todo tiempo que cruzan todo el municipio comunicándolo entre sí. El transporte municipal está estructurado por camiones, camionetas, Automóviles, buses, microbuses, moto taxi etc.

El camino rural "Niquinohomo-Los Pósitos" es uno de los más transitados del municipio e importantes para el desarrollo económico de la zona, pues con tan solo una distancia de 8 Km, comunica la ciudad directamente con la cabecera departamental Masaya. Por tal razón es probable que a corto plazo se convierta en una importante vía pavimentada.

El primer tramo actualmente adoquinado, fue ejecutado durante la administración del ex edil Bosco Gaitán y financiados con fondos propios de la municipalidad. Aproximadamente 200 metros pavimentados (2 calles) constituyen este primer tramo, por lo tanto, nuestro proyecto "Adoquinado de tramo Niquinohomo-Los Positos", parte desde este punto y avanza en dirección noreste, hasta llegar a la escuela de educación primaria República de Holanda. Cabe señalar que el camino se ve afectado por fuertes lluvias en la época de invierno que socavan la vía, formándose charcos y originándose corrientes de forma trasversal, debido a la topografía de la zona.



### I.3-JUSTIFICACION

Con el diseño y ejecución de la estructuras de rodamiento, más las obras de drenaje superficial que se estime conveniente realizar en esta vía del municipio de Niquinohomo, se pretende en lo general brindar una mejor calidad de vida para sus habitantes y pobladores aledaños a dicho sector. La alcaldía de Niquinohomo lograría de esta manera dar respuesta a aproximadamente 200 familias que demandan dicho proyecto. De forma indirecta el proyecto de adoquinado de 1.5 km contribuirá significativamente al incremento de la red de infraestructura vial y desarrollo del municipio. Pero más importante aún, es que la ciudad de Masaya quedaría articulada con este proyecto, obteniendo así una segunda vía de menos longitud y mayor seguridad que la ya existente carretera panamericana.

Uno de los principales problemas es el mal estado del camino, el cual se torna intransitable en época de invierno, causando grandes pérdidas a la producción agrícola y al comercio de cítricos y demás productos de la zona. De igual forma se ven afectado los habitantes quienes en esta situación no pueden trasladarse a la zona urbana para recibir atención médica de emergencia en los centros de salud y hospitales de las ciudades vecinas, siendo los más afectados niños, ancianos y mujeres en estado de gestación. Tampoco podemos obviar las afectaciones a adolescentes y niños, que muchas veces se ven imposibilitados a asistir a sus centros de estudios por falta de medios de transporte.

Entre los principales logros directos que percibiría la población de los Positos, se encuentra los siguientes:

- Solución del problema de comunicación entre la comarca los Positos y el casco urbano del municipio de Niquinohomo.
- Disminución de los brotes epidémicos causados por el polvo, charcos durante la época lluviosa y seca del año.
- Desarrollo económico de la zona mediante la activación del transporte de insumos y evacuación de productos al resto del país.
- Aumento de plusvalía en las propiedades de la comarca los Positos.



## I.4-OBJETIVOS

### I.4.1 Objetivo General

1.4.1.1-Diseñar el tramo de carretera de 1.5 km de pavimento flexible para la comarca "Los Positos" localizada en la zona rural de Niquinohomo.

### I.4.2 Objetivos Específicos

1.4.2.1-Realizar los estudios de ingeniería (Estudio topográfico, Transito, Geotécnico, Hidrológico), necesarios para obtener un diseño adecuado.

1.4.2.2-Realizar un análisis cualitativo del impacto ambiental que generaría las obras de construcción, una vez que se ejecute el proyecto.

1.4.2.3-Diseñar la estructura de pavimento flexible a través del método Murillo López de Souza.

1.4.2.4-Diseñar geoméricamente el tramo total de carretera del proyecto "Adoquinado de tramo Niquinohomo-Los Positos".

1.4.2.5-Diseñar estructuras hidráulicas de drenaje pluvial a lo largo del tramo, a fin de garantizar la durabilidad de la estructura de pavimento.

1.4.2.6-Determinar el costo total del proyecto "Adoquinado de tramo Niquinohomo-Los Positos".



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA  
UNAN-MANAGUA**

**CAPITULO II  
DIAGNOSTICO PRELIMINAR DEL SITIO DE PROYECTO**

**DIAGNOSTICO PRELIMINAR**

**FORMULACION DEL PROYECTO**

**ESTUDIO TECNICO DE 1.5 KM DE ADOQUINADO PARA EL TRAMO DE  
CAMINO "NIQUINOHOMO-LOS POSITOS"**

**DEPARTAMENTO DE MASAYA**



## DIAGNOSTICO PRELIMINAR

El propósito del diagnóstico preliminar del sitio del proyecto es conocer el estado actual del tramo de camino en cuestión. Los estudios de ingeniería requeridos para este tipo de infraestructura (estudio topográfico, geotécnico, hidrológico etc.) se orientan con mayor eficiencia si se conoce el entorno físico del sitio de proyecto. Toda la información técnica disponible que pueda tenerse del proyecto, contribuirá significativamente en obtener un diseño ajustado a la realidad del sitio donde se construirá la vía de carretera.

A través del previo conocimiento de las características socioeconómicas de la zona, es posible medir cualitativamente el impacto positivo que tendrá el proyecto una vez que entre en funcionamiento.

## INFORMACION GENERAL DEL SITIO DEL PROYECTO

### Datos Generales del Proyecto

El sitio del proyecto de adoquinado Niquinohomo-Los Positos se encuentra ubicado en la zona rural del municipio de Niquinohomo. La población de esta comunidad los "Positos" poseen los servicios básicos de agua potable y energía eléctrica y alumbrado público. También existe un centro de educación primaria y preescolar. Además de un puesto de salud.

El tramo de carretera Niquinohomo-Los Positos es un camino de tierra de aproximadamente 1500 metros de longitud, con un ancho estimado de vía de 9 metros. Los tipos de vías de acceso al proyecto se encuentran pavimentadas con adoquín y asfalto.

El estado en que se encuentra el tramo actualmente es regular, aunque en época de invierno se dificulta el paso de vehículos, por el deterioro de la vía. La formación de corrientes que atraviesan de forma transversal el camino provoca el deterioro de vehículos livianos que intentan pasar. La siguiente tabla contiene la distancia aproximada del proyecto en kilómetros respecto a la capital, cabecera departamental y municipal:

**Distancia en km desde el sitio de proyecto:**

Capital ( Managua)	Departamento (Masaya)	Municipio (Niquinohomo)
44 ½ km	7 kilometro	½ kilometro

Tabla II.1.1- Distancia aproximada del proyecto.

**Identificación del problema**

La población de la comunidad Los Positos demanda la pronta construcción del tramo de carretera para evitar la formación de charcas que generan vectores de enfermedades respiratorias y gastrointestinales en la época de invierno. De igual forma se ven afectado por el polvo durante el periodo de verano.

Problema Principal	Causas	Efectos (Consecuencias)
Salud pública afectada por falta de infraestructura vial	-Creación de charcas en el camino durante la época lluviosa  -Formación de polvo durante el verano	Enfermedades respiratorias, gastrointestinales y oculares, infecciones dermatológicas.

Tabla II.1.2- identificación del problema- causa - efecto

**Datos relevantes de la población**

**Nivel de pobreza en la zona:**medio.

**Principales actividades económicas:** Agricultura, artesanía y comercialización de granos básicos, hortalizas y frutas hacia el mercado municipal de Masaya.

La siguiente tabla contiene los datos de la población, en base censos realizados.

Población	Hombres	Mujeres	Niñ@s	Ancianos	Total
<b>Población municipal(†)</b> <sup>1</sup>	7338	7509	ND	ND	14847
<b>Población Objetivo(*)</b> <sup>2</sup>	270	320	120	ND	710

Tabla II.1.3- Población municipal y comarcal.

<sup>1</sup>†Información tomada del XIII censo poblacional INEC-2005

<sup>2</sup>\*Información brindada por la alcaldía municipal de Niquinohomo



### **Información técnica**

A simple vista se puede observar que el suelo es generalmente arenoso, encontrándose afloramientos de piedras pómez. La profundidad del nivel freático en invierno es de 110 metros, y durante el verano de 120 metros

#### **Banco de materiales:**

Ubicación de los bancos de materiales respecto a la ubicación del proyecto

<b>Características del banco</b>	<b>Banco 1</b>	<b>Banco 2</b>
<b>Nombre del banco</b>	Las crucitas	Rufo Arévalo
<b>Tipo de tenencia(pública o privada)</b>	privada	privada
<b>Nombre del dueño</b>	Cooperativa Manuel	Rufo Arévalo
<b>Estado de la vía de acceso al banco</b>	regular	Buena
<b>Distancia ( proyecto-banco) km</b>	8 km	4 km
<b>¿Está en explotación?</b>	Si	Si
<b>Tipo de material(selecto, arena, bolón)</b>	Material selecto	Material selecto

Tabla II.1.4- Bancos de material de préstamo.

**Sistema de drenaje pluvial:** El sistema de drenaje pluvial en este sector es a través de cauces naturales bien definidos en el área, atravesando terrenos privados ubicados a orillas del camino Los Positos y desembocando en quebradas y terrenos baldíos de la ciudad de Masaya y Masatepe.

**Disposición de desechos sólidos:** Los desechos sólidos son recolectados por camiones de la alcaldía municipal para ser depositados en el vertedero de la ciudad. La frecuencia del servicio de recolección de basura es de tres veces por semana. La distancia del botadero municipal al sitio del proyecto es de dos kilómetros, y su vía de acceso se encuentra en buen estado.

**Topografía del terreno:** En lo general el municipio de Niquinohomo posee terrenos planos, con pendientes inferiores al 5 %.

**Tipo de suelo:** El tipo de suelo predominante es arenoso, aunque también en algunos lugares se puede encontrar arcillas.



## INFORMACION GENERAL DEL AREA DE INFLUENCIA

### <sup>3</sup>Información socioeconómica y técnica

#### Categoría de pobreza del municipio

Severa	Alta	Media	Menor
		X	

**Zona de influencia del proyecto:** urbana **Principales actividades económicas del municipio:** Agricultura, Artesanías, Turismo, Comercio.

**Otras características del municipio de Niquinohomo:** Goza de clima fresco(Sabana Tropical), debido a que posee una temperatura que oscila entre los 25°C y 26.5°C y una precipitación que varía entre los 1200 y 1400 mm.

**Distancia a la capital:** 44 km

**Densidad poblacional:** 657 hab/km<sup>2</sup>

**Relieve (accidentes geográficos):**El terreno es un 80% irregular y el resto es planicie productiva propicia para los cultivos tradicionales: arroz, frijol, maíz, hortalizas, verduras y cítricos. No existen accidentes orográficos ni hidrográficos en nuestra jurisdicción. La flora es abundante y variada, predominando en los pequeños bosques existentes el cedro, pochote, cenicero, laurel, guácimo, aceituno, guachipilín, Guanacaste, jocote jobo, roble, madroño, caimito, madero negro y guarumo. Estos árboles son afectados por el despale indiscriminado y clandestino de la población en la explotación carbonera y fabricación de productos de uso doméstico (sillas, camas, mesas etc.), lo que los pone en peligro de extinción. Siendo otras de las causas el avance de la frontera agrícola.

**Su fauna:** Entre algunas de las variedades de fauna silvestre que se han conservado hasta la actualidad se encuentra el garrobo, la guatusa, la viuda, la urraca, el colibrí, tucanes, chocoyos, guardabarranco etc.

<sup>3</sup>Fuente/ Ficha municipal de la alcaldía de Niquinohomo



### **Situación de los servicios básicos del municipio:**

**Agua potable:** 1667 usuarios registrados en todo el municipio. Cabe señalar que el servicio en la comunidad los Positos es deficiente, pues el agua les llega una vez por semana. Las familias se ven obligadas a caminar hasta 2 kilómetros de distancias en busca del vital líquido, cuando el agua almacenada se les termina.

**Telefonía:** 272 abonados.

**Energía eléctrica:** 2200 clientes del servicio.

**Centros de salud:** Un centro de salud en la zona urbana y tres puestos de salud ubicados en las comunidades de los Positos, las Crucitas y un tercero en el Portillo. En el resto de las comunidades existen casas bases que brindan atención de salud a la ciudadanía sin perjuicio de la atención en el centro de salud de la ciudad.

**Delegaciones del gobierno:** MINED, JUZGADO LOCAL, POLICIA NACIONAL, DEFENSORIA PUBLICA, MINSA, ENACAL, DISSUR, ENITEL.

**Centros de educación:** En la zona urbana: tres centros de educación secundaria, cuatro escuelas de primaria con su respectivo preescolar, y dos preescolares comunales. En la zona rural: nueve escuelas primarias con su respectivo preescolar y cinco preescolares comunales. En el sector los Positos está ubicado un preescolar y un centro de educación primaria.

**Situación de la economía municipal:** El municipio de acuerdo a los mapas de pobreza se clasifica en un nivel de pobreza media con un índice de desempleo de un 70%. La economía de Niquinohomo descansa principalmente en el sector primario. Las actividades principales son la agricultura y la ganadería. Las actividades agrícolas están dirigidas a la producción de granos básicos, café, cítricos y floricultura. La industria esta principalmente vinculada a la artesanía, los talleres artesanales trabajan diferentes ramas como alfarería y ebanistería. El sector servicio se compone de una serie de pequeños comercios: sastrerías, pulperías, panaderías, bares y restaurantes.



## CONCLUSION

La realización del estudio preliminar es de suma importancia en la formulación del proyecto adoquinado de tramo Niquinohomo-Los Positos. A través de la recopilación de información general del sitio del proyecto fue posible determinar el tipo y magnitud del proyecto, basado en las necesidades que demanda la población y en los beneficios socioeconómicos que trae consigo la ejecución de este tipo de infraestructura vial. Datos relevantes como la ubicación exacta del sitio del proyecto con referencia a la capital y al departamento, participación comunitaria en proyectos de esta índole, así como la población actual beneficiada o población objetivo; es sin lugar a dudas una valiosa información en el momento de tomar decisiones o criterios para el diseño del proyecto.

Más importante aún es la información técnica que genera dicho estudio, y que se presenta de forma explícita y sustentada en estudios recientes, e informaciones suministradas por la alcaldía municipal de la ciudad de Niquinohomo. Por ejemplo: La definición del tipo de suelo arenoso que predomina en el sector Los Positos se basa en muestreos realizados hace tres años por estudiantes universitarios; la determinación de la pendiente predominante de 2.5% ha sido un dato suministrado por ingenieros del área de proyectos de la alcaldía municipal; y también el análisis de las características geotécnicas de cada uno de los bancos de material selecto disponible en la zona, fue tomada de estudios previamente realizados. Todo lo anterior tiene que ser obviamente constatado a través de estudios más rigurosos que serán presentados en este trabajo monográfico.

Finalmente se ha incluido como parte complementaria la información general del área de influencia del proyecto, con la que obtenemos una visión clara del entorno del proyecto. La importancia de tener disponible información del entorno del proyecto radica en el hecho de que se puede evaluar de forma integral impactos ambientales causados en toda la zona del municipio diseñando de forma adecuada un plan de mitigación y seguimiento.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA  
UNAN-MANAGUA**

**CAPITULO III  
ESTUDIOS DE INGENIERIA**

ESTUDIO TOPOGRAFICO

ESTUDIO GEOTECNICO

ESTUDIO DE TRANSITO

ESTUDIO HIDROTECNICO

EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL

**FORMULACION DEL PROYECTO**

**ESTUDIO TECNICO DE 1.5 KM DE ADOQUINADO PARA EL TRAMO DE  
CAMINO "NIQUINOHOMO-LOS POSITOS"**

**DEPARTAMENTO DE MASAYA**



### III.1-ESTUDIO TOPOGRAFICO

El levantamiento topográfico es el conjunto de diversas operaciones realizadas con instrumentos especiales, cuya finalidad es la determinación de la posición relativa de los puntos relevantes localizados sobre la superficie de la tierra o a poca altura sobre ella. El resultado de dichas operaciones es la medición de distancias y ángulos horizontales y verticales, así como la ubicación de puntos sobre el terreno; todo ello representado gráficamente a través de un mapa topográfico.

En el campo de la ingeniería civil, el conocimiento de las características topográficas del terreno es prácticamente indispensable. El diseño de vías de carreteras, vías férreas, puentes y terracerías etc. requiere de un riguroso estudio topográfico que permita formular correctamente un determinado proyecto. Específicamente en el diseño vías de carreteras, el topógrafo debe de proporcionar al ingeniero o arquitecto toda la información topográfica siguiente.

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



## Equipo topográfico

El **Teodolito**: es un aparato universal utilizado en los levantamientos topográficos. Puede usarse para medir y trazar ángulos horizontales, verticales, diferencias de elevaciones, etc.

La **Plomada**: Es una pera metálica terminada en punta y suspendida de una cuerda muy fina, que sirve para marcar la proyección de un punto a cierta altura sobre el suelo.

La **Cinta**: Se utiliza en la medición de distancias tales como el levantamiento de secciones transversales, son de longitud variable.

El **Nivel**: Los niveles son instrumentos constituidos básicamente por un telescopio y un nivel de burbuja, dispuestos en forma tal que la visual (o línea de colimación definido por la intercepción de los hilos de la retícula) puede fijarse horizontalmente.

La **Estadia**: Es una regla graduada de sección rectangular, es utilizada para hacer nivelaciones con auxilio del nivel. Es una regla dividida en metros y fracciones de metro generalmente de colores vivos; blanco, negro y rojo para que resalten y puedan leerse con precisión a la mayor distancia posible.

**Equipo topográfico utilizado:** El equipo topográfico utilizado para este levantamiento fue facilitado por la alcaldía de Masatepe. En un lapso de tres semana se logró levantar el eje central del camino o poligonal abierta, y la nivelación compuesta sobre dicho eje central del camino. Los datos obtenidos fueron revisados por un técnico en topografía de la alcaldía de Niquinohomo.

- Teodolito DT 105
- Estadia CST de 5m
- Nivel NA 120
- Cinta métrica de 30m
- Plomadas



## MEMORIA DE CÁLCULO

Por considerar que se trata de un estudio meramente práctico donde los métodos de medición utilizados son diversos, hemos presentado la memoria de cálculo dividida en dos acápite principales con su respectiva explicación del método y procedimiento utilizado: planimetría y Altimetría.

El método utilizado para el levantamiento de la poligonal abierta del eje principal del camino es, por teodolito y cinta, la tabla (T/III.1.1- Datos del levantamiento del eje central del camino "Los Positos-Niquinohomo") presenta los datos de las mediciones efectuadas en el campo, como son: Los ángulos entre alineamientos, las distancias transversales y longitudinales entre puntos de interés. Así mismo, se incluye en esta tabla la determinación del azimut y el cálculo de los rumbos, definidos a partir de los datos antes mencionados, mediante fórmulas aquí presentadas.

Seguidamente mostramos los datos y cálculos de la nivelación del terreno, definiéndola como nivelación compuesta. Esta información está contenida en cuatro tablas (T/III.1.2.a; III.1.2.b; III.1.2.c; III.1.2.d-Datos de la nivelación compuesta del proyecto "Los Positos-Niquinohomo") que se elaboraron para recabar primeramente los registros de campo, tales como; Los estacionamientos a cada 20 mts de distancia longitudinal sobre el eje preliminar o central del camino; las diferentes lecturas de espalda, frente, e intermedias. Todo lo cual nos permitió calcular la altura del instrumento en sus distintas posiciones a lo largo del tramo de carretera, también se calculó las cotas del terreno en cada estacionamiento de forma transversal (izquierda, centro, derecha). De manera simultánea se fue efectuando las mediciones de distancias transversales en cada estacionamiento (cada 20 mts) del derecho de vía del camino (de cerco a cerco) y a las diferentes cotas registradas. Finalmente presentamos los datos del perfil longitudinal del eje preliminar del camino Los Positos-Niquinohomo.



## PLANIMETRIA

### **Levantamiento de la poligonal abierta (por el método de teodolito y cinta)**

Uno de los métodos más empleados en los levantamientos topográficos y quizás uno de los más precisos, es el levantamiento con cinta y teodolito (método utilizado en este estudio), estos se aplican en general a la mayor parte de los levantamientos de precisión ordinaria, excluyendo la nivelación. En las poligonales abiertas lo primero que el topógrafo debe definir es el sentido del itinerario, el cual puede ser positivo (en sentido de las manecillas de reloj) o negativo (anti-horario). Una vez definido el itinerario, se procede a hacer una descripción general del trabajo para trazar la poligonal, se debe elegir las estaciones de forma ventajosa para poder avanzar en el levantamiento. En este tipo de poligonales no se obtiene ningún cierre, no se puede determinar el error angular acumulativo, excepto por observaciones astronómicas o empezando y cerrando en líneas establecidas con anterioridad, cuyas direcciones y posiciones se conocen.

### **Procedimiento de Campo**

- 1-En la zona de trabajo ubicar los vértices de la poligonal, materializando estos por medio de estacas o clavos.
- 2-Definir el azimut de la línea inicial de la poligonal abierta con la ayuda de una brújula, estacionando en el vértice inicial (Estación A) de la poligonal ubicar el  $0^{\circ}0'0''$  en la dirección del norte magnético que señala la aguja de la brújula u girar hasta visar el segundo vértice de la poligonal (Estación B).
- 3-Definir el Angulo interno de la poligonal plantando el teodolito en la estación B, visando uno de los vértices de la poligonal (Ej. Estación D) y girar hacia el otro vértice (estación A).
- 4-Medir la distancia entre A y B y registrar su longitud.
- 5-Seguir el mismo procedimiento (de 1-4) para los siguientes estacionamientos de la poligonal.



### Trabajo de gabinete

**Tabla III.1.1-Datos del levantamiento del eje central del camino "Los Positos-Niquinohomo"**

Lados	int Angulo de alineamientos	Rumbos	Distancia Long(m)	Formula	Derecho de vía	
					izq	Der
1	*324°06'20"	35°53'40" NW		$360 - \varphi_{int}$	4.00	5.81
2	181°41'20"	34°12'20" NW	67.60	$180 + A - \varphi_{int}$	4.40	4.30
3	175°02'20"	39°10'00" NW	75.83	$180 + R - \varphi_{int}$	5.10	4.30
4	183°42'30"	42°52'30" NW	119.94	$180 + R - \varphi_{int}$	4.30	4.02
5	181°58'30"	44°51'00" NW	67.42	$180 + R - \varphi_{int}$	4.00	3.65
6	176°22'40"	41°13'40" NW	71.60	$180 + R - \varphi_{int}$	3.24	3.70
7	173°36'40"	34°50'20" NW	29.17	$180 + R - \varphi_{int}$	3.85	3.96
8	193°29'10"	21°21'10" NW	21.13	$180 + R - \varphi_{int}$	3.30	3.60
9	199°26'50"	01°54'20" NW	26.00	$180 + R - \varphi_{int}$	4.14	5.75
10	186°17'10"	04°22'50" NE	29.33	$\varphi_{int} + R - 180$	3.65	3.60
11	175°16'10"	00°21'00" NW	140.26	$180 + R - \varphi_{int}$	3.75	3.60
12	192°19'20"	12°40'20" NW	32.53	$180 + R - \varphi_{int}$	4.55	5.10
13	187°43'40"	20°24'00" NW	48.07	$180 + R - \varphi_{int}$	5.40	5.80
14	158°22'20"	01°13'40" NE	90.30	$180 + R - \varphi_{int}$	5.94	6.65
15	166°49'40"	14°24'00" NE	29.35	$\varphi_{int} + R - 180$	4.00	5.40
16	193°20'10"	01°03'50" NE	79.35	$\varphi_{int} + R - 180$	4.50	5.88
17	190°56'40"	09°52'50" NW	48.45	$\varphi_{int} + R - 180$	4.30	5.58
18	196°13'00"	26°05'50" NW	32.74	$180 + R - \varphi_{int}$	4.00	5.25
19	195°09'50"	41°15'40" NW	47.35	$180 + R - \varphi_{int}$	5.63	5.65
20	175°07'50"	46°07'50" NW	133.74	$180 + R - \varphi_{int}$	4.15	4.65
21	198°56'50"	27°11'00" NW	73.96	$180 + R - \varphi_{int}$	5.60	4.60
22	177°30'20"	29°40'40" NW	47.26	$180 + R - \varphi_{int}$	4.03	4.25
23	177°38'50"	32°01'50" NW	60.42	$180 + R - \varphi_{int}$	4.34	6.00
24	225°47'40"	13°45'50" NE	57.92	$180 + R - \varphi_{int}$	6.30	5.54
25	209°54'20"	43°40'10" NE	37.16	$\varphi_{int} + R - 180$	3.70	3.90
26	166°41'00"	30°21'10" NE	75.91	$\varphi_{int} + R - 180$	2.23	3.48

\* Azimut de 324°06'20"

† Todos los ángulos fueron tomados en el sentido horario.

Cabe señalar que simultáneamente a la realización del levantamiento topográfico se fue dejando indicando los PR (puntos de referencia) en cada estacionamiento a lo largo del camino.



## ALTIMETRIA

### La nivelación compuesta.

Es la nivelación más corriente y de más frecuente uso en la práctica diaria y no es más que una sucesión de varias nivelaciones simples.

En la nivelación compuesta el aparato no permanece en un mismo sitio sino que va trasladándose a diversos puntos desde cada uno de los cuales se toman nivelaciones simples que van ligándose entre sí por los llamados Puntos de Cambio (PC) o Puntos de Liga (PL). Es de vital importancia la escogencia del PC, ya que de esto depende en gran parte la precisión del trabajo. Este debe ser estable y de fácil identificación, por lo general se utilizan pines o planchas metálicas para esto.

Se define como Punto de Cambio o de Liga (PC o PL), al punto donde se ejecutan las lecturas de frente y de espalda para calcular la nueva altura del instrumento y la vez el enlace entre dos nivelaciones simples.

Una Lectura de Espalda (LE), es una lectura de hilo central efectuada en la mira sobre un punto de elevación conocida, como por ejemplo la lectura del BM que se toma como referencia para nivelar los puntos restantes.

Una Lectura de Frente (LF), es la lectura de hilo central efectuada en la mira sobre un punto cuya elevación se desea conocer o bien un punto de cambio.

### Precisión en la Nivelación Compuesta

Esta precisión depende probablemente de más factores que ningún otro trabajo topográfico y aunque influye mucho el instrumento empleado, es decisivo el grado de exactitud con que opera y la experiencia del observador, las condiciones atmosféricas también ejercen gran influencia sobre la precisión deseada. Las prácticas nos dicen que en circunstancias normales con un nivel bien corregido, el máximo de precisión se puede mantener dentro de los siguientes límites: Nivelación aproximada, nivelación ordinaria, nivelación de precisión y nivelación de alta precisión. Los levantamientos viales, son de carácter **ordinario**, se consideran



levantamientos planos y se ejecutan como tal. La nivelación ordinaria se requiere en construcción de carreteras, vías férreas u otras construcciones civiles. Con visuales hasta de 190m y permite un error máximo permisible de  $0.02\sqrt{k}$ , donde  $k$  es la distancia total del recorrido de la nivelación expresada en KM.

**Levantamiento de secciones transversales (Alineamiento vertical):** Se levantan secciones transversales cada 20 m, con una longitud recomendable que incluye el derecho de vía como mínimo.

### **Procedimiento de campo**

**Para realizar el levantamiento del perfil longitudinal y secciones transversales se tomaron en cuenta los siguientes aspectos.**

- 1.- Se definió la línea central de la obra a levantar con ayuda del teodolito.
- 2.- Se eligió un BM [cuneta visible], se refirió a la línea y se le asignó cota.
- 3.- Se estacionó la línea cada 20m.
- 4.- Se plantó el nivel en un punto adecuado de tal forma que permitiera observar el mayor número de estaciones desde el mismo sitio.
- 5.- Se ubicó la estadia en el BM y se efectuó la lectura de espalda.
- 6.- Se definió las secciones transversales perpendiculares a la línea central en cada estación y en las intersecciones espaciándolas según fuera conveniente.
- 7.- Se anotó lectura del hc (hilo central) en el centro de las secciones a la izquierda y derecha del eje y se registraron debidamente.
- 8.- Se efectuaron puntos de cambio cuando no se podía observar más lecturas en la estadia.
- 9.- Se realizó el trabajo de gabinete correspondiente.



Tabla III.1.2.a-DATOS DE LA NIVELACION COMPUESTA DEL PROYECTO "LOS POSITOS-NIQUINOHOMO"

ESTACION	LECTURA DE ESPALDA	A.I	LEC. INTERMEDIA					LECTURA DE FRENTE	COTAS					DISTANCIA TRANSVERSAL DESDE EL CENTRO			
			IZQ	CENTRO	DER	IZQ	CENTRO		DER	IZQ	DER						
BM	1.39	201.39							200								
0+000	1.39	201.39	1.30	1.53	1.64	1.62	1.39		200.09	199.86	199.75	199.77	200.00	3.90	3.15	3.15	4.10
0+020	1.39	201.39	1.20	1.50	1.72	1.84	1.80		200.19	199.89	199.67	199.55	194.59	4.00	3.15	3.15	3.85
PC1	1.57	201.44						1.52			199.87						
0+040	1.57	201.44	1.44	1.53	1.63	1.55	1.32		200.00	199.91	199.81	199.89	200.12	4.18	3.15	3.15	5.00
0+060	1.57	201.44	1.30	1.57	1.60	1.54	1.22		200.14	199.87	199.84	199.90	200.22	4.37	3.15	3.15	4.35
0+080	1.57	201.44	1.41	1.52	1.51	1.42	1.32		200.03	199.92	199.93	200.02	200.12	4.42	3.15	3.15	4.35
0+100	1.57	201.44	1.10	1.38	1.40	1.37	1.15		200.34	200.06	200.04	200.07	200.29	4.47	3.15	3.15	4.36
PC2	1.41	201.47						1.38			200.06						
0+120	1.41	201.47	1.25	1.42	1.65	1.62	1.10		200.22	200.05	199.82	199.85	200.37	4.50	3.15	3.15	4.36
0+140	1.41	201.47	1.50	1.77	1.99	2.00	1.65		199.97	199.70	199.48	199.47	199.82	5.00	3.15	3.15	4.32
0+160	1.41	201.47	1.41	1.96	2.22	2.17	1.56		200.06	199.51	199.25	199.30	199.91	5.00	3.15	3.15	4.30
0+180	1.41	201.47	2.01	2.45	2.55	2.20	1.87		199.46	199.02	198.92	199.27	199.60	4.95	3.15	3.15	4.29
0+200	1.41	201.47	2.50	2.92	2.77	2.55	1.99		198.97	198.55	198.70	198.92	199.48	4.80	3.15	3.15	4.27
PC3	1.37	199.89						2.95			198.52						
0+220	1.37	199.89	1.51	1.63	1.67	1.69	1.39		198.38	198.26	198.22	198.20	198.50	4.72	3.15	3.15	4.24
PC4	1.18	199.29						1.78			198.11						
0+240	1.18	199.29	1.01	1.12	1.31	1.04	0.89		198.28	198.17	197.98	198.25	198.40	4.50	3.15	3.15	4.20
0+260	1.18	199.29	1.31	1.55	1.64	1.25	1.15		197.98	197.74	197.65	198.04	198.14	4.70	3.15	3.15	4.15
0+280	1.18	199.29	1.51	1.73	1.93	1.45	1.31		197.78	197.56	197.36	197.84	197.98	4.50	3.15	3.15	4.20
PC5	1.10	198.46						1.93			197.36						
0+300	1.10	198.46	1.39	1.58	1.58	1.46	1.20		196.53	196.88	196.88	197.00	197.26	4.30	3.15	3.15	4.35
0+320	1.10	198.46	2.05	2.30	2.31	2.31	1.91		196.41	196.16	196.15	196.15	146.55	5.12	3.15	3.15	4.30
PC6	1.22	197.37						2.31			196.15						
0+340	1.22	197.37	1.31	1.61	1.65	1.61	1.15		196.06	195.76	195.72	195.76	196.22	5.00	3.15	3.15	4.35
0+360	1.22	197.37	1.50	1.99	2.02	1.63	1.21		195.87	195.38	195.35	195.74	196.16	4.71	3.15	3.15	4.32
PC7	1.17	196.52						2.02			195.35						
0+380	1.17	196.52	1.21	1.55	1.66	1.50	1.13		195.31	194.97	194.86	195.02	195.39	4.43	3.15	3.15	4.34
0+400	1.17	196.52	1.14	1.67	1.92	1.76	1.41		195.38	194.85	194.60	194.76	195.11	4.24	3.15	3.15	4.35
PC8	1.33	195.93						1.92			194.60						



Tabla III.1.2.b-DATOS DE LA NIVELACION COMPUESTA DEL PROYECTO "LOS POSITOS-NIQUINOHOMO"

	LECTURA DE ESPALDA	A.I	LEC. INTERMEDIA					LECTURA DE FRENTE	COTAS					DISTANCIA TRANSVERSAL DESDE EL CENTRO			
			IZQ	CENTRO	DER	IZQ	CENTRO		DER	IZQ	DER						
0+420	1.33	195.93	1.02	1.39	1.58	1.52	1.15		194.91	194.54	194.35	194.41	194.78	4.20	3.15	3.15	4.35
PC9	1.41	195.76						1.58			194.35						
0+440	1.41	195.76	1.17	1.46	1.59	1.64	1.25		194.59	194.30	194.17	194.12	194.51	4.27	3.15	3.15	4.40
0+450	1.41	195.76	1.20	1.51	1.65	1.70	1.21		194.56	194.25	194.11	194.06	194.55	4.30	3.15	3.15	4.50
PC10	1.39	195.50						1.65			194.11						
0+460	1.39	195.50	1.10	1.48	1.47	1.57	1.41		194.40	194.02	194.03	193.93	194.09	4.40	3.15	3.15	4.45
0+470	1.39	195.50	1.21	1.59	1.59	1.71	1.57		194.29	193.91	193.91	193.79	193.93	4.46	3.15	3.15	4.55
0+480	1.39	195.50	1.15	1.65	1.71	1.74	1.25		194.35	193.85	193.79	193.76	194.25	4.45	3.15	3.15	4.50
PC11	1.44	195.23						1.71			193.79						
0+500	1.44	195.23	1.68	1.66	1.65	1.65	1.61		193.55	193.57	193.58	193.58	193.62	4.57	3.15	3.15	4.42
0+520	1.44	195.23	1.81	1.76	1.90	1.89	1.76		193.42	193.47	193.33	193.34	193.47	4.72	3.15	3.15	4.47
PC12	1.34	194.67						1.90			193.33						
0+540	1.34	194.67	1.41	1.63	1.79	1.68	1.51		193.26	193.04	192.88	192.99	193.16	4.65	3.15	3.15	4.60
0+560	1.34	194.67	1.57	1.87	2.14	2.05	1.79		193.10	192.80	192.53	192.62	192.88	4.62	3.15	3.15	4.55
PC13	1.39	193.92						2.14			192.53						
0+580	1.39	193.92	1.21	1.69	1.59	1.34	1.30		192.71	192.23	192.33	192.58	192.62	5.15	3.15	3.15	4.54
0+600	1.39	193.92	1.50	1.89	1.77	1.70	1.61		192.42	192.03	192.15	192.22	192.41	4.57	3.15	3.15	5.20
PC14	1.32	193.47						1.77			192.15						
0+620	1.32	193.47	1.31	1.61	1.52	1.52	1.41		192.16	191.86	191.95	191.95	192.06	4.95	3.15	3.15	4.44
0+640	1.32	193.47	1.20	1.57	1.74	1.81	1.39		192.17	191.90	191.73	191.66	192.08	5.10	3.15	3.15	4.65
0+660	1.32	193.47	1.51	1.60	1.67	1.74	1.51		191.96	191.87	191.80	191.73	191.96	4.42	3.15	3.15	4.50
PC15	1.65	193.45						1.67			191.80						
0+680	1.65	193.45	1.31	1.5	1.45	1.33	1.15		192.14	191.95	192.0	192.12	192.30	4.50	3.15	3.15	4.80
0+700	1.65	193.45	1.90	2.01	1.91	1.37	1.20		191.55	191.44	191.54	192.08	192.25	5.10	3.15	3.15	5.30
0+720	1.65	193.45	2.32	2.74	2.57	2.5	2.15		191.13	190.71	190.88	190.95	191.30	5.36	3.15	3.15	5.62
PC16	1.03	191.91						2.57			190.88						
0+740	1.03	191.91	1.51	1.91	1.81	1.95	1.41		190.40	190.0	190.10	189.96	190.50	5.42	3.15	3.15	5.50
0+760	1.03	191.91	2.71	3.35	3.24	3.1	2.05		189.20	188.56	188.67	188.81	189.86	5.60	3.15	3.15	5.48
0+780	1.03	191.91	4.05	4.71	4.73	4.59	3.21		187.86	187.20	187.18	187.32	188.70	5.65	3.15	3.15	5.46
PC17	0.57	187.75	1.69					4.73			187.18						



Tabla III.1.2.c-DATOS DE LA NIVELACION COMPUESTA DEL PROYECTO "LOS POSITOS-NIQUINOHOMO"

ESTACION	LECTURA DE ESPALDA	A.I	LEC. INTERMEDIA					LECTURA DE FRENTE	COTAS						DISTANCIA TRANSVERSAL DESEDE EL CENTRO			
			IZQ		CENTRO		DER		IZQ		CENTRO		DER		IZQ		DER	
0+800	0.57	187.75	1.69	2.07	2.22	2.23	2.11		186.06	185.68	185.53	185.52	185.64	5.72	3.15	3.15	5.50	
0+820	0.57	187.75	3.10	3.58	3.45	3.54	3.21		184.65	184.17	184.30	184.21	184.54	5.80	3.15	3.15	5.60	
PC18	1.04	185.34						3.45			184.30							
0+840	1.04	185.34	1.00	1.39	1.57	1.61	1.51		184.34	183.95	183.77	183.73	183.83	4.50	3.15	3.15	5.45	
PC19	1.22	184.99						1.57			183.77							
0+860	1.22	184.99	0.97	1.4	1.49	1.55	1.21		184.02	183.59	183.50	183.44	183.78	4.70	3.15	3.15	5.50	
0+880	1.22	184.99	1.00	1.2	1.17	1.35	1.07		183.99	183.79	183.82	183.64	183.92	4.60	3.15	3.15	5.60	
0+900	1.22	184.99	1.15	0.61	0.71	0.81	0.5		184.84	184.38	184.28	184.18	184.50	4.80	3.15	3.15	5.60	
PC20	1.88	186.16						0.71			184.28							
0+920	1.88	186.16	1.21	1.33	1.25	0.98	0.71		184.95	184.83	184.91	185.18	185.45	4.50	3.15	3.15	5.85	
0+940	1.88	186.16	0.81	1.13	1.03	0.79	0.5		185.35	185.03	185.13	185.37	185.68	4.43	3.15	3.15	5.80	
0+960	1.88	186.16	1.15	1.69	1.46	1.56	1.15		185.01	184.47	184.70	184.60	185.01	4.37	3.15	3.15	5.71	
0+980	1.88	186.16	1.95	2.22	1.98	1.98	1.21		184.21	183.94	184.18	184.18	184.95	4.33	3.15	3.15	5.60	
PC21	1.06	185.24						1.98			184.18							
1+000	1.06	185.24	1.51	1.63	1.6	1.67	1.01		183.73	183.61	183.64	183.57	184.25	5.00	3.15	3.15	5.26	
1+020	1.06	185.24	1.47	1.91	1.9	1.84	1.55		183.77	183.33	183.34	183.40	183.69	4.80	3.15	3.15	5.35	
1+040	1.06	185.24	1.81	2.18	1.8	1.88	1.81		183.43	183.06	183.44	183.36	183.43	4.60	3.15	3.15	5.63	
1+060	1.06	185.24	2.05	2.21	1.96	2.03	1.35		183.19	183.03	183.28	183.21	183.89	5.56	3.15	3.15	5.50	
PC22	1.18	184.46						1.96			183.28							
1+080	1.18	184.46	1.21	1.39	1.66	1.59	1.02		183.25	183.07	182.80	182.87	183.44	4.70	3.15	3.15	5.10	
1+100	1.18	184.46	2.00	2.4	2.52	2.12	1.01		182.25	182.06	181.94	182.34	183.45	4.72	3.15	3.15	4.60	
PC23	0.7	182.64						2.52			181.94							
1+120	0.7	182.64	1.15	1.58	1.65	1.65	1.10		181.44	181.06	180.99	180.99	181.54	4.70	3.15	3.15	4.90	
1+140	0.7	182.64	2.10	2.35	2.23	2.17	2.71		180.54	180.29	180.41	180.47	180.93	4.52	3.15	3.15	4.83	
PC24	1.09	181.5						2.23			180.41							
1+160	1.09	181.5	1.40	1.79	1.51	1.39	1.20		180.10	179.71	179.99	180.11	180.30	4.35	3.15	3.15	4.75	
1+180	1.09	181.5	2.00	2.12	2	1.85	1.21		179.50	179.38	179.50	179.65	180.24	5.20	3.15	3.15	4.59	
PC25	0.58	180.08						2			179.50							
1+200	0.58	180.08	2.00	2.08	2.09	2.21	2.01		178.08	178.0	177.99	177.87	178.07	5.25	3.15	3.15	4.70	
1+220	0.58	180.08	2.71	3.44	3.89	3.6	3.00		177.37	176.64	176.19	176.48	177.08	4.35	3.15	3.15	4.50	



Tabla III.1.2.d-DATOS DE LA NIVELACION COMPUESTA DEL PROYECTO "LOS POSITOS-NIQUINOHOMO"

ESTACION	LECTURA DE ESPALDA	A.I	LEC. INTERMEDIA					LECTURA DE FRENTE	COTAS					DISTANCIA TRANSVERSAL DESDE EL CENTRO			
			IZQ		CENTRO	DER			IZQ		CENTRO	DER		IZQ		DER	
PC26	0.37	176.56						3.89			176.19						
1+240	0.37	176.56	1.51	1.84	1.79	1.77	1.41		175.05	174.72	174.77	174.79	175.15	4.30	3.15	3.15	4.35
1+260	0.37	176.56	2.15	2.74	2.76	2.76	2.15		174.41	173.82	173.80	173.80	174.41	5.53	3.15	3.15	4.58
PC27	1.1	174.9						2.76			173.80						
1+280	1.1	174.9	1.25	1.68	1.64	1.71	1.20		173.65	173.22	173.26	173.19	173.70	4.96	3.15	3.15	4.41
1+300	1.1	174.9	2.01	2.25	2.02	1.79	1.59		172.89	172.65	172.88	173.11	173.31	4.30	3.15	3.15	4.28
1+320	1.1	174.9	2.00	2.42	2.4	2.12	2.01		172.90	172.48	172.50	172.78	172.89	4.35	3.15	3.15	4.71
PC28	1.11	173.61						2.4			172.50						
1+340	1.11	173.61	1.05	1.48	1.47	1.32	1.30		172.56	172.13	172.14	172.29	172.31	4.30	3.15	3.15	5.53
1+360	1.11	173.61	1.51	1.82	1.65	1.53	1.05		172.10	171.79	171.96	172.08	172.56	4.49	3.15	3.15	5.93
1+380	1.11	173.61	1.71	2.15	1.99	2.17	2.00		171.90	171.46	171.62	171.44	171.61	5.00	3.15	3.15	5.31
PC29	1.08	172.7						1.99			171.62						
1+400	1.08	172.7	1.10	1.55	1.38	1.45	1.05		171.60	171.15	171.32	171.25	171.65	5.70	3.15	3.15	5.62
1+420	1.08	172.7	1.21	1.85	1.68	1.77	1.15		171.49	170.85	171.02	170.93	171.55	6.33	3.15	3.15	5.50
PC30	1.39	172.41						1.68			171.02						
1+430	1.39	172.41	1.55	1.64	1.55	1.57	1.21		170.86	170.77	170.86	170.84	171.20	<b>3.90</b>	<b>3.15</b>	<b>3.15</b>	<b>8.49</b>
1+440	1.39	172.41	1.25	1.77	1.66	1.76	1.24		171.16	170.64	170.75	170.65	171.17	<b>4.30</b>	<b>3.15</b>	<b>3.15</b>	<b>6.02</b>
1+450	1.39	172.41	1.47	1.99	1.88	2.04	1.51		170.94	170.42	170.53	170.37	170.90	4.35	3.15	3.15	3.88
PC31	1.23	171.76						1.88			170.53						
1+460	1.23	171.76	1.49	1.96	1.96	1.96	1.15		170.27	169.80	169.80	169.80	170.61	4.40	3.15	3.15	3.95
1+480	1.23	171.76	3.00	3.73	3.73	3.73	2.96		168.76	168.03	168.03	168.03	168.80	4.20	3.15	3.15	3.65
PC32	0.04	168.07						3.73			168.03						
1+500	0.04	168.07	1.00	1.91	1.91	1.91	1.75		167.07	166.16	166.16	166.16	166.32	4.30	3.15	3.15	3.70
1+520	0.04	168.07	2.65	3	3	3	2.30		165.38	165.07	165.07	165.07	165.73	4.15	3.15	3.15	3.95



## CONCLUSION

El levantamiento topográfico es uno de los estudios principales en la formulación de cualquier proyecto tanto horizontal como vertical, y su elaboración debe ser realizada con mucho detenimiento y precisión. Cualquier error en los datos registrados afectara considerablemente los diseños y por ende la formulación entera no estará bien. Por esta razón hemos efectuado este levantamiento topográfico con supervisión de un técnico de la alcaldía municipal de Niquinohomo.

La primera parte del estudio topográfico correspondiente a planimetría permitió primeramente levantar el eje preliminar del camino, el cual lo representamos a través de una poligonal abierta a lo largo de dicho tramo, y también se definió el derecho de vía del tramo de carretera. Esto es de suma importancia para fijar lo que será el eje definitivo de la vía, una vez que las curvas de nivel sean incorporadas en los planos. Todo lo cual se realizó con la ayuda del software especializado Land desktop Civil 3D.

La nivelación compuesta (Altimetría) nos suministró la información necesaria para conocer las diferentes alturas del terreno, para posteriormente representarlas a través de un plano de curvas de nivel, con el cual, una vez obtenido el diseño del pavimento generar las secciones transversales a distancias específicas en todo el tramo de camino, haciendo uso siempre del programa antes mencionado.

La realización de este estudio refleja que el terreno es relativamente plano con pendiente media de aproximadamente 2.5 % (vea la tabla anexa III.3-5/ Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales). El camino mantiene una dirección noroeste (NW) con leves inclinaciones al noreste (NE), pero al final en los últimos 200 metros se inclina fuertemente hacia el noreste (NE). Como se puede apreciar en los planos.



### III.2-ESTUDIO GEOTECNICO

En este capítulo se presentan los resultados de la investigación efectuada a partir de los sondeos manuales con muestras alteradas. Este trabajo se realizó con el propósito de obtener las principales características del sub-suelo del tramo de carretera Niquinohomo-Los Positos en donde se requiere realizar el diseño de estructuras de pavimento.

Suelo: Se define en ingeniería como cualquier material no consolidado compuesto de distintas partículas sólidas con gases o líquidos incluidos. El suelo contiene una amplia variedad de material tales como la grava, arena, mezclas arcillosas, limos, etc. Existen dos problemas al analizar los suelos en la naturaleza: Como se encuentran los suelos en la naturaleza y como se transforman estos materiales naturales en nuevos materiales estructurales. Ante esto se hace indispensable realizar pruebas de laboratorio que consisten analizar muestras de suelo mediante procedimientos y mecanismos especiales. Las muestras pueden ser recolectadas mediante tres tipos de sondeos: Manuales, a percusión y a rotación.

#### **Análisis Granulométrico (Método Mecánico)**

El análisis granulométrico tiene por objeto determinar el tamaño de las partículas o granos que constituye un suelo y fijar, en porcentaje de su peso total, la cantidad de granos de distintos tamaños que el mismo contiene. El procedimiento del ensaye consiste en tomar una muestra de suelo de peso conocido, colocarlo en un juego de tamices ordenados de mayor a menor abertura, y registrar los pesos retenidos parciales en cada tamiz. Sin embargo debido a que el menor tamaño de tamiz que generalmente se utiliza es 0.074 mm (malla # 200), el análisis mecánico está restringido a partículas mayores que ese tamaño, que corresponde a arenas limpias y finas. Por lo tanto si el suelo contiene partículas menores que dicho tamaño la muestra de suelo analizada debe ser separada en dos partes para análisis mecánico y vía humedad (hidrometría).

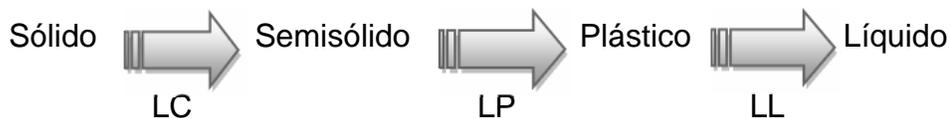


### Estados De Consistencia (De Atterberg)

Una de las pruebas a realizar consiste en la determinación de los estados de consistencia. Los Límites de Consistencia principales son:

- Límite de contracción (LC)
- Límite Plástico (LP)
- Límite Líquido (LL)

Estos se utilizan para saber cuándo un suelo cambia de un estado a otro con respecto al porcentaje de humedad. Cuando el contenido de agua es muy elevado, realmente se tiene una suspensión muy concentrada, sin resistencia estática al esfuerzo cortante; al perder agua va aumentando esa resistencia hasta alcanzar un estado plástico donde el material es fácilmente moldeable; si el secado continua el suelo llega a adquirir las características de un sólido, pudiendo resistir esfuerzos de compresión y tensión considerable. El siguiente esquema representa con mayor claridad lo que se quiere decir:



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

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

- Método HRB (AASHTO)
- Método SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos)



El primero tiene su principal aplicación en los suelos que se van a clasificar para ser utilizados en obras horizontales, mientras que el segundo se utiliza para clasificar suelos que serán utilizados en obras verticales. Cabe señalar que en este trabajo se utilizara los dos métodos de clasificación (HRB, y SUCS).

Para la clasificación de suelos se necesita de la siguiente información: Tabla de clasificación de suelos (ASSHTO); Porcentaje que pasa la malla #200, #40 y #10; Límite líquido y límite plástico (LL, LP); Índice de plasticidad  $IP = LL - LP$ ; Índice de Grupo.  $IG = 0.2a + 0.05ac + 0.01bd$ . Dónde:

$$a = \%QP\#200 - 35$$

$$b = \%QP\#200 - 15$$

$$a_{\text{mín}} = 0$$

$$b_{\text{mín}} = 0$$

$$a_{\text{máx}} = 40$$

$$b_{\text{máx}} = 40$$

$$c = LL - 40$$

$$d = IP - 10$$

$$c_{\text{mín}} = 0$$

$$d_{\text{mín}} = 0$$

$$c_{\text{máx}} = 20$$

$$d_{\text{máx}} = 20$$

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

### **Compactación De suelos**

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

### **Factores que afectan la compactación de los suelos:**

**Contenido De Humedad:** Se trata la cantidad de agua existente en el suelo, este tiene gran importancia en el momento de la compactación. El agua mejora la unión entre las partículas de arcilla, que es lo que da cohesión a diversos materiales, sin embargo el exceso puede ser fatal puesto que produce el efecto de licuefacción siendo desfavorable para cualquier tipo de construcción. Se ha demostrado que para casi cualquier tipo de suelo corresponde un cierto contenido de agua, denominado grado óptimo de humedad, con el que es posible obtener la densidad máxima con una fuerza determinada de compactación.



### **Energía De Compactación**

Se refiere al método que se utiliza con una máquina de compactación a fin de aplicar energía mecánica en el suelo. Los compactadores se diseñan para utilizar una o varias de las formas siguientes de energía de compactación:

- Peso estático
- Acción de amasamiento
- Percusión
- Vibración

### **Tipo De Suelo**

Esto se refiere tipo de granulometría que posea el suelo: se considera que un suelo está bien granulado si contiene una distribución buena y uniforme de tamaños de partículas. Cuanto menos espacio vacío exista entre las partículas, mejor grado de compactación tendrá.

### **CBR (Valor relativo soporte)**

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

CBR para:

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

El CBR de diseño depende del tránsito:

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

Tabla III.2.1: CBR de diseño según tipo de tránsito.



## RESULTADOS DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO

Para definir los espesores óptimos en la carpeta de rodamiento y localizar las fuentes de materiales apropiados para que estos sean colocados en la superficie del camino se elaboraron las siguientes actividades que comprenden el Estudio Geotécnico del proyecto:

### Trabajos de Campo y Laboratorio de la sub-rasante

Los ensayos de laboratorio se ejecutaron de acuerdo a las siguientes normas mostradas en la Tabla.

No.	Tipo de Ensaye	Cantidad	Norma
1	Granulometría	19	ASTM D-422
2	Límites Líquido	2	ASTM D-423
3	Límite Plástico e índice.	2	ASTM D-424
	Clasificación	19	H.R.B.;SUSC
4	Gravedad Específica	3	AASHTO T 93-86
5	Proctor Modificado	3	AASHTO T 180-90
6	CBR	6	AASHTO T-180 y T-99
	<b>Total</b>	<b>35</b>	

Tabla III.2.2: Ensayes de laboratorio

En total se ejecutaron 35 ensayos a muestras alteradas encontrados a lo largo del tramo de camino Niquinohomo-Los Positos. Es preciso señalar que a cada muestra de CBR reflejada en la tabla corresponden ensayos con diferentes porcentajes de compactación (90%,95%,100%), de acuerdo al procedimiento de laboratorio recomendado.



**Sondeos manuales:** El trabajo de campo consistió en tomas de muestras de sondeos manuales (10) distribuidos cada 150 m aproximadamente de la cual se obtuvieron un total de 20 muestras alteradas a las cuales se les practicaron los respectivos ensayos de laboratorio. La profundidad de cada sondeo fue de 1.20 metros, suficiente para obtener muestras de los componentes y estratigrafía del camino. Todas las muestras alteradas obtenidas de los sondeos manuales además de la caracterización visual y manual, se clasificaron, rotularon y trasladaron al laboratorio para su posterior evaluación y ensayo de acuerdo a los procedimientos y normas establecidas. Como se menciona anteriormente de los sondeos manuales se obtuvieron en lo general suelos tipo limo-arenoso, los que se encuentran mezclados en diferentes proporciones y lo que arrojan clasificaciones como A-2-4 (0), A-1-b (0) A-4 (0-5) y A-6 (3) con comportamientos en su mayoría NP . En este sentido, el aporte a la estructura de pavimento es considerable.

#### **Fuente de Materiales y Pruebas de CBR del banco "Rufo Arévalo"**

Con el objetivo de hacer una caracterización completa de los componentes estructurales de las capas de la vía y evaluar su calidad como material selecto, se procedió a realizar muestras para CBR de la siguiente manera: En total se prepararon 3 grupos de muestras para ser ejecutados los ensayos de CBR. Se compactaron las muestras con la energía aplicada para las capas superficiales de acuerdo a la norma AASHTO T-180. Las muestras tomadas de este banco, acusan un material clasificado A-1-a (0). La muestra representativa es tomada como se muestra en la localización del banco (ver anexo) el que arroja resultados de CBR de 54%, 65% y 76 % para un Proctor Modificado de 90%, 95% y 100% respectivamente. Las cualidades físico mecánicas del componente gravo arenoso son suficientes para componer la base y sub base de la estructura de la vía. Se observó un camino de acceso al banco en buen estado, además de un volumen de material de aproximadamente 12,000 metros cúbicos.



## MEMORIA DE CÁLCULO

Las tablas mostradas contienen los cálculos finales realizados para determinar el tipo de suelo encontrado en el área de proyecto (sector los Positos-Niquinohomo) y su CBR de diseño, tanto del suelo correspondiente a la sub-rasante, como también del banco de material selecto Rufo Arévalo. Cabe señalar que los diferentes ensayos de laboratorio (granulometría, estados de consistencias, compactación, proctor modificado, gravedad específica y CBR) practicados a muestras alteradas, las hemos puesto en anexos.

Los primeros dos ensayos de laboratorio (granulometría y estados de consistencia) fueron suficientes para clasificar el tipo de suelo de los estratos encontrados tanto de la sub-rasante como del banco de material selecto Rufo Arévalo, por los dos métodos de clasificación disponible (HRB Y SUCS). Estos cálculos los presentamos en dos tablas (T/III.2.3.a; III.2.3.b-Resultados de los ensayos de suelo para su clasificación). También hemos incluido una figura representando la estratigrafía de las muestras alteradas de la sub-rasante (F/III.2.1.a; III.2.1.b-Estratigrafía de muestras alteradas encontradas en la sub-rasante), para una mayor comprensión del tipo de suelo que predomina en el sector "Los Positos-Niquinohomo".

Finalmente los ensayos de compactación y gravedad específica, permitieron llevar a cabo el ensayo denominado CBR (Relación soporte de california), con el cual dimos por concluido el estudio de suelo. Los datos los presentamos primeramente en la tabla (T/III.2.4-Resultados de prueba de CBR saturado correspondiente a la sub-rasante). Adicionalmente hemos puesto las gráficas esfuerzo Vs penetración (G/III.2.1a; III.2.1.b-Graficas sin corregir de muestras de la sub-rasante) de los ensayos de CBR, por considerar que también son parte del cálculo del CBR de diseño.



Las gráficas (esfuerzo-penetración) pertenecientes a la sub-rasante, fueron corregidas por no cumplir con la característica de uniformidad, seguramente debido a irregularidades en la superficie de la probeta. Dicha corrección consistió en rectificar el punto cero del origen, trazando una recta tangente en el punto de mayor pendiente de la curva y trasladando el origen al punto donde la tangente corta la curva. Por tal razón decidimos incluir las gráficas individuales corregidas (G/III.2.2-Graficas individuales corregidas de muestras de la sub-rasante), para obtener de esa manera los verdaderos valores de CBR.

Seguidamente presentamos en tres tablas (T/III.2.5.a;III.2.5.b;III.2.6-Resultado de CBR saturado correspondiente a la sub-rasante y al banco de material selecto Rufo Arévalo) los cálculos finales que contienen el CBR de la sub-rasante y del banco de material selecto Rufo Arévalo, a la par su correspondiente grafica por muestra analizada y a distintos grados de compactación (G/III.2.3.a;III.2.3.b;III.2.4-Grafica correspondiente a la muestra de la sub-rasante y del banco de material Rufo Arévalo) y una tabla que contiene los datos del análisis de la curva de compactación de cada una de las muestras, como son la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo. Exclusivamente para la muestra analizada A-1-a(0) perteneciente al banco de material selecto Rufo Arévalo, presentamos su peso volumétrico seco suelto (PVSS) y el peso volumétrico húmedo compacto (PVHC).

Finalmente presentamos dos graficas de líneas de tendencias (G/III.2.5.a;III.2.5.b-Lineas de tendencia grado de compactación vs. CBR), con la cual se logró calcular los valores finales de CBR a grados exactos de compactación (100%, 95%, 90% proctor modificado). Estos datos están contenidos en la tabla (T/III.2.7-Resultado final de CBR de la sub-rasante).

**Tabla III.2.3.a-RESULTADOS DE LOS ENSAYES DE SUELOS PARA SU CLASIFICACION**PROYECTO: Adoquinado / Niquinohomo los Positos FECHA: JUNIO 17 DE 201

Ident	Sondeo	Prof (cm)	Muestra	Porcentaje que pasa por tamiz								L.Liq (%)	L.Plást (%)	In P (%)	Clasificación HRB	Clasificación SUCS	G(%)	S(%)	F(%)
				½"	"	#4	%p#4	#10	#40	#200	%p#200								
				90.7	64.7	184.4	624.6	17.4	20.7	19.3	43.7				A-2-4(0)	SM	35	37	28
0+020	1	0-20	1	90.6	83.9	64.8		53.7	40.4	28		-	-	-					
				0	24	37	762	12.5	18.4	17.2	42.5								
0+020	1	35-120	2	100	97.1	92.6		79.8	61	43.4		-	-	-	A-4(0)	SM	8	49	43
				0	15.3	114.4	738.2	6.8	24.6	29.2	40.4								
0+170	2	0-30	1	100	98.2	85		79.3	58.3	34		-	-	-	A-2-4(0)	SM	15	51	34
				0	0	90.7	522.3	8.8	15.5	20.5	57.9								
0+170	2	30-120	2	100	100	85.2		77.9	65	48		-	-	-	A-4(3)	SM	15	37	48
				0	0	70.1	858.7	13.9	41	37.3	17								
0+260	3	0-70	1	100	100	92.5		80.7	46	14.4		-	-	-	A-1-b(0)	SM	8	78	14
				0	0	79.9	850	10.5	35.5	37.6	23								
0+260	3	70-120	2	100	100	91.4		82.4	51.9	19.7		-	-	-	A-2-4(0)	SM	8	72	20
				14.5	6.2	36.8	855.9	7.1	35.2	38.8	24.4								
0+390	4	0-70	1	98.4	97.7	93.7		87.4	56.1	21.7		-	-	-	A-2-4(0)	SM	6	72	22
				7.5	8.2	60.5	815.7	12.2	40.5	36.4	25.1								
0+390	4	70-120	2	99.2	98.3	91.5		81.7	49.3	20.1		-	-	-	A-1-b(0)	SM	9	71	20
				0	0	55.4	668.3	12.8	32.7	25.9	31.4								
0+510	5	0-60	1	100	100	92.3		80.8	51.4	28.2		-	-	-	A-2-4(0)	SM	8	64	28
				0	0	26.1	815	8.1	38.7	31.5	25								
0+510	5	60-120	2	100	100	96.9		89.3	53	23.5									



**TABLA III.2.3.b-RESULTADOS DE LOS ENSAYES DE SUELOS PARA SU CLASIFICACION**

**PROYECTO:** Adoquinado / Niquinohomo los Positos **FECHA:** JUNIO 17 DE 2011

Ident	Sondeo	Prof (cm)	Muestra	Porcentaje que pasa por tamiz								L.Liq (%)	L.Plást (%)	In P (%)	Clasificación HRB	Clasificación SUCS	G(%)	S(%)	F(%)
				½"	"	#4	%p#4	#10	#40	#200	%p#200								
				0	12.3	55.8	930.2	15.2	32.3	47.5	27.5	-	-	-					
0+640	6	0-120	1	100	98.8	93.2		81.6	57	20.9					A-2-4(0)	SM	7	72	21
				19.9	50.2	188.9	819.3	10.8	27.1	26.6	39.3				A-2-4(0)	SM	24	47	29
0+740	7	0-25	1	98.2	93.5	76		68.1	48.3	28.8		-	-	-					
				0	0	9.6	816	0.5	6.7	34.3	63.6								
0+740	7	25-120	2	100	100	98.8		98.3	92	59.8		26.6	24.3	2.4	A-4(5)	ML	1	39	60
				6.5	5.3	50.4	808.9	11	39.7	33.3	22.5								
1+010	8	0-65	1	99.3	98.7	92.7		83.3	48.7	19.6		-	-	-	A-1-b(0)	SM	7	73	20
				7	3.1	70	1007	14.9	60.6	30.9	1.4								
1+010	8	65-90	2	99.3	99	92.6		79.8	27.7	1.2		-	-	-	A-1-b(0)	SW	1	98	2
				0	2.3	47	713.9	7.5	25.1	20.7	56.3								
1+010	8	90-120	3	100	99.7	93.5		87.1	65.7	48		26.6	14.5	12.1	A-6(3)	SC	6.5	45.5	48
				14.6	7.5	37.4	856.8	9.1	32.9	36.9	24								
1+250	9	0-60	1	98.4	97.6	93.5		85.2	55.3	218		-	-	-	A-2-4(0)	SM	6	72	22
				0	4.4	44.7	831.4	10.2	38.7	36.6	21.4								
1+250	9	60-120	2	100	99.5	94.4		85.4	51.2	18.9		-	-	-	A-1-b(0)	SM	5.6	75.5	18.9
				0	10.4	50.2	920.4	10.5	39.2	30.4	20.1								
1+480	10	0-120	1	100	98.9	93.8		84	47.3	18.8		-	-	-	A-1-b(0)	SM	6	75	19
				284	203	577.3	1953	25.6	36.2	22.4	17.3								
Banco	1	0-20	1	90.6	83.9	64.7		48.4	25.3	11		0	0	0	A-1-a(0)	SW-	35	54	11



FIGURA III.2.1.a-ESTRATIGRAFIA DE MUESTRAS ALTERADAS ENCONTRADAS EN LA SUBRASANTE

Profundidad cm	Sondeo 1	Sondeo 2	Sondeo 3	Sondeo 4	Sondeo 5
5	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-1-b(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
10					
15					
20					
25					
30					
35	A-4(2)	A-4(3)	A-2-4(0)	A-1-b(0)	A-2-4(0)
40					
45					
50					
55					
60					
65					
70					
75					
80					
85					
90					
95					
100					
105					
110					
115					
120					
Estación (metros)	0 + 020	0 + 170	0 + 260	0 + 390	0 + 510

En los primeros 510 metros del tramo de camino "Niquinohomo-Los Positos" podemos observar que predomina el tipo de suelo A-2-4(0). También se ha encontrado en menor cantidad de muestras, suelo del tipo A-1-b(0) y A-4(2,3).



**FIGURA III.2.1.b-ESTRATIGRAFIA DE MUESTRAS ALTERADAS ENCONTRADAS EN LA SUBRASANTE**

Profundidad cm	Sondeo 6	Sondeo 7	Sondeo 8	Sondeo 9	Sondeo 10
5	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-1-b(0)	A-2-4(0)	A-1-b(0)
10					
15					
20					
25					
30					
35					
40					
45					
50					
55					
60					
65					
70					
75					
80					
85					
90					
95					
100					
105					
110					
115					
120					
Estación (metros)	0 + 640	0 + 760	1 + 010	1 + 250	1 + 480

En los últimos 990 metros se puede apreciar que predomina el tipo de suelo A-1-b(0), seguido del tipo A-2-4(0). También se encontró en menor cantidad de muestras, suelo del tipo A-4(5) y A-6(3).



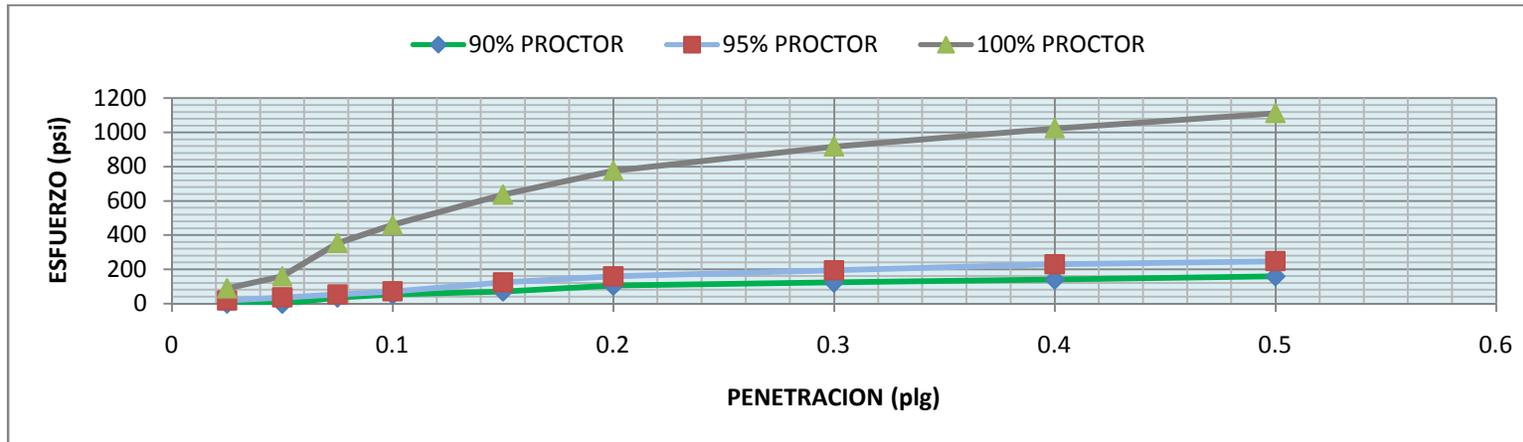
TABLA III.2.4-RESULTADOS DE PRUEBAS DE CBR (SATURADO) CORRESPONDIENTE A LA SUBRASANTE

Muestra Tomada De :	Clasificación del Material	% de Compactación Reproducido	% de Hinch	Resistencia a la penetración en PSI								
				0.025	0.050	0.075	0.100	0.150	0.200	0.300	0.400	0.500
Sub-rasante: Adoquinado Los Positos-Niquinohomo	A-2-4	90 %	0.00	0	0	35.30	52.95	70.60	105.90	123.55	141.20	158.85
		95 %	0.00	17.65	35.30	52.95	70.60	123.55	158.85	194.15	229.45	247.10
		100 %	0.00	88.25	158.85	353	458.90	635.40	776.60	917.80	1023.70	1111.95
	A-1-b	90 %	0.00	17.65	17.65	35.30	35.30	52.95	52.95	52.95	52.95	52.95
		95 %	0.00	35.30	52.95	88.25	123.55	211.80	282.40	300.05	335.35	353
		100 %	0.00	17.65	52.95	105.90	176.50	335.35	476.55	582.45	688.35	741.30

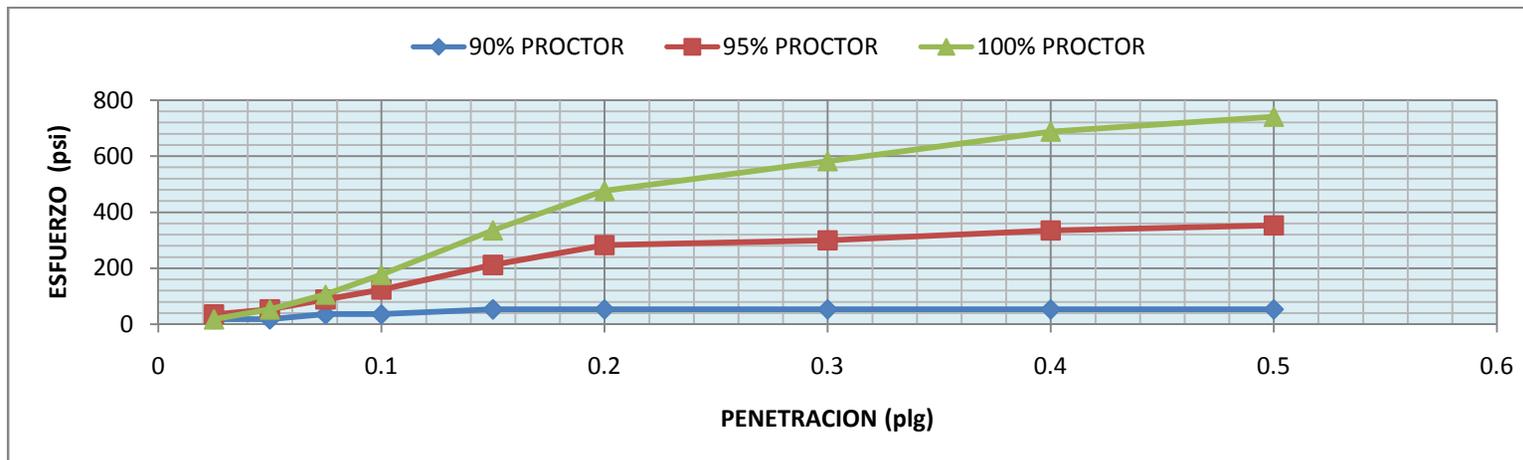
\*Constante del dial: 52.95



**GRAFICA III.2.1(a,b)-GRAFICAS SIN CORREGIR DE MUESTRAS DE LA SURRASANTE (A-2-4, A-1-b)** Grafica Correspondiente a la Muestra A-2-4 de la sub-rasante (sin corregir)



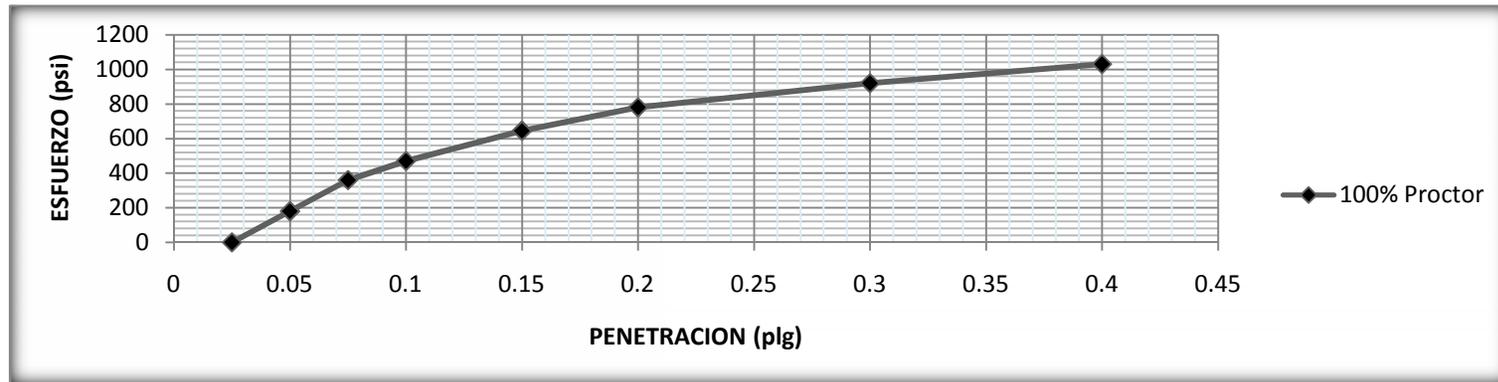
Grafica correspondiente a la muestra A-1-b de la sub-rasante (sin corregir)



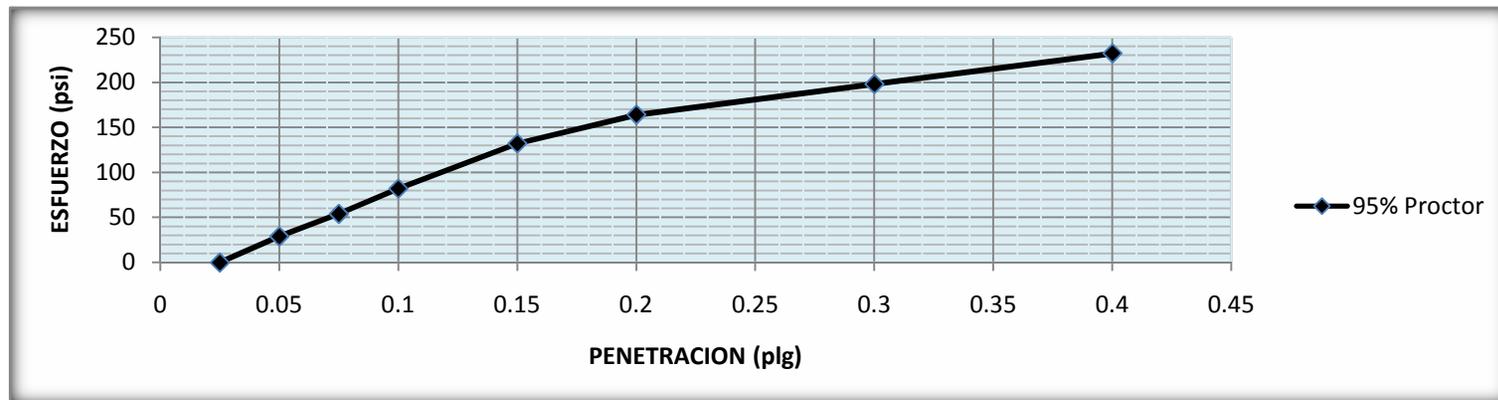


**GRAFICA III.2.2(a-f)-GRAFICAS INDIVIDUALES CORREGIDAS DE MUESTRAS DE LA SUBRASANTE(A-2-4, A-1-b)**

Grafica corregida correspondiente a la muestra A-2-4 de la sub-rasante (100% proctor modificado)

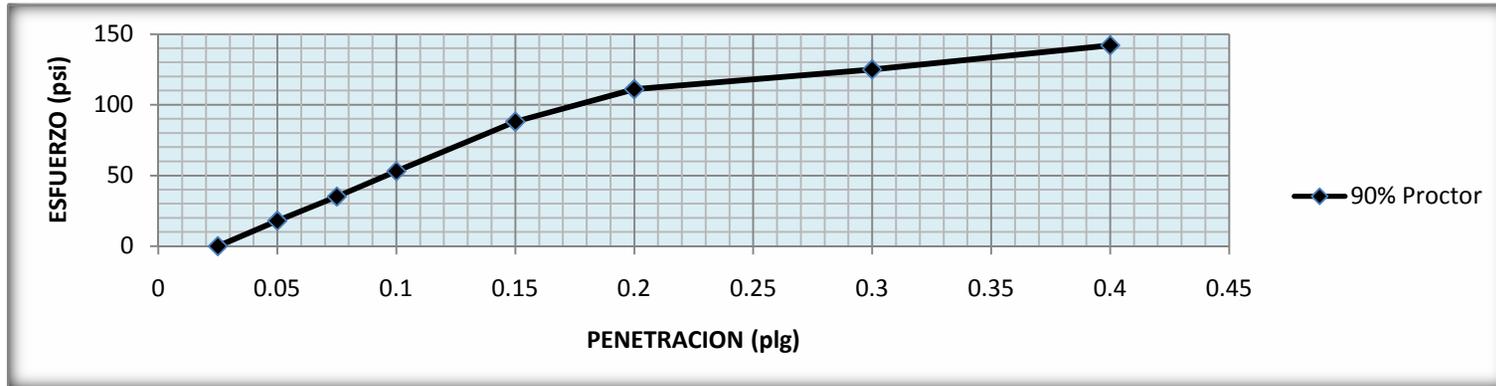


Grafica corregida correspondiente a la muestra A-2-4 de la sub-rasante (95% proctor modificado)

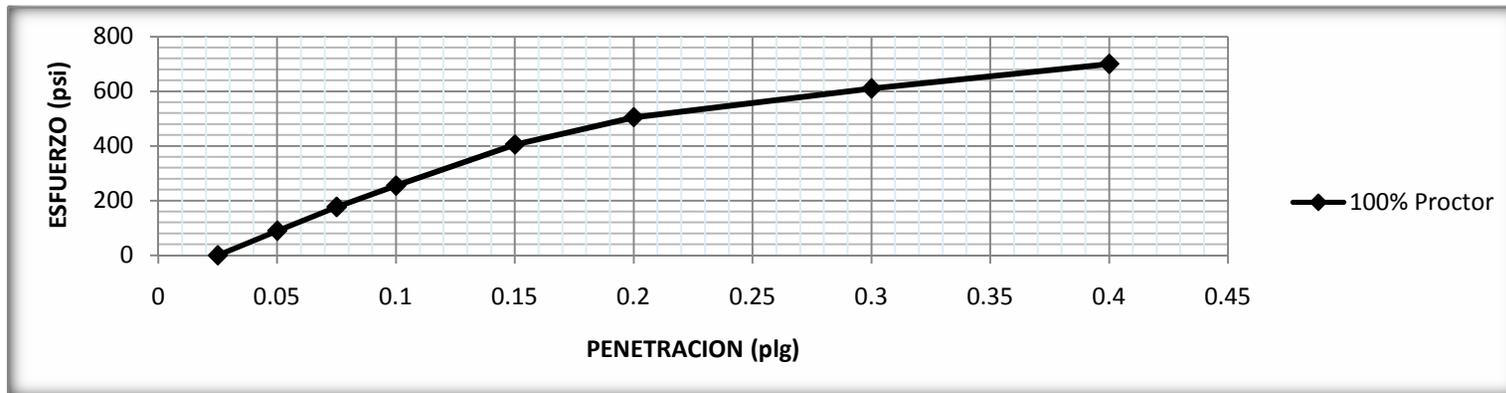




Grafica corregida correspondiente a la muestra A-2-4 de la sub-rasante (90% proctor modificado)

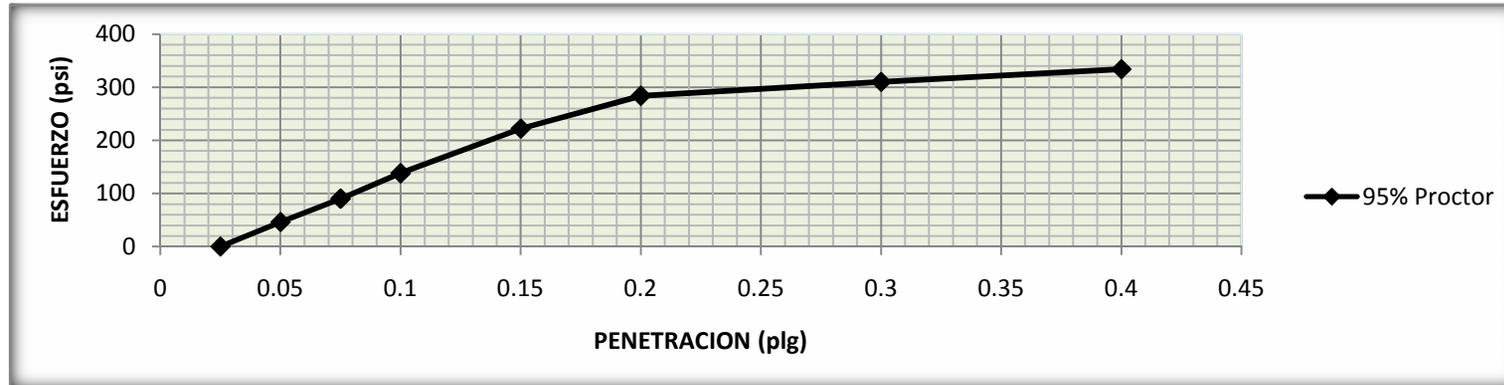


Grafica corregida correspondiente a la muestra A-1-b de la sub-rasante (100% proctor modificado)

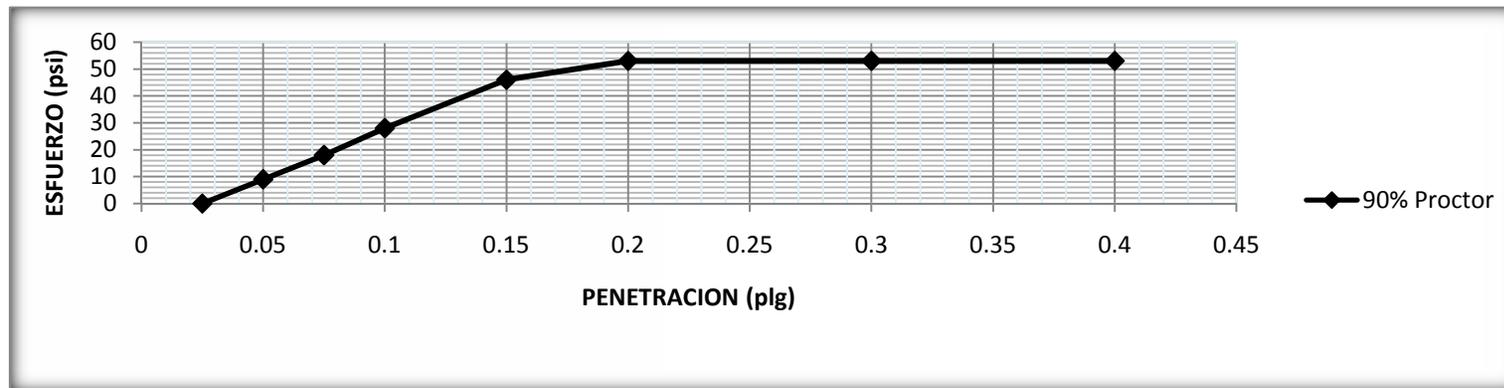




Grafica corregida correspondiente a la muestra A-1-b de la sub-rasante (95% proctor modificado)



Grafica corregida correspondiente a la muestra A-1-b de la sub-rasante (90% proctor modificado)



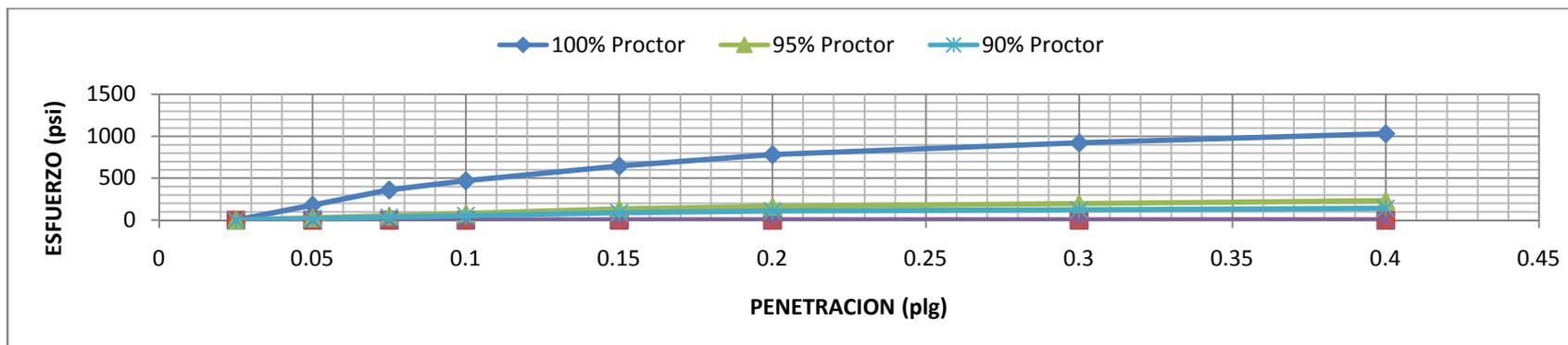


**TABLA III.2.5.a-RESULTADO DE PRUEBAS DE CBR (SATURADO) CORRESPONDIENTE A LA SUBRASANTE**

Muestra Tomada De :	Clasificación del Material	% de Compactación Reproducido	% de Hinch	Resistencia a la penetración en PSI								CBR a		
				Penetración de:										
				0.025	0.050	0.075	0.100	0.150	0.200	0.300	0.400	0.1	0.2	Mayor
Subrasante: Adoquinado Los Positos- Niquinohomo	A-2-4	90 %	0.00	0	15	35	53	88	111	125	142	5	7	7
		95 %	0.00	0	29	54	82	132	164	198	232	8	11	11
		100 %	0.00	0	180	360	470	645	780	920	1030	47	52	52

\*Constante del dial: 52.95

**GRAFICA III.2.3.a-CORRESPONDIENTE A LA MUESTRA {A-2-4(0)} DE LA SUBRASANTE**



DATOS BASADOS EN LA CURVA DE COMPACTACION ( PROCTOR MODIFICADO)

DENSIDAD MAXIMA ( max, kg/m3)	HUMEDAD OPTIMA (H opt, %)
1720	10

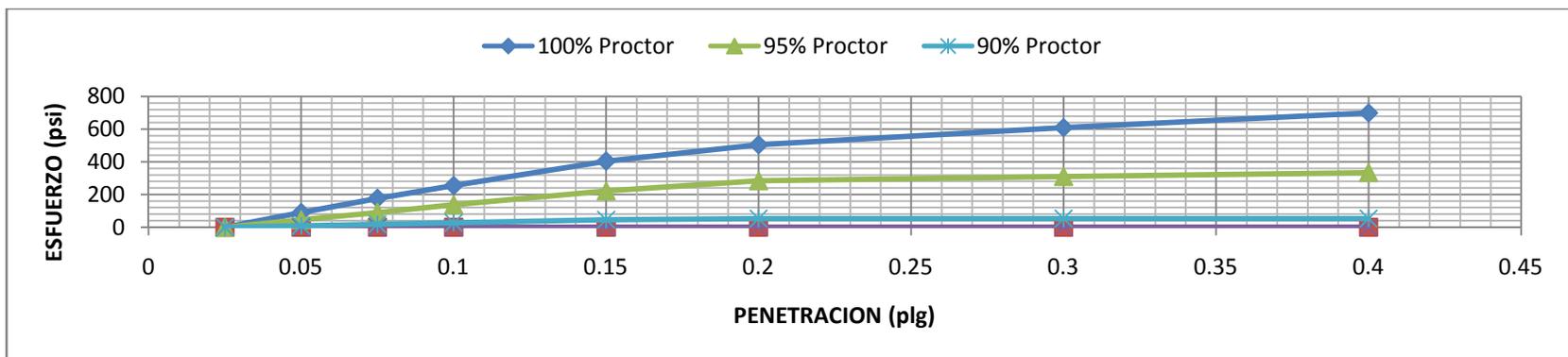


**TABLA III.2.5.b-RESULTADO DE PRUEBAS DE CBR (SATURADO) CORRESPONDIENTE A LA SUBRASANTE**

Muestra Tomada De :	Clasificación del Material	% de Compactación Reproducido	% de Hinch	Resistencia a la penetración en PSI								CBR a		
				0.025	0.050	0.075	0.100	0.150	0.200	0.300	0.400	Penetración de:		
												0.1	0.2	Mayor
Subrasante: Adoquinado Los Positos-Niquinohomo	A-1-b	90 %	0.00	0	9	18	28	46	53	53	53	3	4	4
		95 %	0.00	0	46	90	138	222	284	302	334	14	19	19
		100 %	0.00	0	90	177	255	405	505	610	700	26	34	34

\*Constante del dial: 52.95

**GRAFICA III.2.3.b CORRESPONDIENTE A LA MUESTRA {A-1-b (0)} DE LA SUBRASANTE**



DATOS BASADOS EN LA CURVA DE COMPACTACION ( PROCTOR MODIFICADO)

DENSIDAD MAXIMA ( max, kg/m3)	HUMEDAD OPTIMA (H opt, %)
1660	8.7

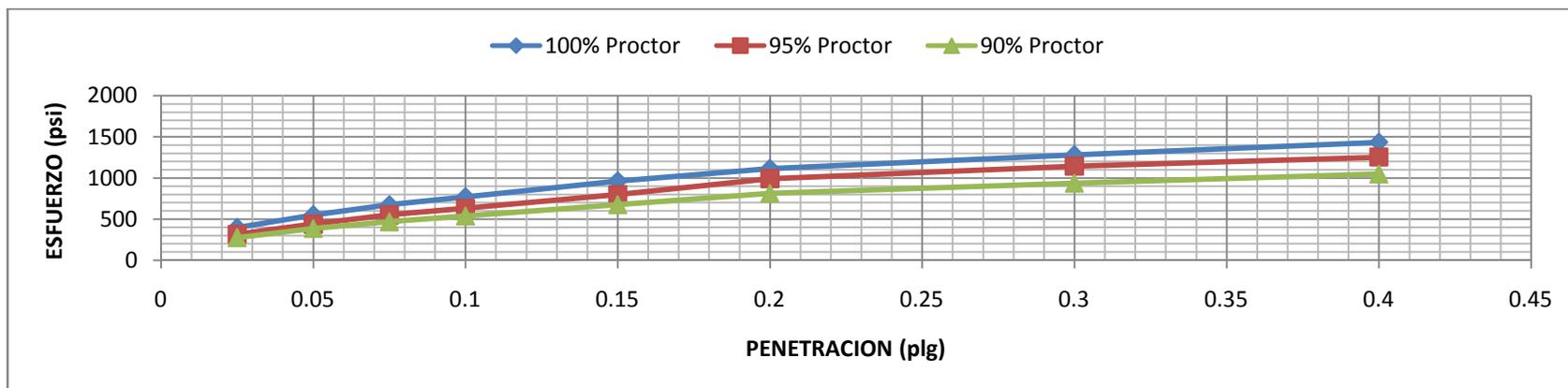


**TABLA III.2.6-RESULTADO FINAL DE PRUBAS DE C.B.R (SATURADO) DEL BANCO DE MATERIAL RUFO AREVALO**

Muestra Tomada De :	Clasificación del Material	% de Compactación Reproducido	% de Hinch	Resistencia a la penetración en PSI								CBR a		
												Penetración de:		
				0.025	0.050	0.075	0.100	0.150	0.200	0.300	0.400	0.1	0.2	Prom
Banco de material: Rufo Arévalo	A-1-a(0)	90 %	0.00	275	386	468	538	676	813	937	1048	53.8%	54.2%	54%
		95 %	0.00	317	441	552	634	800	993	1145	1254	63.4%	66.2 %	65%
		100 %	0.00	399	552	676	773	964	1117	1281	1434	77.3%	74.5%	76%

\*Constante del dial: 19.7

**GRAFICA III.2.4-CORRESPONDIENTE A LA MUESTRA {A-1-b (0)} DEL BANCO DE MATERIAL RUFO AREVALO**

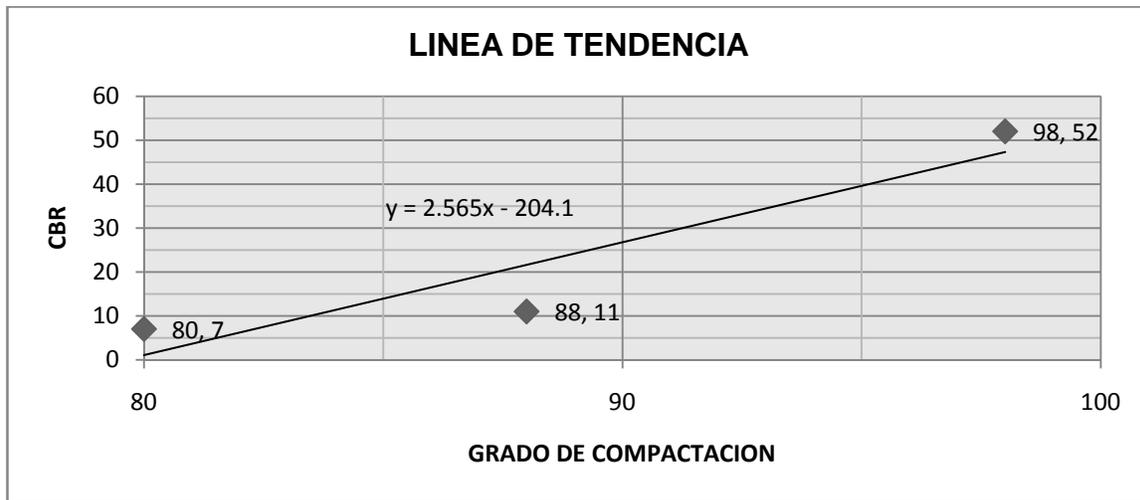


DATOS BASADOS EN LA CURVA DE COMPACTACION (PROCTOR MODIFICADO)

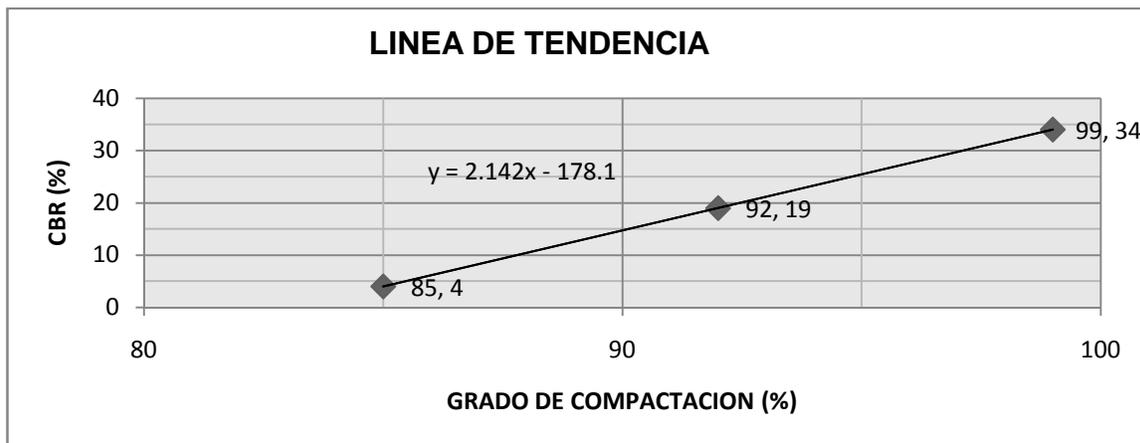
PESO VOL. SECO SUELTO (PVSS, kg/m3)	PESO VOL.HUM.COMP. (PVHC, kg/m3)	DENSIDAD MAXIMA ( max, kg/m3)	HUMEDAD OPTIMA (H opt, %)
1480	1605	1682	8.4



Grafica III.2.5.a- línea de tendencia Grado de compactación vs CBR para el tipo de muestra A-2-4(0).



Grafica III.2.5.b-Línea de tendencia Grado de compactación vs CBR para el tipo de muestra A-1-b (0)



De acuerdo al análisis de las gráficas de líneas de tendencias obtenemos:

Tabla a III.2.7-Resultado final de CBR de la sub-rasante.

Muestra	Ecuación	CBR(%)		
		100%Proctor	95% Proctor	90% Proctor
A-2-4(0)	$y = 2.565x - 204.1$	52.4	39.6	26.8
A-1-b(0)	$y = 2.142x - 178.1$	36.1	25.4	14.7



## CONCLUSION

Las muestras ensayadas de los sondeos manuales realizados sobre el tramo de carretera "Niquinohomo-Los Positos" jurisdicción de la ciudad de Niquinohomo, que dicho sea de paso fueron analizadas en el laboratorio de suelos de la UNIRUPAP (Universidad Nacional de Ingeniería) ubicado en Managua, estuvo bajo la supervisión de un técnico en geotecnia.

Una vez realizado los diferentes ensayos de laboratorio a muestras alteradas extraídas del subsuelo a lo largo de la vía, podemos concluir en base a ello que predomina un suelo limo-arenoso (SM) según la clasificación SUCS (sistema unificado de Clasificación de suelo) y/o {A-2-4(0), A-1-b(0)} de acuerdo a la clasificación HRB. Según la AASHTO este tipo de suelo se considera de excelente calidad para sub-rasante. El ensaye de CBR realizado a ambos tipos de suelo(A-1-b, A-2-4) confirma la calidad del suelo, el cual arroja valores de CBR de 36% y 52%, a un nivel de compactación de 100 % proctor modificado y en condiciones críticas de saturación. Dichos resultados tanto de CBR como de granulometría son suficientes para asegurar de acuerdo a las normas AASHTO (Tablas anexas) que el material es de excelente calidad para conformar la sub-rasante.

Respecto al análisis efectuado a muestras alteradas del banco de material selecto Rufo Arévalo, el cual está siendo explotado desde hace varios años para proyectos de carretera en toda la zona de Masaya. Concluimos que se clasifica como un material tipo A-1-a (0) según la clasificación HRB y posee un CBR en condiciones críticas de saturación de 76 % a un nivel de compactación de 100% proctor modificado. Las cualidades físicas mecánicas del componente gravo arenoso son suficientes para conformar la base y la sub-base de la estructura de la vía.

Aunque en lo general el tipo de suelo encontrado a lo largo del tramo es de buena calidad, sin embargo también se ha hallado estratos de suelo A-4 y A-6, el cual es un suelo no recomendado para sub-rasante. Por tal razón recomendamos una capa sub-rasante con material local de 30 cm, en los sitios donde se requiera



### III.3-ESTUDIO DE TRANSITO

Al proyectar una carretera o calle la selección del tipo de vía, las intersecciones, los accesos y los servicios dependen fundamentalmente del volumen de tránsito o demanda que circula durante un intervalo de tiempo dado, de su variación, de su tasa de crecimiento y de su composición. Los errores que se cometan en la determinación de estos datos ocasionara que la carretera o calle funcione durante el periodo de proyecto, bien con volúmenes de tránsito muy inferiores a aquellos para los que se proyectó o mal con problemas de congestión por volúmenes de tránsito altos muy superiores a los proyectados.

Los estudios de volúmenes de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos y/o personas sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial. Dichos datos de volúmenes de tránsito son expresados con respecto al tiempo y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de la calidad de servicio prestado a los usuarios. Estos estudios varían desde los muy amplios en toda una red o sistema vial, hasta los más sencillos en lugares específicos tales como intersecciones aisladas, puentes, casetas de cobro, túneles etc. Las razones para llevar a cabo los estudios de volúmenes son tan variadas como los lugares mismos donde se realizan.

El tipo de dato recolectado en un estudio de volúmenes de tránsito depende mucho de la aplicación que se le vaya a dar a los mismos. Así por ejemplo algunos estudios requieren detalles como la composición vehicular y los movimientos direccionales, mientras otros solo exigen conocer los volúmenes totales. También, en algunos casos solo es necesario contar vehículos únicamente durante periodos cortos de una hora o menos, otras veces el periodo puede ser de un día, una semana un mes o inclusive un año.



## DEFINICIONES

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

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

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

Donde:  $Q$  Vehículos que pasan por unidad de tiempo.

$N$  Número total de vehículos que pasan (Vehículos)

$T$  Periodo determinado (Unidad de tiempo)

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

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

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

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

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

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



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

Volumen Horario Máximo Anual(VHMA): Es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado, en otras palabras es la hora de mayor volumen de las 8760 horas del año.

Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD):Es el máximo número de vehículos que pasan en un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

**Factor de la hora de máxima demanda (FHMD):** Es un indicador de las características del flujo de Tránsito en periodos máximos. Indica cómo se dividen los flujos máximos en una hora. Su mayor valor es la unidad (FHMD=1). Valores bastante menores que la unidad indican concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora. En general se considera que cuando el FHMD es menor que 0.85, las condiciones operativas de la carretera variarán

sustancialmente.  $FHMD = \frac{VHMD}{4q_{m\acute{a}x}}$  Dónde:

$VHMD$  Volumen horario de máxima demanda.

$q_{m\acute{a}x}$  Flujo máximo

**Distribución direccional de las corrientes de tránsito:** La intensidad del tránsito durante la hora pico en una carretera de dos carriles muestra el volumen del tránsito en ambos sentidos de circulación de ahí que resulte necesario afectarlo por un factor adicional, que refleje la desigual distribución a lo largo del día de las corrientes del tránsito en ambas direcciones.



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

**Las proyecciones de la demanda del tránsito:** En las carreteras regionales se recomienda adoptar un período de proyección de 15 años como la base para el diseño, aunque se acepta que para proyectos de reconstrucción o rehabilitación de las carreteras se puede reducir dicho horizonte a un máximo de 10 años.

### **Tipos de estaciones de conteo vehicular**

**Estaciones permanentes:** Se realizan aforos dos veces al año durante 24 horas, de esta forma se conoce la intensidad del tráfico durante los periodos de verano e invierno. Estas estaciones permiten un conocimiento de las variaciones típicas del tráfico (estacionales, semanales y diarias) y de las frecuencias de las intensidades horarias a lo largo del año, así como la obtención de las tendencias del tráfico.

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

**Estaciones de control:** Tienen por objeto conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales para establecer leyes que pueden aplicarse a un grupo de estaciones similares o afines. En nuestro país estas estaciones se realizan en camino de adoquinado y asfalto, en tramos donde el tráfico es menor que en una estación permanente. Su principal función es de llevar un control de las estaciones permanentes.



## MEMORIA DE CÁLCULO

A continuación presentamos la memoria de cálculo del estudio de tránsito realizado en el sector los Positos Niquinohomo. El cual inicia con la realización del aforo vehicular que se extendió por tres días (martes, miércoles y jueves) de la semana del 19 de octubre del 2011, durante un periodo de 12 horas diarias ( De 6:00 am a 6:00 pm).

Las primeras tres tablas (T/ III.3.1.a; III.3.1.b; III.3.1.c-Aforo vehicular realizado en el tramo de carretera "Niquinohomo-Los Positos") contienen los datos recabados in situ de los volúmenes de tránsito del tramo en mención, durante el día y a intervalos de 15 minutos. Registrando y clasificando las cantidades de vehículos según el tipo que transita por la zona, sea este (moto-taxi, moto, camioneta, automóvil etc.). La cuarta tabla (T/ III.3.2-Trafico promedio diario) contiene el cálculo del tráfico promedio diario de 12 horas, a intervalo de 15 minutos, según su el tipo de vehículo y también de forma global (vehículos mixtos).

También se determinó en campo la cantidad de vehículos que transitan por sentido de circulación (De norte-sur o sur-norte), teniendo presente el tipo de vehículo. Esto con el fin de determinar el factor de distribución direccional o transversal. Los datos y cálculos los presentamos en la tabla (T/ III.3.3-Determinacion del factor direccional de la corriente del tránsito del tramo de camino "Niquinohomo-Los Positos).

La tabla (T/ III.3.4-Promedio total de vehículos diarios que circula en el tramo de carretera "Niquinohomo-Los Positos, por sentido de circulación) muestra el consolidado de la cantidad promedio diario total de vehículos que circulan por sentido de circulación de acuerdo a su clasificación (tipo de vehículo). En base a esto incluimos la gráfica donde podemos observar claramente la distribución del tránsito, según su clasificación (tipo de vehículo) y por sentido de circulación, expresado en porcentaje (G/III.3.1-Distribucion del tránsito según su clasificación y por sentido de circulación).



Posteriormente se anexa una gráfica (G/III.3.2-flujo vehicular-tiempo) basada en la tabla (T/III.3.2) que nos permite visualizar el intervalo de tiempo donde se presenta el máximo flujo vehicular por ambos sentidos de circulación. Esto nos permite calcular el VHMD y el FHMD respectivamente.

La tabla (T/III.3.5-Determinacion del TPDA del tramo Niquinohomo-Los Positos) contiene el TPDA(Trafico Promedio Diario Anual) del tramo de carretera. En dicha tabla observamos los resultados del TP(D) de la tabla(T/III.3.4) y los factores de expansión, que dicho sea de paso fueron tomados del estudio de transito realizado por el MTI en el año 2009 (Anuario de Aforo Vehicular 2009), el cual posee información de la estación permanente # 400 asociada a nuestro tramo de camino en cuestión. Cabe señalar que presentamos en dicha tabla el TPDA por tipo de vehículo y posteriormente lo hacemos según su clasificación (vehículos livianos o pesados), expresado en porcentaje. Seguidamente se procedió a calcular la tasa de crecimiento vehicular, basado en los datos de TPDA (2000,2007) suministrados por el estudio del MTI (Anuario de Aforo 2009) y el TPDA (2011) del estudio realizado por los autores del presente trabajo. Finalmente se proyecta el tráfico promedio diario anual a 15 años, de acuerdo al tipo de estructura vial.

Una vez calculado el flujo de máxima demanda actual, se determina el nivel de servicio proyectado a 15 años. También se presenta una evaluación o consolidado, de lo que hasta el momento se ha determinado respecto al nivel de servicio de la calle, las características generales de la vía y del tráfico. Unavez proyectado el transito actual se evalúa la capacidad del tramo de camino, considerando una serie de parámetros como son: relación volumen capacidad, factor de distribución direccional, factor de ajuste por ancho de carril y factor de vehículos pesados. Una vez determinado dichos parámetros a través de tablas sujetas a normas, se calcula los diferentes niveles de servicio, y se compara el nivel de servicio proyectado con los distintos niveles de servicio calculado, para conocer el nivel al que estará operando el tramo analizado en el futuro.



Tabla III.3.1a-Aforo Vehicular Realizado en el Tramo de Carretera "Niquinohomo-Los Positos".

TRAMO DE CAMINO: LOS POSITOS NIQUINOHOMO - MARTES 20 DE OCTUBRE DE 2011															
Intervalo de tiempo		Vehículos de Pasajeros			Vehículos de Carga		Motos	Intervalo de Tiempo		Vehículos de Pasajeros			Vehículos de Carga		Motos
De :	A :	Moto-taxi	Auto-móvil	Camioneta	Liviano Carga	Camión C-2		De :	A :	Moto-taxi	Auto-móvil	Camioneta	Liviano d Carga	Camión C-2	
06:00	06:15	12	2	2	0	0	0	12:00	12:15	12	2	2	0	1	1
06:15	06:30	11	2	2	0	0	1	12:15	12:30	13	3	2	0	0	0
06:30	06:45	8	2	2	0	0	2	12:30	12:45	7	1	2	0	0	0
06:45	07:00	7	2	1	0	0	1	12:45	13:00	9	2	2	0	0	1
07:00	07:15	11	2	2	0	0	1	13:00	13:15	6	1	1	0	0	0
07:15	07:30	7	2	1	1	0	1	13:15	13:30	5	1	1	0	0	1
07:30	07:45	8	2	2	0	0	0	13:30	13:45	2	1	1	0	0	0
07:45	08:00	8	1	2	0	0	0	13:45	14:00	4	1	1	0	0	1
08:00	08:15	6	1	1	0	0	0	14:00	14:15	3	1	1	0	0	1
08:15	08:30	6	2	1	0	0	0	14:15	14:30	2	0	1	1	0	0
08:30	08:45	5	1	1	0	0	1	14:30	14:45	1	1	0	0	0	0
08:45	09:00	4	1	1	0	0	0	14:45	15:00	3	1	1	0	0	0
09:00	09:15	2	1	1	0	0	1	15:00	15:15	2	1	1	0	0	2
09:15	09:30	2	1	0	0	1	1	15:15	15:30	2	1	1	0	0	1
09:30	09:45	3	1	1	0	0	0	15:30	15:45	3	1	1	0	0	0
09:45	10:00	1	0	1	0	0	0	15:45	16:00	5	1	1	1	1	1
10:00	10:15	3	1	1	0	0	0	16:00	16:15	6	1	1	0	0	0
10:15	10:30	2	1	1	0	0	0	16:15	16:30	7	2	1	0	0	0
10:30	10:45	3	1	1	1	0	1	16:30	16:45	11	2	2	1	0	0
10:45	11:00	1	0	0	0	0	0	16:45	17:00	13	2	3	0	0	1
11:00	11:15	5	1	1	0	0	0	17:00	17:15	15	4	3	0	1	0
11:15	11:30	7	1	2	0	0	1	17:15	17:30	21	5	4	1	1	1
11:30	11:45	12	2	2	0	0	0	17:30	17:45	20	5	4	0	0	1
11:45	12:00	11	2	2	0	0	0	17:45	18:00	19	4	4	1	0	0
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>145</b>	<b>32</b>	<b>31</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>SUB-TOTAL</b>		<b>191</b>	<b>44</b>	<b>41</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>12</b>



**Tablas III.3.1b-Aforo Vehicular Realizado en el Tramo de Carretera "Niquinohomo-Los Positos".**

TRAMO DE CAMINO: LOS POSITOS NIQUINOHOMO - MIERCOLES 21 DE OCTUBRE DE 2011															
Intervalo de tiempo		Vehículos de Pasajeros			Vehículos de Carga		Motos	Intervalo de Tiempo		Vehículos de Pasajeros			Vehículos de Carga		Motos
De :	A :	Moto-taxi	Auto-móvil	Camio-neta	Liviano d Carga	Camión C-"2		De :	A :	Moto-taxi	Auto-móvil	Camio-neta	Liviano d Carga	Camión C-"2	
06:00	06:15	11	2	2	1	0	0	12:00	12:15	11	2	2	0	0	0
06:15	06:30	8	2	2	0	0	0	12:15	12:30	10	2	2	0	0	0
06:30	06:45	7	2	1	0	0	0	12:30	12:45	5	1	1	1	0	0
06:45	07:00	8	1	2	0	0	0	12:45	13:00	5	1	1	0	0	1
07:00	07:15	6	1	1	0	0	1	13:00	13:15	3	1	1	0	0	0
07:15	07:30	11	2	2	0	0	0	13:15	13:30	4	1	1	0	0	1
07:30	07:45	10	2	2	0	0	2	13:30	13:45	3	1	1	0	0	0
07:45	08:00	5	1	1	0	0	0	13:45	14:00	2	1	1	0	0	0
08:00	08:15	3	1	1	0	0	1	14:00	14:15	2	1	0	0	0	0
08:15	08:30	5	1	1	0	0	0	14:15	14:30	2	0	0	0	0	2
08:30	08:45	6	2	1	0	0	0	14:30	14:45	4	1	1	0	0	1
08:45	09:00	5	1	1	0	0	1	14:45	15:00	5	1	1	0	1	1
09:00	09:15	4	1	1	0	1	0	15:00	15:15	3	1	1	0	0	0
09:15	09:30	2	1	1	0	0	1	15:15	15:30	2	1	1	0	0	0
09:30	09:45	3	1	1	0	0	0	15:30	15:45	3	1	1	0	0	0
09:45	10:00	3	1	1	0	0	2	15:45	16:00	4	1	1	0	0	0
10:00	10:15	2	1	1	0	0	0	16:00	16:15	5	1	1	0	0	1
10:15	10:30	5	1	1	0	0	0	16:15	16:30	6	2	1	1	1	0
10:30	10:45	4	1	1	1	0	1	16:30	16:45	6	1	1	0	0	1
10:45	11:00	2	1	0	0	0	0	16:45	17:00	8	2	2	0	0	0
11:00	11:15	3	0	1	0	0	0	17:00	17:15	12	3	2	0	0	0
11:15	11:30	3	1	1	0	0	1	17:15	17:30	22	5	4	0	0	1
11:30	11:45	8	2	2	0	0	0	17:30	17:45	18	4	3	0	0	1
11:45	12:00	12	3	2	0	0	0	17:45	18:00	18	4	4	0	0	2
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>136</b>	<b>32</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>SUB-TOTAL</b>		<b>163</b>	<b>39</b>	<b>34</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>12</b>



Tabla III.3.1c-Aforo Vehicular Realizado en el Tramo de Carretera "Niquinohomo-Los Positos".

TRAMO DE CAMINO: LOS POSITOS NIQUINOHOMO – JUEVES 22 DE NOVIEMBRE DE 2011															
Intervalo de tiempo		Vehículos de Pasajeros			Vehículos de Carga		Motos	Intervalo de tiempo		Vehículos de Pasajeros			Vehículos de Carga		Motos
De :	A :	Moto-taxi	Auto-móvil	Camio-neta	Liviano d Carga	Camión C-"2		De :	A :	Moto-taxi	Auto-móvil	Camio-neta	Liviano d Carga	Camión C-"2	
06:00	06:15	8	2	2	1	0	0	12:00	12:15	12	2	2	1	0	1
06:15	06:30	8	2	1	0	0	0	12:15	12:30	9	2	2	0	0	0
06:30	06:45	7	2	1	0	0	0	12:30	12:45	7	2	1	0	0	0
06:45	07:00	9	2	2	0	0	1	12:45	13:00	5	1	1	0	0	1
07:00	07:15	5	1	1	0	0	0	13:00	13:15	2	1	0	0	0	2
07:15	07:30	6	1	1	0	0	2	13:15	13:30	2	1	1	0	0	0
07:30	07:45	3	1	1	0	0	1	13:30	13:45	3	1	1	0	0	0
07:45	08:00	4	1	1	0	0	1	13:45	14:00	2	1	1	0	0	0
08:00	08:15	2	0	0	0	0	0	14:00	14:15	3	1	1	0	1	1
08:15	08:30	2	1	1	0	0	0	14:15	14:30	5	1	1	0	0	0
08:30	08:45	3	1	1	0	0	0	14:30	14:45	6	2	1	1	1	0
08:45	09:00	5	1	1	0	0	1	14:45	15:00	7	1	2	0	0	1
09:00	09:15	6	1	1	0	1	0	15:00	15:15	8	2	1	0	0	2
09:15	09:30	4	1	1	0	0	1	15:15	15:30	7	1	2	0	0	1
09:30	09:45	6	2	1	0	0	0	15:30	15:45	6	1	2	0	0	1
09:45	10:00	6	1	1	0	0	1	15:45	16:00	6	1	1	0	0	1
10:00	10:15	5	1	1	0	0	1	16:00	16:15	5	1	1	0	0	0
10:15	10:30	5	1	1	0	0	0	16:15	16:30	4	1	1	0	0	0
10:30	10:45	3	1	1	0	0	0	16:30	16:45	8	1	2	0	0	0
10:45	11:00	2	1	1	0	0	0	16:45	17:00	8	2	2	0	0	1
11:00	11:15	6	1	2	0	0	1	17:00	17:15	11	2	2	1	0	0
11:15	11:30	7	1	2	0	0	0	17:15	17:30	11	3	2	0	1	0
11:30	11:45	9	2	2	0	0	2	17:30	17:45	9	2	2	1	1	1
11:45	12:00	5	1	1	0	0	1	17:45	18:00	6	1	1	0	1	1
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>126</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>SUB-TOTAL</b>		<b>152</b>	<b>34</b>	<b>33</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>14</b>



**Tabla III.3.2-A continuación se presenta la siguiente tabla la cual contiene el TPD (Tráfico Promedio Diario)**

TRAMO DE CAMINO: LOS POSITOS NIQUINOHOMO																	
Intervalo de tiempo		Vehículos de Pasajeros			Vehículos de Carga		Motos	Vehículo o Mixto	Intervalo de Tiempo		Vehículos de Pasajeros			Vehículos de Carga		Motos	Vehículo o Mixto
De :	A :	Moto-taxi	Auto-móvil	Camioneta	Liviano de Carga	Camión C-2			De :	A :	Moto-taxi	Auto-móvil	Camioneta	Liviano de Carga	Camión C-2		
06:00	06:15	11	2	2	1	0	0	16	12:00	12:15	12	2	2	1	1	1	19
06:15	06:30	9	2	2	0	0	1	14	12:15	12:30	11	3	2	0	0	0	16
06:30	06:45	8	2	2	0	0	1	13	12:30	12:45	7	2	2	1	0	0	12
06:45	07:00	8	2	2	0	0	1	13	12:45	13:00	7	2	2	0	0	1	12
07:00	07:15	8	2	2	0	0	1	13	13:00	13:15	4	1	1	0	0	1	7
07:15	07:30	8	2	2	1	0	1	14	13:15	13:30	4	1	1	0	0	1	7
07:30	07:45	7	2	2	0	0	1	12	13:30	13:45	3	1	1	0	0	0	5
07:45	08:00	6	1	2	0	0	1	10	13:45	14:00	3	1	1	0	0	1	6
08:00	08:15	4	1	1	0	0	1	7	14:00	14:15	3	1	1	0	1	1	7
08:15	08:30	5	2	1	0	0	0	8	14:15	14:30	3	1	1	1	0	1	7
08:30	08:45	5	2	1	0	0	1	9	14:30	14:45	4	2	1	1	1	1	10
08:45	09:00	5	1	1	0	0	1	8	14:45	15:00	5	1	2	0	1	1	10
09:00	09:15	4	1	1	0	1	1	8	15:00	15:15	5	2	1	0	0	2	10
09:15	09:30	3	1	1	0	1	1	7	15:15	15:30	4	1	2	0	0	1	8
09:30	09:45	4	2	1	0	0	0	7	15:30	15:45	4	1	2	0	0	1	8
09:45	10:00	4	1	1	0	0	1	7	15:45	16:00	5	1	1	1	1	1	10
10:00	10:15	4	1	1	0	0	1	7	16:00	16:15	6	1	1	0	0	1	9
10:15	10:30	4	1	1	0	0	0	6	16:15	16:30	6	2	1	1	1	0	11
10:30	10:45	4	1	1	1	0	1	8	16:30	16:45	9	2	2	1	0	1	15
10:45	11:00	2	1	1	0	0	0	4	16:45	17:00	10	2	3	0	0	1	16
11:00	11:15	5	1	2	0	0	1	9	17:00	17:15	13	3	3	1	1	0	21
11:15	11:30	6	1	2	0	0	1	10	17:15	17:30	18	5	4	1	1	1	30
11:30	11:45	10	2	2	0	0	1	15	17:30	17:45	16	4	3	1	1	1	26
11:45	12:00	10	2	2	0	0	1	15	17:45	18:00	15	3	3	1	1	1	24
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>144</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>19</b>		<b>SUB-TOTAL</b>		<b>177</b>	<b>45</b>	<b>43</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	



**Tabla III.3.3-Determinación del factor direccional de la corriente del tránsito del tramo de carretera “Los Positos-Niquinohomo”.**

Tiempo: Mañana														Tiempo: Tarde															
Tipo De vehículo	Vehículos de pasajero						Vehículos de carga				Motos		Vehículos mixtos	Vehículos de pasajero						Vehículos de carga				Motos		Vehículos mixtos			
	Moto taxi		Automóvil		Camioneta		Liviano de carga		Camión c-2					Moto taxi		Automóvil		Camioneta		Liviano D carga		Camión c-2							
Sentido	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S		S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S		S-N	N-S	
Aforo 1	88	57	14	18	15	16	1	1	1	0	4	7	222	116	75	24	20	20	21	2	3	3	1	6	6	297			
Aforo 2	91	45	14	18	15	15	1	1	0	1	6	4	211	81	82	19	20	16	18	1	1	2	0	7	5	252			
Aforo 3	76	50	15	14	10	18	0	1	1	0	7	6	198	82	70	14	20	15	18	2	2	2	3	8	6	242			
Sub-total	255	152	43	50	40	49	2	3	2	1	17	17	631	279	227	57	60	51	57	5	6	7	4	21	17	791			
Total	1422 Vehículos Mixtos durante los tres días de aforo																												
Cantidad de Vehículos en el Sentido S-N : 779 vehículos; 55%																													
Cantidad de Vehículos en el Sentido N-S: 643 vehículos; 45%																													

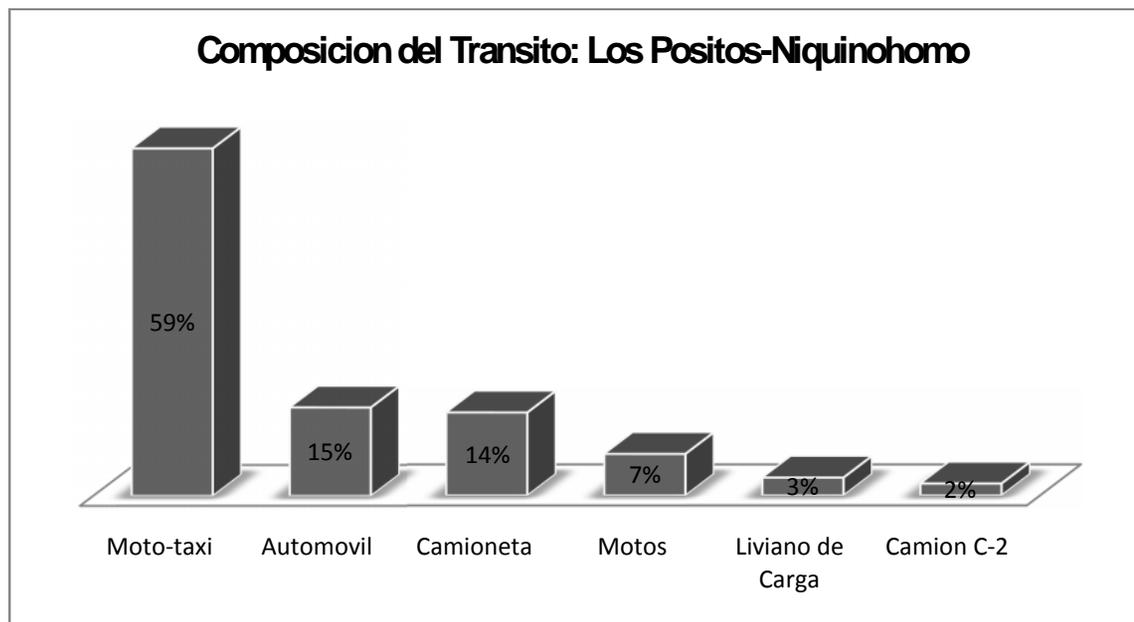
En base al cálculo del porcentaje por sentido de circulación del tramo de camino los Positos-Niquinohomo, definimos nuestro factor de distribución direccional de 0.55 correspondiente al mayor porcentaje registrado en el sentido de Sur a Norte.



Tabla III.3.4-Promedio total de vehículos diarios que circula en el tramo de carretera Niquinohomo-Los Positos, por sentido de circulación.

Tramo :Los Positos-Niquinohomo	Vehículos de Pasajeros			Vehículos de Carga		Motos
	Moto-taxi	Automóvil	Camioneta	Liviano Carga	CamiónC-2	
TP(D) (ambos sentidos)	321	81	79	14	12	39
Factor de Distribución Direccional (Fc)	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
TP(D) ( Por sentido de circulación)	177	45	44	8	7	22

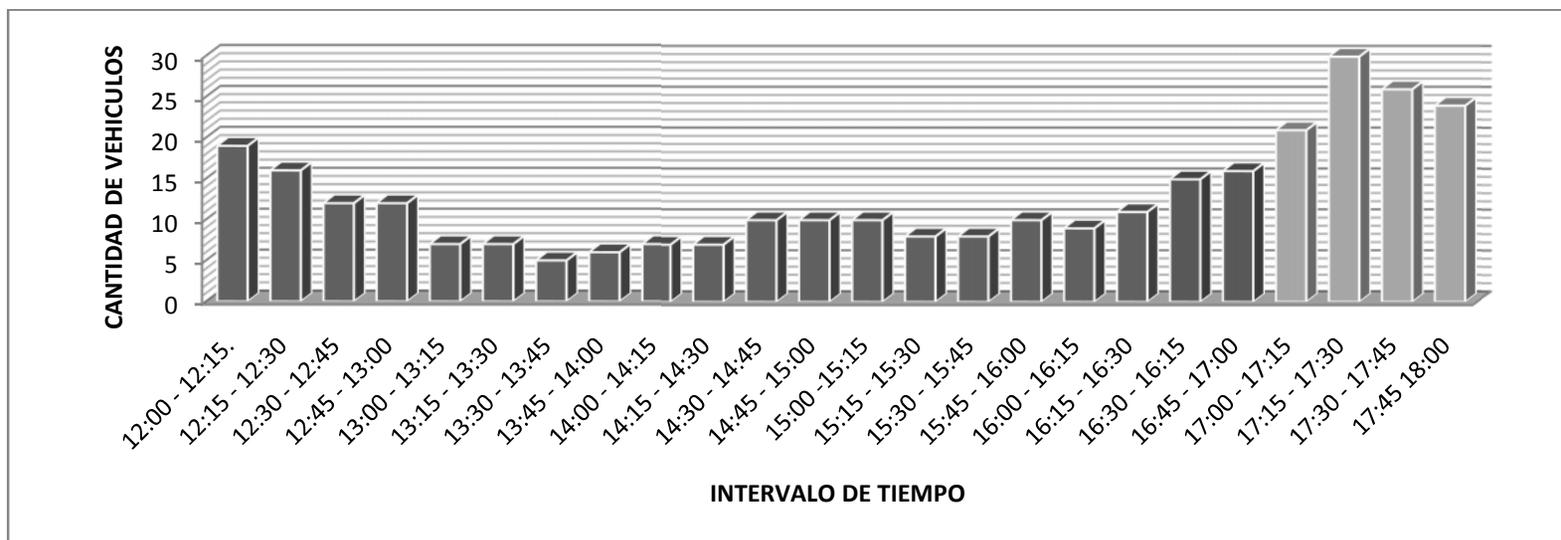
Grafica III.3.1-Distribución del Tránsito Según su Clasificación (Moto taxi, autos etc.) Por sentido de circulación





Del tránsito promedio mixto que circula en el tramo de camino los Positos-Niquinohomo, se obtiene la Grafica (Flujo vehicular-tiempo) la cual nos suministra información del tiempo en que ocurre el máximo flujo vehicular.

**Grafica III.3.2-Flujo vehicular vs tiempo**



El área sombreada en el intervalo de tiempo comprendido entre las (5 pm -6pm) contiene el mayor nivel de flujo vehicular que se desplaza durante el día. Por lo tanto el volumen horario de máxima demanda (VHMD) para el estudio realizado es:  $VHMD = 21+30+26+24= 101$  Veh Mixto/hora con un  $q_{max}$  de 30

$$FHMD = VHMD/4q_{max} = 101/4*30 = 0.84 \quad 0.85 \text{ ok}$$

Este valor indica que este periodo hay mayor concentración de vehículos que en resto del día, puede considerarse como un valor crítico con respecto al flujo vehicular.

**Tabla III.3.5-Determinación del TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual) del tramo Niquinohomo-Los Positos.**

Tramo: Los Niquinohomo-Los Positos; Días Aforados: 3; Mes: Octubre									
GRUPO	Motos	Vehículo de pasajero			Vehículo de carga		Otros	Total	
		Moto-taxi	Automóvil	Camioneta	Liviano Carga	CamiónC-2			
TP(D)	22	177	45	44	8	7		<b>303</b>	
Factor día	1.39	1.18	1.43	1.37	1.26	1.24		386	
Factor semana	0.95	0.95	0.98	0.96	0.89	0.85			
Factor temporada	1.13	0.97	1.05	1.07	1.05	1.13			
TPD Invierno	33	193	67	62	10	9		<b>374</b>	
% TPDA	9%	52%	18%	16%	3%	2%		<b>100%</b>	
		<b>% Vehículos Livianos= 98%</b>				<b>%Vehículos Pesados= 2%</b>			

Los factores para expandir el tránsito promedio diario de 12 horas a un día, semana y temporada; fueron tomados del estudio de tránsito realizado por el MTI en el 2009, el cual contiene información de la estación permanente # 400 (Entrada a Esquipula-Ticuantepe), esta a su vez tiene asociadas estaciones de cobertura entre las cuales se encuentran los tramos de carretera: Niquinohomo-los Positos y Pio XII-El Portillo. Se tomó los factores de la estación sumaria (Pio XII-El Portillo), la más cercana asociada a la estación permanente # 400. Teniendo presente que dicha estación tuviera un comportamiento vehicular similar al tramo de camino Niquinohomo-los Positos.

**Calculo de la tasa de crecimiento vehicular**

**Formula:**  $Tc = \left[ \frac{TPDA_a}{TPDA_o} \right]^{1/n} - 1$

Tc= Tasa de crecimiento Vehicular

TPDA= Trafico promedio diario anual actual

TPDA= Trafico promedio diario anual inicial del año base

<b>Trafico Promedio Diario(TPDA) correspondiente a los años 200 y 2007</b>			
<b>Año</b>	<b>2000</b>	<b>2007</b>	<b>2011</b>
<b>TPDA</b>	<b>73</b>	<b>249</b>	<b>374</b>

**Fuente:** Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), Anuario de aforos 2009.

$Tc(2000-2007) = 0.19$

$Tc(2011-2007) = 0.11$

Promediando ambos valores obtenemos un  $Tc = 0.15$ , el cual será el valor utilizado como tasa de crecimiento vehicular.

**Proyección del tráfico promedio diario anual, a 15 años, considerando la vida útil para este tipo de estructura vial (pavimento flexible)**

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

$FS_{15} = 374(1+0.15)^{15} = 3044 \text{ Veh/año}$

**Flujo de máxima demanda actual**

$FS = VHMD / FHMD * fc$

$FS = 101 / 0.84 = (121) * (0.55) = 67 \text{ Veh/h}$

**Nivel de servicio proyectado a 15 años (Tasa de crecimiento veh.  $i = 0.15$ )**

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

$FS_{15} = 67(1+0.15)^{15} = 546 \text{ Veh/h}$

**Nivel de servicio de la calle.**Características de la vía:

Velocidad de Proyecto	30KPH
Terreno	Plano
Long de rebase restringida	40%
Distribución direccional	55/45
Ancho de carril	2.7

Características del tráfico:

VHMD	101 veh/h
FHMD	0.84

Composición del tráfico:

86 livianos	98%
4 camiones (PT)	2%
Buses (PB)	0%

Se utilizarán las tablas A-14, A-15, A-16 y A-17 de anexos para calcular:

**1. Determinación de la relación volumen/capacidad (v/c).** (Ver tabla A- 14)

$$(v/c)_A = 0.09 \quad (v/c)_C = 0.36 \quad (v/c)_E = 1.00$$

$$(v/c)_B = 0.21 \quad (v/c)_D = 0.6$$

**2. Factor de distribución direccional ( $f_d$ )** (Ver tabla A- 15)

$$f_{d(55/45)} = 0.94 \quad \text{valor más próximo a (60/40)}$$

**3. Factor de ajuste por ancho de carril ( $f_w$ )** (Ver tabla A- 16)

Se trabajó con los valores más próximos a 2.7 m, es decir con los valores correspondientes al ancho de carril de 2.7 m. Por tanto:

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

$$f_{wE} = 0.66$$



#### 4. Factor de vehículos pesados ( $f_{hv}$ ) (Ver tabla A – 17)

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

Porcentaje de camiones: PT = 0.02

Porcentaje de auto buses: PB = 0

Porcentaje de vehículos recreativos: PR = 0

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

$ET_{A..} = 2.00$

$ET_{B-C} = 2.20$

$ET_{D-E} = 2.00$

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

$f_{hv}(A) = 0.980$

$f_{hv}(B-C) = 0.976$

$f_{hv}(D-E) = 0.980$

#### 5. Nivel de Servicio (SF)

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

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

$SF_A = 2800 (0.09)(0.94)(0.49)(0.980) = 114 \text{ Veh/h}$

$SF_B = 2800 (0.21)(0.94)(0.49)(0.976) = 265 \text{ Veh/h}$

$SF_C = 2800 (0.36)(0.94)(0.49)(0.976) = 454 \text{ Veh/h}$

$SF_D = 2800 (0.60)(0.94)(0.49)(0.980) = 758 \text{ Veh/h}$

$SF_E = 2800 (1.00) (0.94) (0.66) (0.980) = 1703 \text{ Veh/h}$

Se verifica por comparación que: 546 veh/h 758 veh/h lo cual indica que dentro de 15 años el tramo de adoquinado Niquinohomo-Los Positos estará operando en el nivel de servicio C.



## CONCLUSION

Los datos recabados en base al aforo vehicular realizado en el tramo de camino "Niquinohomo Los Positos", nos suministró la información necesaria para clasificar en primera instancia los diferentes tipos de vehículos que circulan en la vía, por sentido de circulación. Siendo la moto-taxi, el vehículo que más utiliza la vía con un porcentaje de 59% del tráfico total. El tránsito liviano compuesto por moto-taxi, automóvil, camioneta y moto representan el 98% y solo el 2% corresponde al tránsito pesado.

El cálculo del tráfico promedio diario TP (D) de 386 veh. Mixtos/día determina que el tránsito que circula por este camino se clasifica como "tránsito medio", cuyo valor está comprendido entre los 250 y 750 Veh. Comerciales por día, con un máximo de 20% de vehículos pesados. También fue posible calcular el TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual), el cual se estima en 374 Veh. Mixtos/año. Cabe señalar que tanto el cálculo del TP(D) como también del TPDA, fue realizado a través de los factores de expansión obtenidos de las estación sumaria Pio XII-El Portillo, la cual es la más cercana a nuestro tramo de carretera y con similar comportamiento vehicular. Finalmente las proyecciones del tránsito futuro a 15 años, indican en base al crecimiento vehicular del 15%, que el TPDA será de 3044 Veh Mixtos/año en el sentido de circulación más cargado. También se determinó que el tramo de camino "Niquinohomo-Los Positos", estará operando a un nivel de servicio C. El nivel de servicio C considera una circulación estable, donde si bien es cierto que las posibilidades de adelantamiento son reducidas y hasta se pueden formar grupos de vehículos que viajan a la misma velocidad, también estas perturbaciones son disipadas sin llegar a producirse una detención total del tráfico vehicular, sin embargo puede ocurrir situaciones inestables, pero esto durante cortos intervalos de tiempo. Por consiguiente nuestro tramo de carretera diseñado para 15 años de acuerdo al tipo de infraestructura vial, tendrá un nivel de servicio aceptable al final de su vida útil.



### III.4-ESTUDIO HIDROLOGICO

El objetivo del estudio hidrológico, es determinar el caudal, que debe evacuar cada elemento, del desagüe superficial, ya sea longitudinal o transversal. Este caudal se debe determinar para cada una de las cuencas cruzadas por la traza (desagüe transversal), así como para cada uno de los recintos hidrológicos que vierten al sistema de desagüe longitudinal (procede del desagüe de la plataforma y de la afluencia de aguas hacia ellas desde los desmontes). Para esta determinación se puede partir de datos de precipitaciones (lo que es adecuado para cuencas pequeñas e inevitable siempre que no exista datos de caudales) o de caudales aforados (en cuenca importantes).

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

#### **Características físicas de una cuenca**

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

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

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

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



### **Criterios para el trazo del parte aguas:**

- 1.-Seleccionar los puntos más elevados del entorno físico de la cuenca.
- 2.-Definición del sistema de drenaje superficial y del cauce más largo.
- 3.-Determinación del punto de interés.
- 4.- La línea divisoria corta ortogonalmente a las curvas de nivel.
- 5.- Cuando la divisoria va aumentando su altitud, corta las curvas de nivel por su parte convexa.
- 6.- Cuando la altitud va disminuyendo, la divisoria corta las curvas de nivel por su parte cóncava.
- 7.- Como comprobación la línea divisoria nunca debe cortar a un río, arrollo o vaguada, excepto en el punto en el que se quiere obtener su divisoria o punto de interés.

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

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

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

Se considera que la fórmula racional es confiable en cuencas pequeñas, menores de 3Km. Para cuencas de aportación mayores se recomienda el uso del método del Hidrograma Unitario.



**Definiciones:** Es conveniente definir ciertos conceptos para tener una mejor comprensión de los datos y cálculos requeridos para la realización del estudio hidrológico. Por ejemplo es importante tener claro las definiciones de duración, intensidad y frecuencia, ya que no es la cantidad total de agua que cae sobre una zona lo que interesa en el diseño de drenaje. La estructura de drenaje se diseña para conducir las máximas descargas producidas, siendo el resultado de la relación duración-intensidad de las lluvias.

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

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

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

**Coefficiente de escorrentía (C):** El escurrimiento superficial viene a ser el caudal o exceso de precipitación y se expresa como un porcentaje del agua de precipitación. El coeficiente fraccionario por el cual se multiplica el aporte total de lluvia para obtener el escurrimiento se denomina "coeficiente de escorrentía y está afectado por las condiciones mismas del área de recogimiento para una cuenca de área conocida, con un curso de agua superficial aforadas constantemente, se puede determinar el coeficiente de escorrentía si se tienen datos de las lluvias caídas sobre esa cuenca. En otros casos, se podrán utilizar el coeficiente tabulado tales como los que se indican en la tabla II.5.1-Estimacion del coeficiente de escorrentía superficial.



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

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

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

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



## Enunciado del Método Racional

En un aguacero ideal, de duración indefinida, con intensidad de lluvia neta **E** constante, el caudal **Q** en el punto de desagüe de la cuenca, que al principio sólo acusará la presencia del agua caída en sus proximidades, irá creciendo hasta alcanzarse una situación de equilibrio. En ese momento, las intensidades de salida de agua se igualarán con las de entrada en la cuenca y por tanto:

$$Q = E \cdot A$$

Siendo **A** la superficie total de dicha cuenca, estabilizándose el caudal a partir de entonces. La intensidad de lluvia neta **E** será igual a la de la lluvia total **I** si el terreno impermeable. Sin embargo, en los casos reales:

$$(E / I = C) < 1$$

Siendo **C** el coeficiente de escorrentía.

El caudal máximo se dará en el equilibrio y su valor será:

$$Q = E \cdot A = C \cdot I \cdot A / K \quad \text{siendo:}$$

**C**: Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie drenada.

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

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

**K**: Coeficiente cuyo valor depende de las unidades en las que se midan **Q**, **I** y **A**.  
Habitualmente: **Q** (m<sup>3</sup>/sg); **I** (mm / h); **A** (Km<sup>2</sup>)

Por lo que, en este caso,  $K = 3.6$  Quedando la formula  $Q = C \cdot I \cdot A / 3.6$



Suponiendo un aguacero de duración indefinida, sería suficiente un determinado tiempo  $T_c$  (característico de cada cuenca) para alcanzar un máximo igual al caudal de equilibrio. Este tiempo  $T_c$ , denominado tiempo de concentración, se define como el transcurrido desde el tiempo de aguacero hasta el final de su hidrograma superficial.

De este modo, el máximo caudal originado por un aguacero estará constituido por agua precipitada exclusivamente dentro del intervalo de duración  $T_c$ . Si la lluvia neta ( $C \cdot I$ ) en este lapso tiene lugar con intensidad constante, el caudal punta se podrá calcular por la fórmula racional ya definida.

Entre todos los lapsos del aguacero de duración  $T_c$ , el suministrador del caudal punta será aquel que proporcione el máximo valor de  $I$  y, por tanto, el cálculo estadístico de caudales punta se reduce al de los valores extremos de la intensidad media de precipitación ( $I$ ) en los intervalos de duración  $T_c$  y al valor del coeficiente de escorrentía ( $C$ ) que cabe esperar en esos mismos intervalos. La hipótesis de lluvia neta constante, admitida en el Método Racional, no es real y en la práctica existen variaciones en su reparto temporal que favorecen el desarrollo de los caudales punta. Sin embargo, en cuencas pequeñas ( $T_c < 6$  horas), la influencia de la variación temporal de la lluvia neta es secundaria, pudiéndose reflejar mediante un factor corrector ( $K'$ ), de forma que la expresión final de la fórmula racional sea la siguiente:

$$Q = (C \cdot I \cdot A / 3.6) \cdot 1/K'$$

Este factor de corrección variará de unos episodios a otros, pero se ha observado que, en la práctica, se puede admitir un valor constante de 1,2. Por ello, la formulación definitiva resulta ser:

$$Q = C * I * A / 3.0$$



## CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO A TRAVES DEL METODO RACIONAL

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

$$Q = CIA / 3$$

En donde:

<b>Q =</b>	Caudal en m <sup>3</sup> /seg
<b>C =</b>	Coeficiente de escorrentía medio ponderado de la cuenca. El coeficiente de escorrentía que se utilizó es de 0.1, de acuerdo a la naturaleza del área drenada. (Ver estimación del coeficiente C)
<b>I =</b>	Intensidad de lluvia media máxima en mm/Hora. Para una duración igual al tiempo de concentración T <sub>c</sub> , de la sección de cálculo. La intensidad de lluvia se toma en base a los registros Pluviográficos y Curvas IDF de la Estación Pluviométrica de Masatepe, con período de 1971 a 1998, tomando una intensidad máxima para un período de retorno de 15 años y un tiempo de 5 minutos.
<b>A =</b>	Área Tributaria en Kilómetros El área de la cuenca, una vez limitada e identificada en plano geodésico, se determinó su valor en metros con apoyo del programa de Auto CAD donde es posible superponer el registro de la imagen (Scanner) del plano geodésico y la poligonal que delimita la cuenca con la ampliación visual suficiente y a la escala correspondiente.



## MEMORIA DE CÁLCULO

Iniciamos nuestros cálculos determinando el coeficiente de escorrentía, para lo cual hacemos uso de la tabla basada en el plan maestro de drenaje pluvial superficial de la ciudad de Managua (T/III.4.1-Estimacion del coeficiente de escorrentía) , Donde el coeficiente estará sujeto a parámetros tales como: Uso de suelo, tipo de suelo y pendiente media del terreno. Es importante señalar que la selección del coeficiente de escorrentía es subjetiva porque, aun cuando existen tablas y recomendaciones generales, el criterio de ingeniero es definitivo.

Posteriormente presentamos la gráfica (G/III.4.1-curvas IDF de la estación meteorológica de Masatepe) conteniendo las curvas Intensidad-Desarrollo-Frecuencia (IDF). Los datos precisos basados en dichas curvas IDF están contenidas en la tabla (T/III.4.2-Intensidades de lluvia obtenidas del ajuste estación Masatepe).

También incluimos la figura (F/III.4.1- Mapa de localización del proyecto), el cual es un Mapa geodésico suministrado por INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales), siendo de gran utilidad para definir la cuenca hidrográfica y sus áreas de aporte. La delimitación de dichas áreas tributarias de aporte se refleja en la figura (F/III.4.2 (superficies de drenajes en tramos proyectados).

El cálculo de las áreas tributarias de aporte, así como las longitudes y las pendientes máximas y mínimas a lo largo del camino Niquinohomo-Los Positos quedan reflejados en la tabla (T/III.4.3-superficies de drenaje pluvial). Cuya medición fue posible con la ayuda del programa Auto-CAD.

Finalmente presentamos la tabla (T/III.4.4-cálculos del caudal de diseño de las superficies de aporte en el proyecto de adoquinado Los Positos-Niquinohomo). Conteniendo los cálculos del tiempo de concentración y la intensidad media máxima para cada uno de los tramos proyectados. De esta manera quedan definidos los caudales de diseño.



### Estimación del Coeficiente "C"

El Coeficiente de escurrimiento "C" se definió en función del tipo de suelo de la cuenca, su tipo de cobertura vegetal, tipo de pendientes, para ello se evaluó el "C" conforme al procedimiento expuesto por Benard en el siguiente Cuadro:

Coeficiente de Escorrentía (C)\*

<b>Uso del Suelo</b>	Us	%	Valor
1) Vegetación densa, bosque, cafetal con sombra, pastos	0.04	0	0
2) Maleza, arbustos, (solar baldío), cultivos perennes, parques,	0.06	1	0.06
3) Sin vegetación o cultivos anuales	0.1	0	0
4) Zonas Suburbanas (viviendas, negocios)	0.2	0	0
5) Casco Urbano y zonas industriales	0.4	0	0
		1	0.06
<b>Factores de Ajuste</b>			
<b>Tipo de suelo</b>	Ts		
1) Permeable (terreno arenoso, ceniza volcánica, pómez)	1	0	0
2) Semipermeable (terreno arcilloso - arenoso)	1.25	1	1.25
3) Impermeable (terreno arcilloso, limoso, marga)	1.5	0	0
		1	1.25
<b>Pendiente del terreno (%)</b>	Pt		
de 0.0 a 3.0	1	1	1
de 3.1 a 5.0	1.5	0	0
de 5.0 a 10.0	2	0	0
de 10.1 a 20	2.5	0	0
de 20.1 y más	3	0	0
		1	1
La presente tabla es basada en el Plan Maestro de Drenaje Pluvial Superficial			
<b>C = Us * Ts * Pt</b>	0.1		

Tabla III.4.1- Estimación del coeficiente de escorrentía superficial

Para nuestro proyecto los valores son los siguientes:

Uso de Suelo: 0.06

Tipo de Suelos: 1.25

Pendiente del Terreno: 1.00

$C = Us \times Ts \times Pt = 0.06 \times 1.25 \times 1.0 = 0.1$



### **Determinación de la Intensidad de Lluvia "I"**

La Intensidad de lluvia "I" se determinó como función del tiempo de concentración  $t_c$  (en minutos) y el período de retorno  $T_r$ , a partir de la curva de Intensidad, Duración y Frecuencia IDF de la estación de meteorológica de Masatepe. Para el tiempo de retorno de 15 años, los parámetros de ajuste para las ecuaciones de la forma  $I = \frac{A}{(t+b)^d}$ , son los siguientes:

$$A = 1,200.807$$

$$b = 11.0$$

$$d = 0.675$$

$t$  = tiempo de concentración minutos

### **Tiempo de concentración "Tc"**

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

$$T_c = 0.0041 * (3.28 * L / s)^{0.77}$$

Dónde:

$T_c$  = Tiempo de concentración de la lluvia en minutos

$L$  = Longitud máxima de recorrido en metros

$S$  = Pendiente media del terreno en m/m

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



Grafica III.4.1 - Curvas IDF del ajuste estación Masatepe

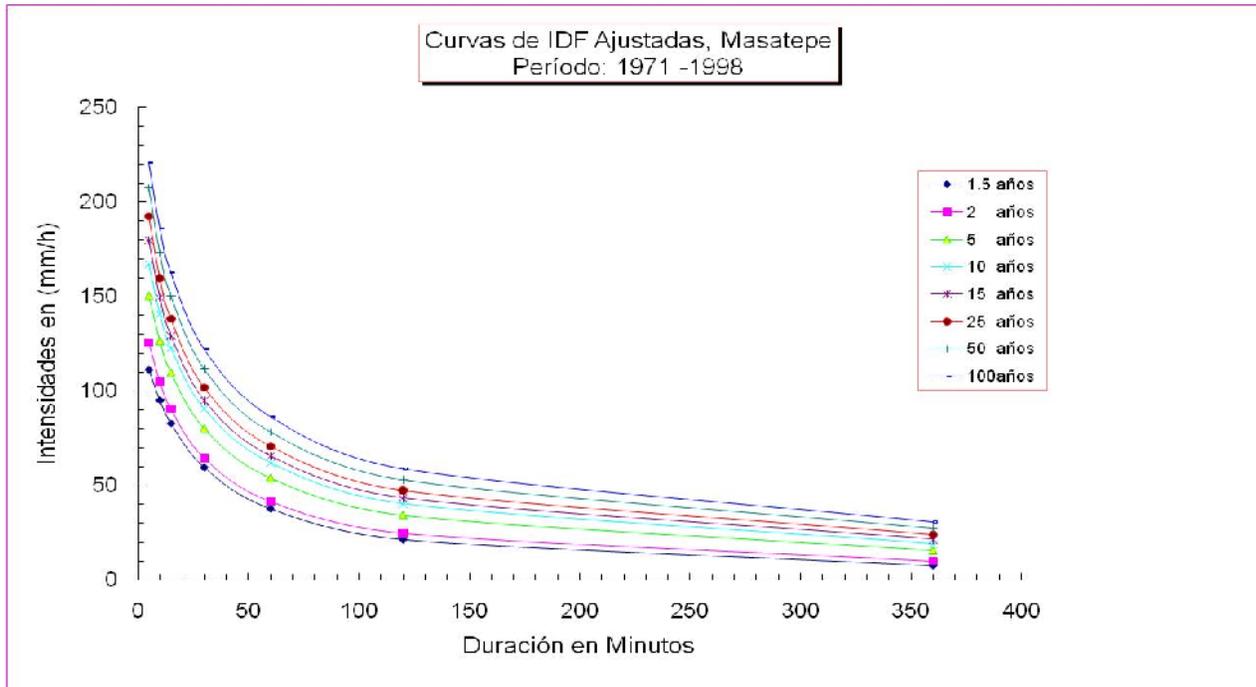


Tabla III.4.2 Intensidades de lluvia obtenidas del ajuste estación Masatepe

INTENSIDADES EN (mm/h) OBTENIDAS DEL AJUSTE							
	Tiempo en Minuto						
	5	10	15	30	60	120	360
1.5 años	111.2	95.0	82.8	59.5	37.6	21.3	7.5
2 años	125.2	104.8	90.3	64.4	41.5	24.7	9.9
5 años	150.2	126.2	109.6	79.9	53.7	34.0	15.4
10 años	166.6	140.5	122.4	90.3	61.8	40.1	19.0
15 años	179.4	149.2	129.1	94.8	65.4	43.2	21.3
25 años	192.1	159.4	137.9	101.6	70.7	47.3	24.0
50 años	207.2	172.7	150.0	111.4	78.2	52.9	27.3
100 años	220.5	185.7	162.4	121.9	86.2	58.6	30.4

El tiempo de concentración en los tramos analizados fue variable, por ello se tomó el valor de intensidad estimado en el gráfico de las IDF para el periodo de retorno de 15 años. Con esto se procedió a calcular los caudales en los tramos de calles del proyecto.



### Definición de la superficie de drenaje

La orientación del drenaje en esta localidad en general es con dirección Este a Oeste, pero con tres desagües naturales que recolectan el drenaje longitudinal del camino, una de ellas al lado oeste del camino (Estación/1+1500) y las otras dos al lado este del camino (Estación 0+042.05/0+870). Por medio de estas vaguadas se drena el camino hacia sus lados laterales.

En la figura II.5.1 se localiza el tramo de calle que será revestida con adoquín como parte del proyecto.

Figura III.4.1– Localización del proyecto

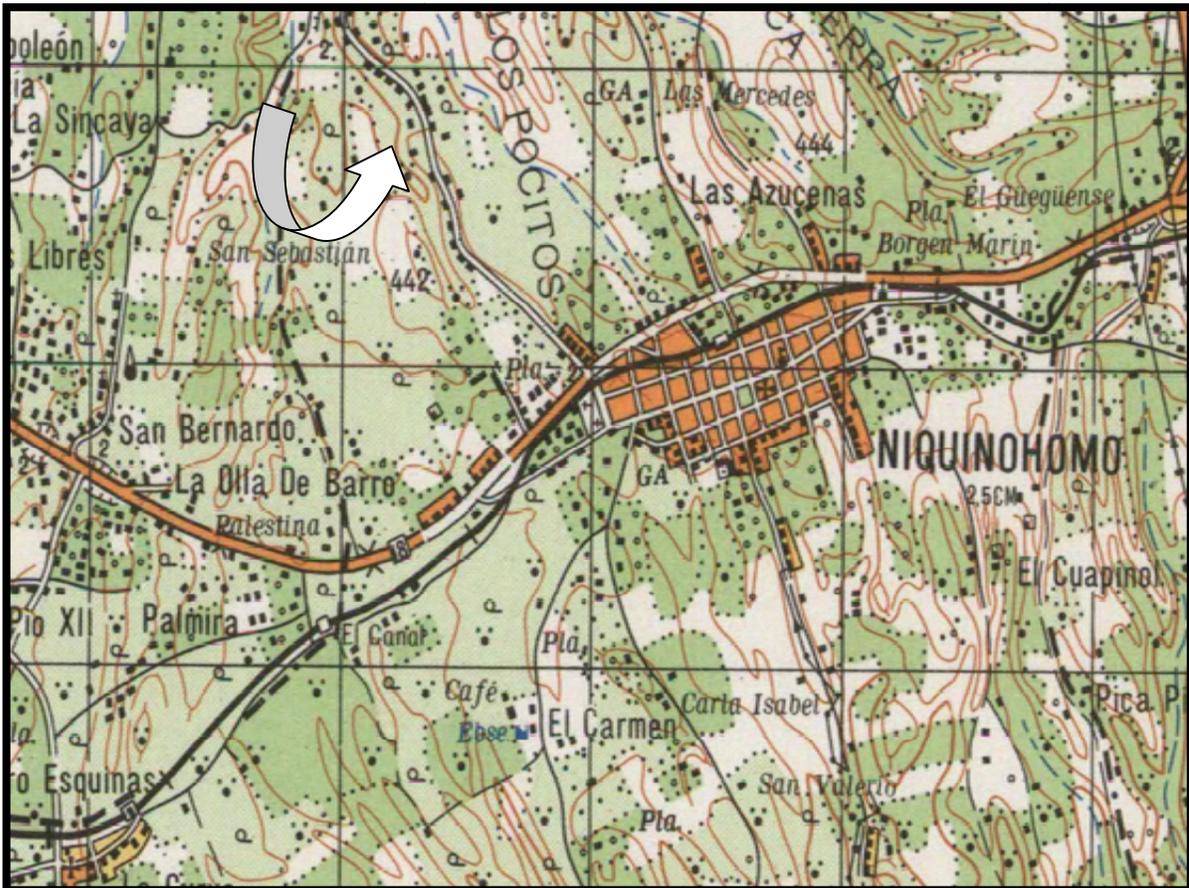


Figura III.4.2- Superficies de drenaje en tramos proyectados



Las áreas de las superficies de aporte de drenaje son los siguientes:

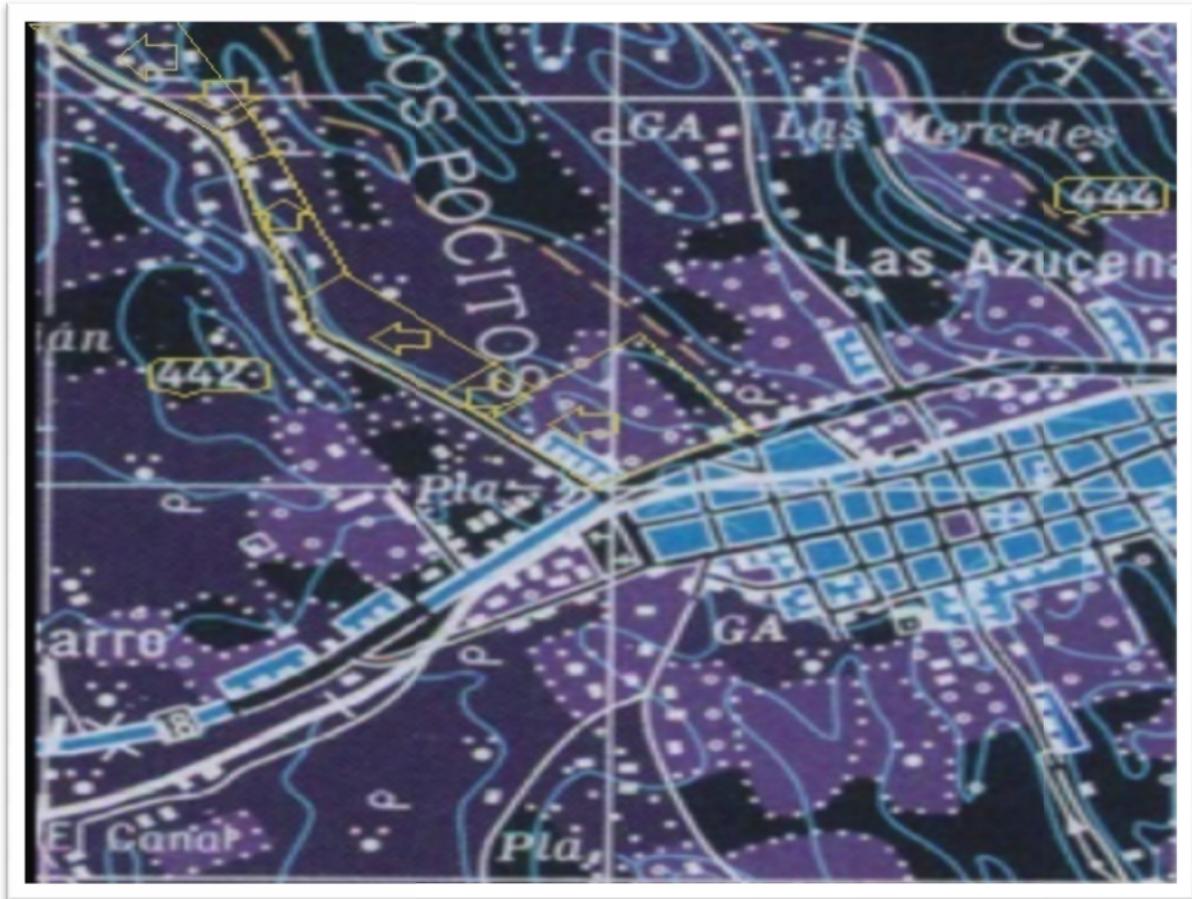


Tabla III.4.3- Superficies de drenaje pluvial en tramos proyectados

Nº	Estación		Área		L m	Hmáx m	Hmin. m
			m2	Km2			
1	0+000.00	<b>0+042.05</b>	88500	0.08850	042.05	199.970	199.908
2	0+042.05	0+100.00	3306	0.00331	057.95	200.164	199.970
1	0+100.00	<b>0+870.00</b>	46200	0,04620	770.00	200.164	183.553
2	0+870.00	0+940.00	24000	0,02400	070.00	185.195	183.553
1	0+940.00	<b>1+500.00</b>	56000	0,05600	560.00	185.195	166.105



Conocidas las superficies de aporte con drenaje pluvial (véase figura II.5.2) y los puntos de concentración del flujo, se procede con los cálculos hidráulicos.

Tabla III.4.4- calculos del caudal de diseño de las superficies de aporte en el proyecto de adoquinado Los Positos-Niquinohomo.

N°	Estación		Áreas		L	Hmax	Hmin	Sc(m/m)	Tc	I	C	Caudales (m3/seg)	
	De	a	m2	Km2	(m)	(m)	(m)		(min)	(mm/h)		tramo	Acumulado
1	0+000.00	<b>0+042.05</b>	88500	0.08850	042.05	199.970	199.908	0.0015	2.23	179.40	0.1	0.5292	0.5292
2	0+042.05	0+100.00	3306	0.00331	057.95	200.164	199.970	0.0037	2.01	179.40	0.1	0.0198	<b>0.5490</b>
1	0+100.00	<b>0+870.00</b>	46200	0.04620	770.00	200.164	183.553	0.0216	7.48	167.67	0.1	0.2582	0.2582
2	0+870.00	0+940.00	24000	0.02400	070.00	185.195	183.553	0.0235	1.14	179.40	0.1	0.1435	<b>0.4017</b>
1	0+940.00	<b>1+500.00</b>	56000	0.05600	560.00	185.195	166.105	0.0341	4.91	179.40	0.1	0.3349	<b>0.3349</b>

Debido a que el tiempo de concentracion en algunos de los tramos proyectados resultaron menores que el tiempo minimo de duracion de la lluvia sugerido para obras de drenaje pluvial ( $T_d=5$  min), se toma la intensidad correspondiente al tiempo de concentracion igual a 5 minutos.



## CONCLUSION

A través de la delimitación realizada sobre mapas geodésicos de la cuenca hidrográfica en zona del proyecto de adoquinado, determinamos una área total de cuenca de aproximadamente 0.2 km<sup>2</sup>. Esta área es muy pequeña debido a que el camino se encuentra situado a orillas de dos depresiones, que bordea la vía por sus dos extremos en casi toda su longitud (véase las fotos de las depresiones en la sección de anexos). La cuenca es menor a 1km, por tal razón se ha utilizado el método racional para el cálculo del caudal de diseño.

Los planos en físico, de ubicación de los desagües naturales del camino Los Positos suministrados por la alcaldía de Niquinohomo facilito el estudio realizado, de donde se ha extraído información relevante para conocer la ubicación exacta, así como la dirección de las corrientes de aguas. De acuerdo a la topografía que presenta la zona del proyecto se identifican tres desagües naturales ubicadas en las estaciones 0+042.05, 0+870 y 1+500 metros a lo largo de la vía. Estas salidas naturales serán aprovechadas para evacuar el agua pluvial una vez que la calle sea revestida con adoquines.

El área aledaña al proyecto está cubierta de mucha vegetación y cultivos (véase las fotos en la sección de anexos), además el tramo de carretera posee una pendiente media de 2.5%, con un tipo de suelo semipermeable. En base a esto se ha escogido el coeficiente de escorrentía de 0.1, para afectar el caudal de entrada a la cuenca. Los caudales máximos calculados serán los utilizados para el diseño de los elementos de drenaje pluvial, tales como cunetas, vados, canales etc., según sea necesario para conducir las aguas de forma segura fuera del tramo de carretera, garantizando de esa manera la durabilidad de la estructura de pavimento.



### III.5-EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL

El estudio de impacto ambiental es la evaluación que permite planificar ambientalmente los programas y proyectos, para tomar decisiones no solo con criterios financieros, sino bajo parámetros sociales y ambientales como elemento vital del diseño. El estudio de impacto ambiental deberá contener los aspectos más sobresalientes del proyecto y del medio natural, así como la jerarquización de los efectos ambientales positivos y negativos, una breve reseña de las acciones que se implementaran con el fin de prevenir, corregir o minimizar los daños ambientales y el resumen del plan de manejo ambiental conteniendo un programa de contingencia, monitoreo y seguimiento.

#### **Definiciones de los estudios y evaluaciones de impacto ambiental (EIA)**

Munn define la evaluación de impacto ambiental como una *actividad diseñada para identificar y predecir el impacto en la salud y el bienestar del hombre de propuestas legislativas, políticas, programas y procedimiento operacionales , así como interpretar y comunicar tales impactos ( Munn, 1979).*

Otra definición importante fue la propuesta por Battelle en 1978: *es una evaluación de todos los efectos ambientales y sociales relevantes que pueden resultar de un proyecto.*

Así mismo el reglamento Español para la evaluación del impacto ambiental de 1998, lo define como *el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permite estimar los efectos que la ejecución de u determinado proyecto, obra o actividad causa sobre el medio ambiente.*

Tomando como base la definiciones anteriores se entienden que los estudios de impacto ambiental (EIA), buscan estimar a futuro, las relaciones de causa- efecto que se pueden producir entre una propuesta de desarrollo (programa, proyecto etc.) y el medio ambiente que será afectado por ella. Pero también se enfatiza un aspecto esencial: El vínculo entre la afectación del medio ambiente y la calidad de vida humana.



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

### **Plan de manejo ambiental**

El plan de manejo ambiental debe estar orientado a implementar las acciones preventivas y correctivas que permitan evitar, mitigar, corregir y compensar los daños ocasionados por el proyecto en sus distintas fases (construcción, operación y mantenimiento). El plan de manejo ambiental incluirá un plan de contingencia y su plan de monitoreo y seguimiento.

Plan de contingencia: se elabora para el control de eventos indeseados, también deberá establecer medidas de prevención personal e institucional, requerimientos de comunicación y de los equipos, y planificación de fuentes de trabajo.

Plan de monitoreo y seguimiento: se realiza un seguimiento de las condiciones iniciales, de la calidad ambiental y de los impactos ambientales que se presentan. Se debe identificar los sistemas afectados, los tipos de impacto y los indicadores como el agua, aire, suelo, ecosistema, aspectos sociales, económicos y culturales.

### **Definiciones de medio ambiente**

Según el diccionario Websters; *medio ambiente es el conjunto de las "condiciones, influencias o fuerzas que involucran, influyen o modifican: el complejo de factores del clima, edáficos o bióticos que actúan sobre un organismo vivo o una comunidad ecológica y determina su forma o sobrevivencia; y la agregación de las condiciones sociales y culturales (costumbres, leyes, religiones y organización política o económica) que condicionan la vida de un individuo o comunidad.*



En Nicaragua, la ley 217/96 Ley General del Medio Ambiente y Recursos Naturales define como medio ambiente *al sistema de elementos bióticos, abióticos socioculturales y estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y con la comunidad en la que viven determinando su relación o supervivencia.*

### **Principales actividades que impactan el medio**

Remoción de vegetación y descapote

Descripción de impacto: En la construcción de vías se entiende por descapote la desaparición radical de la cobertura vegetal que se encuentra en la zona de la calzada, bermas y cortes proyectados para la conformación del corredor vial. Esta actividad constituye una de las principales acciones generadoras de impactos negativos sobre el ecosistema, pues conlleva inicialmente a una pérdida de la cobertura vegetal rasante, sotobosque, pérdida de suelo y por último aumento de la escorrentía superficial. Adicionalmente esta eliminación conduce al favorecimiento de especies invasoras que cambian la estructura externa del equilibrio eco sistémico, pérdida de diversidad biológica, aumento de la presión sobre el recurso bosque y cambios negativos en la percepción del paisaje.

### **Excavaciones superficiales y subterráneas**

Descripción de impacto: Estas es una de las actividades que más impacta los componentes ambientales del entorno. Las operaciones que incluyen los cortes para la conformación de la vía, pueden afectar diversos elementos ambientales; es así como se generan ruidos, emisiones de gases y partículas, aportes de sedimentos a los cuerpos hídricos, erosión hídrica superficial, desestabilización de taludes y laderas naturales, modificación de flujos de agua, afectación de patrones de drenaje, alteración de zona de recarga hídrica, caída de material ladera abajo con arrasamiento y destrucción de vegetación, cambios en el uso de suelos, alteraciones del nivel freático, cambios en las propiedades físico-químicas del suelo, emigración y atropellamiento de la fauna, incremento de las actividades de caza, deterioro de la infraestructura existente, afectación de predios aledaños,



incremento en el riesgo de accidentalidad, afectación de sitios de interés arqueológico y cambios drásticos en el paisaje, etc.

### **Construcción de obras de drenaje**

Descripción de impacto: En la construcción de vías, uno de los mayores problemas en el diseño, y que puede afectar a la misma vía, es el de ignorar la necesidad de construir obras adecuadas de cruce de corriente, o sub dimensionarlas. El hecho de cruzar un estero o un curso de agua menor con un terraplén de carretera, sin dar adecuada salida de drenaje, puede ocasionar pérdida de vegetación por putrefacción de raíces, cambios en la flora acuática, incluyendo aparición de vectores de enfermedades y bloqueos en la emigración de especies icticas. Las deficiencias del diseño y construcción de este tipo de obras de drenaje se reflejan en el empantanamiento de grandes áreas aguas arriba del cruce con la vía y disminución de la humedad aguas abajo.

Por otra parte el represamiento de las aguas puede deteriorar la banca, tanto por el efecto de la escorrentía sobre ella, como por la acción de la infiltración, la cual puede producir, bajo ciertas condiciones, su tránsito en forma de flujo de tierra y lodo. Adicionalmente el material saturado del suelo pierde resistencia y genera inestabilidad de soporte de tuberías, de taludes y otras instalaciones. En relación a los efectos durante la construcción de las obras de drenaje, se pueden presentar alteraciones temporales en la morfología del curso de agua, desviación de su cauce, aporte de materiales de excavación al mismo drenaje, aporte de residuos de construcción, contaminación de las aguas por residuos líquidos y sólidos de los trabajadores, afectación de la fauna ictica y afectación de los usuarios del recurso tanto a nivel del consumo doméstico y de fauna circundante, como de riego de cultivo cercanos al drenaje.



## **Línea de base**

La línea de base tiene el propósito de captar y analizar toda la información necesaria del medio antes de que se ejecuten las acciones que conllevan un proyecto, para poder prever las alteraciones que se puedan producir en el medio físico, biológico y social, además de constituir una fuente de datos que permite evaluar, una vez que se ha realizado la obra la magnitud de aquellas alteraciones que son difíciles de cuantificar, pudiéndose aplicar medidas correctoras con posterioridad según los resultados que se vayan obteniéndose.

Antes de iniciar el estudio de la línea de base se hace necesario realizar un análisis preliminar de las acciones impactantes que puede producir un proyecto de asentamiento humano o los impactos ambientales que ya pudieran existir antes de elaborar el proyecto, así como los factores del medio que pudieran ser afectados (consultar tabla de factores ambientales) lo que contribuirá a determinar el contenido y alcance de la línea de base antes de iniciar el estudio de impacto ambiental. Este análisis ambiental puede ser de causa-efecto, pudiéndose utilizar si así se considera una matriz preliminar para la identificación de factores afectados por los impactos. Después de ese proceso se puede iniciar la toma de dato del medio.

## **Resumen de la línea de base**

El resumen de la línea de base tiene por objetivo valorar el estado de conservación de los distintos factores del medio antes de acometer el proyecto. O antes de acometer la construcción, según la forma de estudio y evaluación que se esté aplicando. La valoración del estado actual del medio ambiente se puede elaborar de la síntesis natural y socioeconómica del medio, la descripción de las acciones que producen impactos tanto favorables como desfavorables, los efectos de cambios operados en la naturaleza a partir de transformaciones de la sustancia o energía y la estabilidad ecológica, entendida esta como la capacidad de mantener su estado de equilibrio ante los impactos observados con anterioridad.



La tabla que se muestra a continuación contiene el resumen de la Línea Base Ambiental o también conocida como Estado Inicial del Medio.

Análisis de la calidad ambiental del sitio sin considerar el proyecto

FACTORES AMBIENTALES	ALTERACIONES AMBIENTALES	
	CAUSAS ESPECIFICAR LAS HUMANAS QUE GENERAN EL DETERIORO DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN CASO QUE LA VALORACIÓN SEA MALA	EFFECTOS ESPECIFICAR LOS EFECTOS EN EL MEDIO AMBIENTE DEBIDO AL DETERIORO DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN CASO QUE LA VALORACIÓN SE AMALA
CALIDAD DEL AIRE	SUELO NATURAL QUE PROPICIAN EMISIÓN DE POLVOS POR LA CIRCULACIÓN VEHICULAR SOBRE LA VÍA NO REVESTIDA EN ÉPOCA DE VERANO.	CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR LA EMISIÓN DE HUMOS Y GASES PRODUCIDO POR EL PASO VEHICULAR.
RUIDO	PRODUCIDA POR LA CIRCULACIÓN	MODERADOS NIVELES DE RUIDO QUE PROVOCAN MOLESTIAS
CANTIDAD Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	VERTIDOS DIRECTOS DE DESECHOS SOLIDOS EN CAUSES.	CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES CON REPERCUCIÓN EN LA SALUD Y EL ECOSISTEMA.
CANTIDAD Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	SOBREEXPLOTACIONES DE LOS RECURSOS HIDRICOS.	DISMINUCIÓN DE LAS RESERVAS.
SUELOS	AUSENCIA DE REGIMENES DE USO	AFECCION DE SUELOS DE CALIDAD EDAFICOS, DAÑOS A LA PRODUCCION AGRICOLA.
CUBIERTA VEGETAL	DEFORESTACION	PROCESO DE EROSION, SEDIMENTACION, DAÑO AL HABITAD Y LA FAUNA.
FAUNA	-----	-----
PAISAJE	MODIFICACION DE LA TOPOGRAFIA Y LA VEGETACION EXISTENTE	PERDIDAD DE CALIDAD PAISAJISTICA
MEDIO CONSTRUIDO	DEFICIENTE HIGIENE COMUNAL Y EMISION DE AGUAS JABONOSAS	DEFICIENCIA DE TRATAMIENTOS ADECUADOS DE LOS DESECHOS SOLIDOS Y LIQUIDOS
POBLACIÓN	EMIGRACION DE LA POBLACION JOVEN Y ADULTA HACIA MANAGUA Y COSTA RICA	DISMINUCION DE LA POBLACION
CALIDAD DE VIDA	CONDICIONES HIGIENICOS SANITARIAS Y EPIDEMIOLOGICAS ( ACUEDUCTOS, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO	LAS ALTRACIONES SOBRE LA SALUD. LAS AFECCIONES SANITARISA QUE SE PRODUCEN SON PRINCIPALMENTE RESPIRATORIAS, GASTROINTESTINALES. TRANSMISION POR VECTORES (DENGE O MALARIA).
CULTURA	-----	-----

Tabla III.5.1- Línea Base Ambiental



### Evaluación cualitativa de los impactos ambientales

La evaluación cualitativa de los impactos ambientales de los proyectos de desarrollo se puede desarrollar a partir del uso de matrices causa- efecto como lo ha propuesto Vicente-Canesa, (1995). Esta matriz consistirá en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figuraran las acciones impactantes y dispuestas en filas los factores medioambientales susceptibles de recibir impactos.

La siguiente tabla muestra las principales causas y efecto generados durante la etapa de construcción y operación del proyecto adoquinado de tramo Niquinohomo-Los Positos.

MATRIZ DE CAUSA Y EFECTO				
FACTORES DEL MEDIO		ETAPA: CONTRUCCION		ETAPA: OPERACION
		IMPACTOS		IMPACTOS
		Trabajos preliminares	Infraestructura horizontal	OPRACION
NOMBRE	CLAVE	C1	C2	C3
CLIMA				
CALIDAD DEL AIRE	M1	X	X	X
RUIDOS	M2	X		X
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M3			
CALIDAD Y CANTIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	M4		X	
CALIDAD Y CANTIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS	M5			
SUELOS	M6		X	
CUBIERTA VEGETAL	M7			
FAUNA	M8			
PAISAJE	M9			
MEDIO CONSTRUIDO	M10			
POBLACION	M11			
CALIDAD DE VIDA	M13			
FACTORES SOCIOCULTURALES	M14			

Tabla III.5.2-Matriz causa-efecto del proyecto Niquinohomo-Los Positos.



En el segundo paso se elabora la matriz de valoración de impactos, que permitirá obtener una valoración cualitativa de la importancia de los impactos presentes. De esta forma se interceptan las dos informaciones, obtenidas sobre la base de la matriz causa-efecto, con el fin de significar las alteraciones ambientales derivadas tanto del estado inicial del medio, durante la ejecución del proyecto, como durante su explotación y poder así valorar su importancia.

Las tablas siguientes muestra la valoración de impactos en la etapa de construcción y operación del proyecto "Adoquinado de tramo Niquinohomo-Los Positos"

<b>MATRIZ PARA LA VALORACION DE IMPACTOS AMBIENTALES</b>													
IMPACTOS	<b>ETAPA: OPERACIÓN</b>												
	<b>ATRIBUTOS A EVALUAR<sup>4</sup></b>												
	NATURALEZA	INTENSIDAD	EXTENSION	MOMENTO	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	ACUMULACION	PROBABILIDDA	EFECTO	PERIODICIDAD	PERCEPCION SOCIAL	IMPORTANCIA	MAXIMO VALOR DE IMPORTANCIA
	<b>SIGNO</b>	<b>IN</b>	<b>EX</b>	<b>MO</b>	<b>PE</b>	<b>RV</b>	<b>AC</b>	<b>PB</b>	<b>EF</b>	<b>PR</b>	<b>PS</b>		
Contaminación del aire por emisiones de gases	<b>C3M1</b>	2	2	4	1	4	4	4	4	2	4	-37	100
Moderados Niveles de ruidos que provocan molestias	<b>C3M2</b>	1	2	4	1	4	1	4	4	2	4	-31	100

Tabla III.5.3.a- Matriz para la valoración de impactos ambientales.

<sup>4</sup> Fuente Vicente Conesa / Ver anexos, tabla III.5-1



MATRIZ PARA LA VALORACION DE IMPACTOS													
IMPACTOS	ETAPA: CONTRUCCION												
	ATRIBUTOS A EVALUAR <sup>5</sup>												
	NATURALEZA	INTENSIDAD	EXTENCION	MOMENTO	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	ACUMULACION	PROBABILIDDA	EFECTO	PERIODICIDAD	PERCEPCION SOCIAL	IMPORTANCIA	MAXIMO VALOR DE IMPORTANCIA
SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	AC	PB	EF	PR	PS			
Afectación de la calidad del aire por Emisiones de polvos.	<b>C1M1</b>	2	2	4	2	1	1	4	4	1	2	-29	100
Afectación de la calidad del aire Por emisiones de polvos.	<b>C2M1</b>	1	2	4	2	1	1	4	4	1	1	-25	100
Moderados niveles de ruidos Que provocan molestias.	<b>C1M2</b>	4	2	4	1	1	1	4	1	1	4	-33	100
Contaminación de las aguas superficiales	<b>C2M4</b>	2	1	1	2	1	1	1	4	1	2	-21	100
Contaminación del suelo debido la producción de desechos sólidos	<b>C2M6</b>	2	1	4	2	1	4	1	4	1	2	-27	100

Tabla III.5.3.b-Matriz para la valoración de impactos ambientales.

<sup>5</sup> Fuente Vicente Conesa/ Ver anexos, valores de los atributos de impactos..., tabla III.5-1.



Después de calcular la importancia de los impactos, se ha considerado utilizar la importancia de impacto como una función directamente proporcional al grado de alteración producido por un impacto ambiental en el medio ambiente y expresar la importancia como un porcentaje de alteración con respecto máxima posible. De esta forma es posible conociendo el máximo grado de alteración que puede producir un impacto, que se determina por la suma del valor máximo de cada atributo que interviene en la cualificación del impacto (cuando participan todos los atributos el valor máximo de alteración será de 100 unidades), determinar el impacto total del estadio que se evalúa, mediante el uso de matrices separadas para los valores positivos y negativos; la suma por columna de los valores de importancia dividido entre el valor máximo de importancia, expresara el grado de alteración que provoca cada impacto ambiental en el medio ambiente, mientras que esta misma operación en el sentido de las filas expresara la magnitud de la alteración que percibe cada factor del medio ambiente; la intersección de estas dos informaciones expresara el impacto total o grado de alteración total del estadio que se evalúa. En las tablas se expresa el modelo de la matriz que se plantea para el cálculo de la importancia y el grado de alteración, lo que permite determinar el impacto total de la etapa.

Posteriormente se podrá utilizar la estadística para realizar el proceso de discriminación con el propósito de buscar un mayor grado de precisión al establecer la importancia de los impactos, para lo cual se puede valorar lo siguiente: determinar por separado para impactos positivos y negativos, el valor medio ( $V_m$ ) y la desviación típica ( ), considerando como valor crítico de impacto ( $V_{cr}$ ) todos aquellos cuyo valor de importancia ( $V_i$ ) fuera superior a  $V_m +$  o sea:

$$V_{cr} = V_i > V_m +$$

Así mismo se consideró valorar como irrelevante ( $V_{ir}$ ) aquellos impactos cuyos valores absolutos de importancia fueran inferiores del valor medio ( $V_m$ ) menos la desviación típica ( )

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



De esta forma se obtiene el rango de evaluación, que como se puede apreciar no preestablece valores absolutos de importancia, sino que, esta se concibe como una función de las características de cada proyecto que se evalué.

<b>MATRIZ DE IMPORTANCIA DE EFECTOS NEGATIVOS</b>						
FACTORES DEL MEDIO		ETAPA: CONTRUCCION				
		Trabajos preliminares	Infraestructura horizontal	valor de la alteración	Máximo valor de alteración	Grado de la alteración
NOMBRE	CLAVE	C1	C2			
CLIMA						
CALIDAD DEL AIRE	M1	-29	-25	-54	200	27
RUIDOS	M2	-33		-33	100	33
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M3					
CALIDAD Y CANTIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	M4		-21	-21	100	21
CALIDAD Y CANTIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS	M5					
SUELOS	M6		-27	-27	100	27
CUBIERTA VEGETAL	M7					
FAUNA	M8					
PAISAJE	M9					
MEDIO CONSTRUIDO	M10					
POBLACION	M11					
SUELO	M12					
CALIDAD DE VIDA	M13					
FACTORES SOCIOCULTURALES	M14					
Valor medio de importancia (Vm)		-27				
Dispersión típica ( )		4				
Rango de discriminación		-23	-31			
Valor de la alteración		-62	-73	-135		
Máximo valor de alteración		200	300		500	
Grado de alteración		-31	-24			-27

Tabla III.5.4.a- Matriz de importancia de efectos negativos.



MATRIZ DE IMPORTANCIA DE EFECTOS NEGATIVOS					
FACTORES DEL MEDIO		ETAPA: OPERACIÓN			
		OPERACION	valor de la alteración	Máximo valor de alteración	Grado de la alteración
NOMBRE	CLAVE	C3			
CLIMA					
CALIDAD DEL AIRE	M1	-37	-37	100	37
RUIDOS	M2	-31	-31	100	31
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M3				
CALIDAD Y CANTIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	M4				
CALIDAD Y CANTIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS	M5				
SUELOS	M6				
CUBIERTA VEGETAL	M7				
FAUNA	M8				
PAISAJE	M9				
MEDIO CONSTRUIDO	M10				
POBLACION	M11				
SUELO	M12				
CALIDAD DE VIDA	M13				
FACTORES SOCIOCULTURALES	M14				
Valor medio de importancia		-34			
Dispersión típica		4			
Rango de discriminación		-30	-38		
Valor de la alteración		-68	-68		
Máximo valor de alteración		200		200	
Grado de alteración		-34			-34

Tabla III.5.4.b- Matriz de importancia de efectos negativos.

	Valor critico
	Valor moderado
	Valor irrelevante



A continuación presentamos el detalle de los Impactos ambientales generados por los trabajos preliminares, de ejecución y mantenimiento del proyecto de adoquinado.

ESTUDIO DEL PROYECTO	ESTADIOS DEL PROYECTO	ACCIONES IMPACTANTES	EFECTOS	FACTOR AMBIENTAL AFECTADO
<b>PROYECTO ADOQUINADO DE TRAMO LOS POSITOS – NIQUINOHOMO</b>	<b>CONSTRUCCION</b>	TRABAJOS PRELIMINARES (LIMPIEZA Y DESCAPOTE)	PRODUCCION DE POLVO	CALIDAD DEL AIRE
			PRODUCCION DE RUIDOS	RUIDO
			PRODUCCION DE EXCRETAS HUMANAS	SUELO/ AGUA SUPERFICIAL
		INFRAESTRUCTURA HORIZONTAL ( MOVIMIENTO DE TIERRA Y CARPETA DE RODAMIENTO)	RIESGO DE ACCIDENTE	POBLACION
			PRODUCCION DE RUIDO	RUIDO
			PRODUCCION DE DESECHOS	SUELO
			EMISION DE POLVO	CALIDAD DEL AIRE
		<b>OPERACIÓN</b>	FUNCONAMIENTO	AUMENTO EN LOS NIVELES DE EMISION DE CONTAMINANTES POR EL INCREMENTO DEL TRANSITO VEHICULAS
	DETERIORO DE LA VIA POR FALTA DE MANTENIMIENTO			ACCESIBILIDAD
	AUMENTO EN LOS NIVELES DE RUIDO POR INCREMENTO DEL TRANSITO VEHICULAR			RUIDO
	AUMENTO DE RIESGO DE ACCIDENTE DE TRANSITO			POBLACION

Tabla III.5.5- Impactos al medio producidos por el proyecto de adoquinado



## Programa de Mitigación Y Contingencia del Proyecto "Adoquinado Niquinohomo-Los Positos"

ACCIONES IMPACTANTES	EFFECTOS	MEDIDAS DE MITIGACION	COSTO DE LA MEDIDA	RESPONSABLE POR EL CUMPLIMIENTO DE LA
TRABAJOS PRELIMINARES (LIMPIEZA Y DESCAPOTE)	PRODUCCION DE POLVO	HUMEDECER LA TIERRA	INDIRECTO	CONTRATISTA
	PRODUCCION DE RUIDOS	COLOCACION DE BARRERAS	INDIRECTO	CONTRATISTA
	PRODUCCION DE DESECHOS ORGANICOS E INORGANICOS	UBICAR SITIO RECEPTOR DE DESECHOS	INDIRECTO	CONTRATISTA
	PRODUCCION DE EXCRETAS HUMANAS	CONSTRUCCION DE LETRINAS PROVISIONALES	INDIRECTO	CONTRATISTA
INFRAESTRUCTURA HORIZONTAL ( MOVIMIENTO DE TIERRA, CARPETA DE RODAMIENTO)	RIESGO DE ACCIDENTE	COLOCAR SEÑALES PREVENTIVAS	C/U	CONTRATISTA
	EMISION DE POLVO	HUMEDECER LA TIERRA	INDIRECTO	CONTRATISTA

Tabla III.5.6- Programa de mitigación

DESCRIPCION	RIESGOS IDENTIFICADOS EN LA ZONA	MEDIDAS PREVENTIVAS O DE CONTINGENCIAS
IDENTIFICAR LAS POTENCIALES AREAS SENSIBLES A LOS MOVIMIENTOS SISMICOS	LOS PRINCIPALES TIPOS DE FALLAS DE CIMIENTOS, COLUMNAS, DESLIZAMIENTOS DE PLATAFORMA, FALLAS POR LICUEFACCION, FRACTURAS EN LOS TERRAPLENES Y HUNDIMIENTOS	MANTENER PLAN DE REFORESTACION EN LA ZONA DE CAPTACION, PROGRAMMA DE EDUCACION A LA POBLACION
HURACANES	DAÑOS A LOS TENDIDOS ELECTRICOS, TELEFONOS Y OTROS SOBRE LAS CALLES. DAÑOS A LAS OBRAS DE DRENAJE. INUNDACIONES DESLIZAMIENTOS DE TIERRA, DESPLOMES ETC	BUSCAR ALTERNATIVAS DE TRAZADOS, POCO VULNERABLES. REALIZAR LABOR SISTEMATICA DE CONSERVACION. REFUERZO DE ESTRUCTURA.

Tabla III.5.7- Programa de contingencia ante riesgos.



## CONCLUSION

En conclusión se puede observar generalmente, que los impactos negativos son moderados en su mayoría, a excepción de los que origina la actividad de movimiento de tierra y que afecta directamente la calidad del aire, el cual es una situación crítica. Este impacto al medio causado por construcciones horizontales se hace más relevante dependiendo de la magnitud del proyecto, en nuestro caso se trata de un proyecto pequeño, sin embargo se debe tomar las medidas necesarias para reducir al mínimo las afectaciones causadas en el medio.

El principal factor ambiental impactado, que es la calidad del aire, afectara directamente a los moradores con polvo y ruidos provocados por maquinarias y equipos de construcción, así como a la población en general que transita por la ruta Niquinohomo-Los Positos. Pero cabe destacar que este efecto es temporal y luego en su fase de operación será completamente lo opuesto, ya que se tendrá una vía pavimentada, libre de polvo que deterioran la salud de la ciudadanía. Otro de los componentes que se afectara temporalmente es el paisaje, el cual será afectado por los desechos de construcción, obras civiles y movimiento de tierra. Pero una vez ejecutada la construcción se lograra limpiar y embellecer la vía, y erradicar charcas que dañan la vista de los jardines domésticos, que son unos de los atractivos principales de la ciudad de Niquinohomo.

El transporte será entorpecido en la etapa de construcción de la obra de adoquinado, pero este efecto también es temporal y será eliminado una vez que empiece a funcionar la vía de carretera. Podemos decir que los impactos negativos que afectaran temporalmente al medio ambiente son aceptables, si consideramos los innumerables beneficios que trae consigo esta construcción horizontal, en desarrollo socioeconómico. Estamos seguros que la comunidad entera estará dispuesta a tolerar estas necesarias molestias para su propio beneficio. A esto hay que sumarle, como impacto positivo la generación de empleo debido a la construcción de la nueva carretera de 1500 metros lineales



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA  
UNAN-MANAGUA**

**CAPITULO IV  
DISEÑOSTECNICOS**

DISEÑO DE PAVIMENTO

DISEÑO HIDRAULICO

DISEÑO GEOMETRICO

**FORMULACION DEL PROYECTO**

**ESTUDIO TECNICO DE 1.5 KM DE ADOQUINADO PARA EL TRAMO DE  
CAMINO "NIQUINOHOMO-LOS POSITOS"**

**DEPARTAMENTO DE MASAYA**



## VI.1-DISEÑO DE PAVIMENTO

### METODO DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO

En Nicaragua no existe una norma o ley que establezca el método de diseño que se debe seguir para el diseño estructural de carreteras con pavimentos de adoquines, lo que se hace normalmente es basarse en construcciones anteriores, quedando a criterio del diseñador o consultor los cambios que sean necesarios, pero independientemente del método que se use, se ha observado que los espesores de la estructura varían entre 40 y 55cm, dependiendo de la calidad de la terracería, entre otros parámetros.

Un Método que ha sido generalmente utilizado en nuestro medio para la determinación de espesores de pavimento flexible en caminos rurales, es el método brasileño de Murillo López de Souza, derivado del Método W.H. Mills, el cual rige para carreteras con pavimento de adoquín en Brasil y que se adapta a las condiciones de las carreteras en Nicaragua. Los datos requeridos por dicho método son:

- Tipo de tránsito
- Carga por rueda de 4, 5 ó 6 ton
- CBR de la sub-rasante
- Precipitación anual.

Estos datos se obtienen a partir de tablas predefinidas:

**Para sub-rasante con CBR < 5%** Se coloca un espesor entre 10 y 45cm de terracería mejorada, dependiendo del valor del CBR correspondiente a la sub-rasante la precipitación pluvial de la zona donde se desarrollará la obra de infraestructura vial.

**Para sub-rasante con CBR 5%**

Precipitación	800	800 a 1500	1500
Adoquín	10	10	10
Arena	3 a 5	3 a 5	3 a 5
Base	20	20	20
Sub-base	12	14	16
Espesor total(cm)	42	46	50

**Tabla IV.1.1: Espesores de la estructura según precipitación.****Espesor de la estructura**

La determinación del espesor total del pavimento se hace en función del índice soporte de la sub-rasante (IS), que será determinada en las condiciones de peso volumétrico máximo y humedad óptima. El método para el diseño de pavimento está basado en el CBR como medida de capacidad de soporte de los materiales del pavimento, siendo el valor del CBR corregido el que se denomina (IS) índice de soporte, para no confundirla con el índice de soporte California. El espesor de pavimento sobre la sub-base será siempre el espesor mínimo de base + revestimiento (B + R).

**Los materiales utilizados en el pavimento se dividen en tres categorías:**

- 1.- Materiales de sub-rasante: Los que, en las condiciones de compactación especificada, los que indican un índice de soporte inferior a 20.
- 2.- Materiales de sub-base: Los que, en las condiciones de compactación especificadas, tienen un índice de soporte igual o superior a 20.
- 3.- Materiales de Base: Los que, en las condiciones de compactación, poseen un índice de soporte igual o superior a 30, dependiendo del tipo de tránsito y de la carga máxima de rueda.

El índice de soporte (IS) que se debe adaptar en el diseño será el promedio de los valores suministrados por la igualdad  $IS = CBR$  y la tabla siguiente



<b>Índice grupo</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9-10	11-12	13-14	15-17	18-20
<b>Índice soporte</b>	20	18	15	13	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2

**Tabla IV.1.1: Valores del IS según el IG.**

NOTA: El IS que se adaptará en el diseño no deberá ser superior al valor del CBR ( $IS_{CBR_{diseño}}$ ). Además, en la sección de anexos se presenta la tabla IV.1-1, los datos sombreados se utilizaron para este diseño. Debe tenerse en cuenta que estos valores deben ser incrementados según la tabla III.2-3.

### PAVIMENTO CON ADOQUINES DE CONCRETO

Los adoquines de concreto son elementos individuales, que colocados en un patrón definido, constituyen un pavimento flexible con grandes ventajas constructivas y de gran durabilidad. Además de la apariencia, y facilidad en el manejo y mantenimiento, que presenta este tipo de estructura de adoquín.

**Ventajas constructivas:** La instalación es simple y requiere de poca maquinaria. No intervienen procesos térmicos ni químicos. Se puede construir y dar servicio en un mismo día. Al ser elementos pequeños y al no estar unidos rígidamente, se adaptan a cualquier variación en el alineamiento vertical y horizontal de la vía.

**Durabilidad:** Por la calidad que se exige de los adoquines de concreto se garantiza su durabilidad y resistencia a la abrasión del tránsito y acciones de la intemperie. El adoquín por sí solo tiene una vida útil casi ilimitada. La estructura de un pavimento puede sufrir deterioros después de estar en servicio por más de veinte años; con una reparación menor, el pavimento puede alcanzar una vida útil mucho mayor, y los adoquines en condiciones de servir por muchos años más.

**Apariencia:** al ser elementos simétricos, inducen un sentimiento de orden en la vía se puede fabricar adoquines de diferentes colores que permiten formar figuras, señales y demarcaciones duraderas que dan una mayor belleza al pavimento.



**Manejo y mantenimiento:** la capa de rodadura en todo pavimento es quizás el elemento más costoso. Al hacer reparaciones, esta capa se debe destruir y retirar. En el caso de los pavimentos de adoquines todo el material es recuperable, se puede almacenar y volver a colocar. Esto los hace particularmente especiales en proyectos donde las redes servicio, alcantarillados, acueductos y líneas eléctricas subterráneas no estén completas.

## **CARPETA DE RODAMIENTO**

La capa de rodadura para este tramo en estudio estará conformada por adoquines de concreto colocados sobre una capa de arena y con un sello de arena entre sus juntas. La forma del adoquín no influye mucho en el funcionamiento del pavimento, pero por facilidad para su producción, transporte y colocación, se prefieren adoquines pequeños, que no tengan más de 25cm de longitud para manejarlos con facilidad y para que no se partan bajo las cargas del tránsito.

### **Tipos de adoquines**

**(TIPO 1):** Son los adoquines rectangulares, los más prácticos y populares en todo el mundo por su facilidad para su fabricación y colocación y porque permiten elaborar más detalles en el pavimento. Tienen 20cm de largo por 10cm de ancho. Los hay con paredes rectas, onduladas o anguladas. Estos adoquines se pueden colocar en patrón de espina de pescado, en hileras trabadas, tejido de canasto, etc. Para tráfico de vehículos solo se pueden colocar en forma de espina de pescado.

**(TIPO 2):** Estos no se pueden colocar en patrón de espina de pescado, como los adoquines en forma de "I". Estos se colocan en hileras trabadas y se debe tratar de que éstas queden atravesadas a la dirección de circulación de los vehículos.

**(TIPO 3):** Miden unos 20x20cm ó más y solo se pueden colocar en hileras. También se debe tratar de que las hileras queden atravesadas a la dirección de circulación de los vehículos. A este tipo de adoquines pertenecen los de forma de cruz, trébol, etc. Este último tipo de adoquín es el más utilizado en Nicaragua, por tal razón es el que se pretende usar para el tramo de calle en estudio.



## CONSIDERACIONES GENERALES DE TRANSITO PARA EL DISEÑO

El estudio de tránsito provee información importante para el diseño geométrico y estructural de la carretera. El peso de los vehículos influye en gran manera sobre la estructura del pavimento, por lo cual se debe tener en cuenta el tipo de tránsito y la carga máxima por rueda.

### Tipos de Tránsito.

#### El tránsito se divide en tres categorías:

Tránsito liviano: Cuando el número de vehículos comerciales por día fuera igual o inferior a 250, con un máximo de 20% de camiones, con cargas por rueda igual a la máxima.

Tránsito medio: Cuando el número de vehículos comerciales por día estuviere comprendido entre 250 - 750, con un máximo de 20% de camiones, con cargas por rueda igual a la máxima.

Tránsito pesado: Cuando el número de vehículos comerciales excediere de 750 o cuando hubiera más de 250 camiones por día, con carga por rueda igual a la máxima. Los espesores determinados por medio de las tablas, deberán ser incrementados en función de la densidad media anual de lluvia, dicho incremento se muestra en la tabla III.2-3 de anexos.

#### Carga máxima de 4 toneladas

- Tránsito liviano: I.S. mínimo de 30 (CBR mínimo de 40)
- Tránsito medio: I.S. mínimo de 30 (CBR mínimo de 40)
- Tránsito pesado: I.S. mínimo de 35 (CBR mínimo de 50)

#### Carga máxima de 5 toneladas

- Tránsito liviano: I.S. mínimo de 30 (CBR mínimo de 40)
- Tránsito medio: I.S. mínimo de 35 (CBR mínimo de 50)
- Tránsito pesado: I.S. mínimo de 40 (CBR mínimo de 60)

#### Carga máxima de 6 toneladas

- Tránsito liviano: I.S. mínimo de 35 (CBR mínimo de 50)
- Tránsito medio: I.S. mínimo de 40 (CBR mínimo de 60)
- Tránsito pesado: I.S. mínimo de 45 (CBR mínimo de 70)



**Volúmenes de tránsito futuro:** Los volúmenes de tránsito futuro para efectos de proyecto se derivan a partir del tránsito actual del incremento del tránsito esperado al final del año del período de diseño. Para el diseño estructural se determina un flujo de tránsito de 1.5 veces el tránsito actual, esto se debe a consideraciones de diseño tomadas del método que se utilizará.

**Vehículos de Diseño:** Los vehículos de diseño son los vehículos predominantes y de mayores exigencias en el tránsito que se desplaza por la carretera. De acuerdo al estudio de tránsito realizado para el tramo de carretera Niquinohomo-Los Positos (capítulo II), tenemos un tránsito medio, donde circulan en mayor proporción los vehículos livianos, sin embargo los camiones (C-2) representan un factor importante en el diseño estructural, por esta razón se considera como vehículo de diseño el tipo C-2.

## **DISEÑO ESTRUCTURAL.**

Método de Diseño: Murillo López de Souza.

Tipo de tránsito: Medio (374Veh/día por sentido de circulación)

Carga máxima por rueda: 5 toneladas

Intensidad de lluvia anual: Entren 1500 y 2000 mm/año (38plg/año)

Incremento por la pluviosidad: 20 %

Para Base y Sub-base se tiene disponible un material con CBR = 77 % (banco de material selecto Rufo Arévalo), con índice de grupo de (0) y nula plasticidad. Las características gravo arenoso del material son suficientes para conformar en una sola capa la base y la sub-base de la estructura de pavimento. Cabe señalar que el banco es el único que está siendo explotado actualmente y se encuentra a cuatro kilómetros del proyecto (Adoquinado Los Positos). El pavimento será dimensionado para un tránsito diario de:  $TPD = 1.5 (374) = 561 \text{ veh/día.}$



### 1.- Cálculo del CBR de diseño.

La tabla IV.8 muestra los resultados obtenidos al calcular el CBR de las muestras alteradas obtenidas al realizar los sondeos manuales a lo largo de la sub-rasante. Las muestras predominantes fueron combinadas según el tipo(A-2-4 o A-1-b) para efectuar el ensaye de CBR, por tratarse de muestras con igual índice de grupo.

# Sondeo	# Muestra	Profundidad (cm)	Clasificación HRB	CBR (%)
1	1	0-35	A-2-4(0)	52
2	1	0-30	A-2-4(0)	52
3	1	0-70	A-1-b (0)	36
	2	70-120	A-2-4(0)	52
4	1	0-70	A-2-4(0)	52
	2	70-120	A-1-b (0)	36
5	1	0-60	A-2-4(0)	52
	2	60-120	A-2-4(0)	52
6	1	0-120	A-2-4(0)	52
7	1	0-25	A-2-4(0)	52
8	1	0-65	A-1-b (0)	36
	2	65-120	A-1-b (0)	36
9	1	0-60	A-2-4(0)	52
	2	60-120	A-2-4(0)	52
10	1	0-120	A-1-b (0)	36

Tabla IV.1.3: CBR de la sub-rasante.

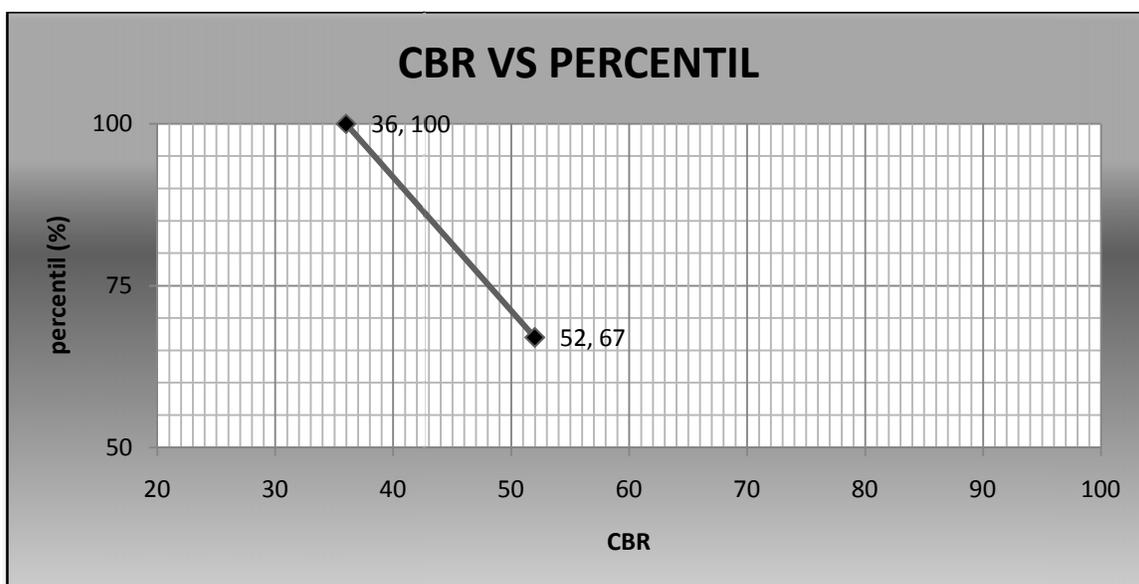


De donde obtenemos los siguientes resultados:

<b>CBR ordenado</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Valores</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>36</b>	5	15	100
<b>52</b>	10	10	67
<b>Suma</b>	15		

Tabla IV.1.4: Valores ordenados de CBR

Teniendo en cuenta que el flujo vehicular en los tramos en estudio se clasifica en tránsito medio se requiere de un percentil del 75%<sup>6</sup>, además, considerando los valores obtenidos de la tabla anterior y posteriormente graficado, se tiene para la subrasante existente un CBR 48%



Grafica IV.1.1: Representación gráfica de CBR vs Percentil

<sup>6</sup> Ver en la Tabla III.2.1 los percentiles según tránsito, página 34.



## 2.- Cálculo del índice de grupo de la sub-rasante (IGsr)

CBR = 48% > de 10% → OK

Utilizando los datos representados en la tabla IV.8 se determinó el tipo de suelo predominante en la sub-rasante, se puede concluir que el suelo A- 2-4 es el de mayor frecuencia y en segundo lugar el suelo A-1-b<sup>7</sup>. La Tabla IV.1-3 (Determinación del CBR según tipo de suelo<sup>8</sup>) muestra que ambos tipos de suelo pueden tener un CBR de 48% con índice de grupo(IG=0), puesto que sus valores de CBR están comprendidos entre 37-80 para el tipo A-1-b y entre 27-80 para el tipo A-2-4.

Por lo tanto podemos considerar el valor de IGsr = 0

## 3.- Cálculo del índice de soporte de la sub-rasante (ISsr)

La tabla IV.2 indica que el IS de la sub-rasante tiene un valor de 20, para un IG=0 por tanto se obtiene:

ISsr = 20

El índice de soporte promedio es:  $\frac{CBR+ISsr}{2} = \frac{48+20}{2} = 34$

Este número representa el menor valor para el CBR de diseño (48%), cumpliendo así con el requisito que se enunció al principio.

## 4.- Calculo del espesor de la Base

La carga máxima de diseño es de 5 toneladas, la tabla IV.1-1 de anexos muestra que este flujo vehicular se clasifica como tránsito medio, considerando una precipitación mayor a los 1500 mm/año y un IS = 20 (Aunque nuestro valor de IS es superior, se toma 20 por ser el máximo planteado por el método de diseño), por lo tanto se obtiene un espesor 22cm. Este valor incluye base y sub-base.

<sup>7</sup>Ver plano estratigráfico, en la sección de anexos/ Tabla III.2-2

<sup>8</sup> Ver anexos



### 5.- Espesores requeridos.

Se incrementará en 20% los espesores por la intensidad de lluvia, esto se especifica en la tabla III.2-3 de anexos, así:  $Base = (1.2) * (22cm)$

$$Base = 26.4cm \Rightarrow 27cm$$

Se ha redondeado a la unidad superior más cercano porque es más difícil lograr un espesor de 26.4cm que quizás de 26cm, además se asegura que la estructura tenga mayor resistencia. No se redondeó a 26 cm porque se estaría debilitando la estructura. Teniendo en cuenta que el espesor de la cama de arena no presta ninguna aportación como estructura. En el siguiente esquema se muestra los espesores mínimos requeridos de acuerdo a las cualidades mecánicas de los suelos y a las condiciones en la que calle quedara expuesta en los próximos 15 años.

Espesor	Simbología	Componente	Descripción
10 cm	II IIIII II IIIII	adoquín	Tipo Tráfico de 3500 Psi
5 cm		Arena	Motastepe / Nandaime
15 cm		Base	Material del banco "Rufo Arévalo" A-1-a (0) compactado al 100 % Proctor modificado.
15 cm		Sub-base	Material del banco "Rufo Arévalo" A-1-a (0) compactado al 95% Proctor modificado
15 cm		Terracería mejorada	Material local A-2-4 (0)/A-1-b(0) , conformar, escarificar y compactar al 95% P.M .

Tabla IV.1.5: Espesores requeridos

Por ser el valor de base y sub-base demasiado pequeño, se recomienda utilizar una base de 15 centímetros y la sub-base de 15 centímetros.



## IV.2-DISEÑO HIDRAULICO

### SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL.

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

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

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

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



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

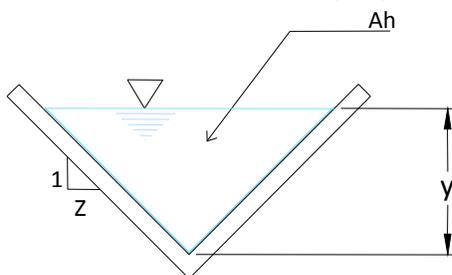
### CONSIDERACIONES DE DISEÑO.

Para el diseño de elementos menores se utilizará los caudales de diseño calculados a través del el método racional, basado en la curva de intensidad – duración – frecuencia (Curva IDF) de la estación meteorológica más cercana a Niquinohomo con un periodo de retorno de 15 – 25 años.

### CRITERIOS Y ECUACIONES

En los cálculos se utilizarán algunos términos que a continuación se enuncian

1.- El drenaje será superficial, las secciones propuestas se presentan en la siguiente gráfica.



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

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

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

5.- Ancho superficial (T): Es la el ancho superior de la cuneta:  $T = 2zy$  (5.4)



5.- Las velocidades calculadas deben encontrarse en el rango de 0.6 V 7 m/s.  
La velocidad media en la cuneta se puede calcular por medio de la fórmula de

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

Dónde:

V Velocidad media (m/s)

R Radio Hidráulico (m)

S Pendiente de la cuneta

Coefficiente de rugosidad de Manning.

6.- El coeficiente de rugosidad que se utilizará para el cálculo de la velocidad media es: = 0.017 para la cuneta y 0.015 para los vados, obtenido de la siguiente tabla.

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

**Tabla IV.1.1: Coeficiente de rugosidad**



7.- El sistema de drenaje que se colocará estará basado en correspondencia con las calles anexas que ya tienen su propio sistema de drenaje, el cual consiste en cunetas, las cuales drenan las aguas a las alcantarillas existentes y estas a su vez desembocan en canales hidráulicos.

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

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

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

11.- Los cálculos hidráulicos se realizan para revisar las capacidades de conducción de las secciones típicas de las cunetas, estos cálculos fueron realizados con el empleo de la ecuación de movimiento uniforme o ecuación de Manning:

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

Dónde:

Q= caudal en m<sup>3</sup>/s

A= Área de la sección hidráulica expresada en m<sup>2</sup>.

R= radio hidráulico en metros

S= pendiente hidráulica sin unidad métrica.

n= coeficiente de rugosidad de acuerdo al tipo de material y otras características (0.013 para concreto).



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

N°	Estaciones		Sc (m/m)	Caudales(m3/s)
	De	a		Sección
1	0+000.00	<b>0+042.05</b>	0.0015	0.5292
2	0+042.05	0+100.00	0.0037	0.0198
1	0+100.00	<b>0+870.00</b>	0.0216	0.2582
2	0+870.00	0+940.00	0.0235	0.1435
1	0+940.00	<b>1+500.00</b>	0.0341	0.3349

Tabla IV.2.2-Caudales de diseño tomados del estudio hidrológico

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

Se proponen cuneta con las siguientes especificaciones:

$$z=4.5 \quad y=0.3 \quad =0.017$$

### 1.- Área hidráulica

$$\text{Ecuación (5.2): } Ah = zy^2 = 4.5(0.3)^2 = 0.405 \text{ m}$$

### 2.- Perímetro mojado

$$\text{Ecuación (5.1): } Pm = 2y \sqrt{1+z^2} = 2(0.30) \sqrt{1+4.5^2} = 2.766 \text{ m}$$

### 3.- Radio hidráulico

$$\text{Ecuación (5.3): } Rh = \frac{Ah}{Pm} = \frac{0.405}{2.766} = 0.146$$



#### 4.- Velocidad media

$$\text{Ecuación (5.5): } V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} = \frac{1}{0.017} (0.146)^{2/3} S^{1/2}$$

$$V = (16.533)S^{1/2}$$

$$\text{Sección 1: } V = (16.310)S^{1/2} = (16.310)(0.0015)^{1/2} = 0.632 \text{ m/s}$$

$$\text{Sección 2: } V = (16.310)S^{1/2} = (16.310)(0.0037)^{1/2} = 0.992 \text{ m/s}$$

$$\text{Sección 3: } V = (16.310)S^{1/2} = (16.310)(0.0216)^{1/2} = 2.397 \text{ m/s}$$

$$\text{Sección 4: } V = (16.310)S^{1/2} = (16.310)(0.0235)^{1/2} = 2.500 \text{ m/s}$$

$$\text{Sección 5: } V = (16.310)S^{1/2} = (16.310)(0.0341)^{1/2} = 3.012 \text{ m/s}$$

#### 5.-Caudal drenado

Según la ecuación (5.5):  $Q=V \cdot A$  se tendrá:

$$\text{Sección 1: } Q = (0.632) (0.405) = 0.256 < Q_D$$

$$\text{Sección 2: } Q = (0.992) (0.405) = 0.402 > Q_D$$

$$\text{Sección 3: } Q = (2.397) (0.405) = 0.978 > Q_D$$

$$\text{Sección 4: } Q = (2.500) (0.405) = 1.013 > Q_D$$

$$\text{Sección 5: } Q = (3.012) (0.405) = 1.220 > Q_D$$

De acuerdo a los cálculos efectuados para determinar la capacidad de las cunetas propuestas, solo en la primera sección obtuvimos una capacidad inferior al caudal de diseño.



La tabla contiene los cálculos realizados para el diseño de las cunetas en cada sección del tramo de carretera Niquinohomo-Los Positos

N°	Estación		Caudal de diseño (m)	Altura del Bordillo(m)	Talud	Área Hidráulica (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Radio Hidráulico	Velocidad (m/s)	Ancho Superior	Capacidad de la cuneta
	De	a	Qd	y	z	Ah	Pm	Rh	V	T	Q
1	0+000.00	<b>0+042.05</b>	0.5292	0.3	4.5	0.405	2.766	0.146	0.632	2.7	0.256
2	0+042.05	0+100.00	0.0198	0.3	4.5	0.405	2.766	0.146	0.992	2.7	0.402
1	0+100.00	<b>0+870.00</b>	0.2582	0.3	4.5	0.405	2.766	0.146	2.397	2.7	0.978
2	0+870.00	0+940.00	0.1435	0.3	4.5	0.405	2.766	0.146	2.500	2.7	1.013
1	0+940.00	<b>1+500.00</b>	0.3349	0.3	4.5	0.405	2.766	0.146	3.012	2.7	1.220

Tabla IV.2.3- capacidades de las cunetas.

Comparando las los caudales de diseño con las capacidades de las cunetas propuestas nos damos cuenta que deberán tener un bordillo de 0.3 metros, a excepción de los tramos 1, los cuales deberá considerarse un bordillo de 0.4 metros.



Para el diseño de vados en las estaciones 0+042.05; 0+870 y 1+500 se utilizara el caudal de 0.3349 m<sup>3</sup>/s, correspondiente al tramo proyectado 0+940-1+1500 (véase la tabla V.2.2-Caudales de diseño tomado del estudio hidrológico), puesto que los aportes en el resto de estaciones no son significativos debido a que es producto del agua que cae sobre la vía, y por ende son muy pequeños e inferiores a 0.3349 m<sup>3</sup>/s.

### Dimensiones del vado propuesto

Caudal de diseño = 0.3349 m<sup>3</sup>/s

z = 13.33

y = 0.15

Pendiente de salida = 1 %

=0.015

#### 1.-Area hidráulica

Ecuación (5.2):  $Ah = zy^2 = 13.33 (0.15)^2 = 0.30 \text{ m}^2$

#### 2.-Perímetro mojado

Ecuación (5.1):  $Pm = 2y \sqrt{1 + z^2} = 2(0.15) \sqrt{1 + 13.33^2} = 4.01 \text{ m}$

#### 3.-Radio hidráulico

Ecuación (5.3):  $Rh = \frac{Ah}{Pm} = \frac{0.3}{4.01} = 0.075$

#### 4.-Velocidad media

Ecuación (5.5):  $V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} = \frac{1}{0.015} (0.075)^{2/3} (0.01)^{1/2} = 1.186 \text{ m/s}$

#### 5.-Ancho superficial:

Ecuación (5.4):  $T = 2zy = 2 \times 13.33 \times 0.15 = 4 \text{ m}$

Según la ecuación (5.5):  $Q=V \cdot A$

$Q = 1.186 \cdot 0.30 = 0.355 \text{ m}^3/\text{s}$



La siguiente tabla contiene los cálculos efectuados para el diseño de los vados

Altura del tirante	Talud z	Área hidráulica	Perímetro	Radio hidráulico	Velocidad	Ancho superior	Capac. del vado
m		m <sup>2</sup>	m	m	m/s	m	m <sup>3</sup> /s
0.25	6	0.375	3.041	0.123	1.65	3	0.62

Tabla V.2.4- capacidades de los vados

Al comparar la capacidad que tendrá el vado con el caudal de diseño, podemos afirmar que el elemento de drenaje funcionara correctamente. Es importante señalar que este vado se diseñó para el mayor caudal de diseño presentado en los puntos donde se requiere este tipo de estructura de drenaje, por lo tanto se dejó ajustada su capacidad, teniendo presente que en el resto de badenes habrá un menor caudal para evacuar.



### IV.3-DISEÑO GEOMÉTRICO

Comprende el diseño óptimo de la línea definitiva, la cual estará sujeta a las alineaciones vertical, horizontal y al derecho de vía, además del criterio del ingeniero diseñador y de las especificaciones establecidas para la misma.

#### NORMAS, CRITERIOS Y ESPECIFICACIONES

La conformación y aprobación de la red de carreteras y/o vías nacionales lleva la implícita necesidad de que su diseño, construcción, mantenimiento y operación se rija por normas y procedimientos para asegurar su coherencia y uniformidad funcional.

#### **Aspectos relevantes para el diseño de pavimentos**

- 1.- Ninguna norma debe sustituir el buen criterio y juicio explícito del diseñador.
- 2.- El mejor diseño geométrico de una carretera puede ser rechazado si, en el análisis de sus elementos justificativos, no se incorporan uniformemente los componentes ambientales de su impacto en el medio natural y social.
- 3.- Las normas de diseño no deben ser una camisa de fuerza, únicamente deben ser utilizadas como una guía sólida y técnicamente aceptable sobre las soluciones más deseables para el diseño geométrico.
- 4.- El buen funcionamiento de la red vial es crucial para el desarrollo seguro y eficiente de las actividades socio - económicas.
- 5.- El diseño de una carretera debe ser consistente, esto es, evitar los cambios considerables en las características geométricas de un segmento dado, manteniendo la coherencia de todos los elementos del diseño con las expectativas del conductor promedio.
- 6.- En el diseño debe presentarse la debida atención a las necesidades de los peatones, de los ciclistas y motociclistas que circulan por la carretera.
- 7.- En el diseño del pavimento de las carreteras es esencial facilitar la efectiva interacción entre la superficie de rodamiento y las llantas de los vehículos para el control y el frenado de los mismos.



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

- Tipo de área: urbano
- Condiciones de terreno: Plano
- Volumen de tránsito<sup>9</sup> : Liviano
- Condiciones ambientales
- Consistencias en el diseño de carreteras similares

La velocidad máxima permitida para los vehículos que circulan en calles urbanas es de 45 km/h<sup>10</sup>, para elaborar el diseño del tramo Niquinohomo – Los Positos se seleccionó una velocidad de diseño de 30KP, por las siguientes razones:

1- El tramo de camino es muy transitado por adolescentes y niños que se dirigen a sus centros de estudios de primaria y preescolar.

2- Otro factor considerado en la selección de la velocidad de diseño fue el alto porcentaje de moto-taxi, que se desplazan sobre la vía. Una velocidad muy alta podría desencadenar un alto índice de accidentes.

3- Los artesanos suelen utilizar la carretera para secar sus maderas al sol, y muchos trabajan en plena vía.

4 – En este tramo se ubican dos escuelas públicas, por lo que es recomendable una velocidad baja, además es recomendable la ubicación de policías acostados y señales de tránsito.

Por norma de la Alcaldía de Niquinohomo, en cada intersección (bocacalle) el ángulo de giro de las cunetas será de 3 metros, en nuestro diseño no existe bocacalle por tratarse de un solo tramo de carretera.

Por razón de que ya existe un camino con sus edificaciones a lo largo del tramo de carretera, nuestro diseño consistirá básicamente en replantear o redefinir geométricamente el alineamiento tanto vertical como horizontal que más se adapte al camino existente. El desarrollo de una determinada calle está influenciado por el tráfico vehicular, peatonal o semoviente, la topografía, uso de la tierra, costo de construcción y mantenimiento, diseño de intersecciones o futuras ampliaciones.

<sup>9</sup> Véase el capítulo III.3/ Estudio de transito

<sup>10</sup> Complemento de ley 431, página 125.



Los criterios básicos a considerarse en el diseño de la vía son: Los anchos y el número de carriles requeridos, el diseño de ambos depende del tipo y tamaño de los vehículos (composición vehicular), Volúmenes de tránsito, velocidad de diseño y niveles de servicio requeridos. La determinación del ancho del derecho de vía de una carretera y por consiguiente la determinación del ancho óptimo de los componentes de la sección transversal típica es para un *período de diseño de 20 años*.

**Ancho de Carril:** La escogencia del ancho de los carriles es una decisión que tiene incidencia determinante en la capacidad de las carreteras. Como parámetro de referencia durante el diseño, se debe tener a la vista la estructura del tránsito proyectado, que a su vez y en la medida de la importancia relativa del tránsito pesado dentro del mismo, hará necesario que la dimensión de cada carril sea habilitada para que los camiones y las combinaciones de vehículos de diseño con tres metros de ancho, se puedan inscribir cómodamente dentro de la franja de circulación que les ha sido habilitada. De acuerdo al estudio de tránsito realizado en el tramo de carretera los Niquinohomo – Los Positos, el porcentaje de vehículos pesados es apenas del 2% del total de vehículos que circulan sobre la vía, aun así se ha considerado tomar como vehículo de diseño el tipo C-2. Por lo tanto se ha determinado un ancho de carril mínimo de 2.7 m.

**Distancia de Visibilidad:** Es la longitud máxima de la carretera que puede un conductor ver continuamente delante de él cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables; por lo tanto la carretera ha de tener en todos sus puntos, tanto en la alineación de trazado, como en las curvas verticales de la rasante, las condiciones de visibilidad precisas para que el conductor pueda tomar a tiempo las pertinentes durante su recorrido. Las tres consideraciones más importantes en la distancia de visibilidad para el diseño de vías son:

- Distancia de visibilidad de parada.
- Distancia de visibilidad de rebase
- Distancia de visibilidad en intersecciones.



**Distancia de visibilidad de parada<sup>11</sup>:** Es la distancia de visibilidad mínima que debe proporcionarse en cualquier punto de la carretera, necesaria para que un conductor que transita a la velocidad de proyecto o cercana a esa velocidad, pueda ver un objeto en su trayectoria, y parar su vehículo antes de llegar a él. La distancia de visibilidad de parada está formada por la suma de dos distancias: la distancia recorrida por el vehículo, desde el instante en que el conductor ve el objeto hasta que coloca el pie en el pedal del freno y la distancia recorrida por el vehículo durante la aplicación de los frenos. A la primera se le llama distancia de reacción y a la segunda distancia de frenado.

Los camiones usualmente requieren distancias de visibilidad de parada más largas para una velocidad dada que los vehículos de pasajeros pero debido a la mayor altura del ojo y bajas velocidades de los camiones, la misma distancia es aplicable. La distancia de visibilidad de rebase se aplica a carreteras de dos carriles, en carreteras de cuatro o más carriles, la maniobra de rebase se efectúa en carriles con la misma dirección de tránsito, por lo que no hay peligro de interferir con el tránsito de sentido opuesto.

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

**Distancia de visibilidad en curvas horizontales:** Para uso general en el diseño de una curva horizontal la línea de visibilidad es una cuerda de la curva y la distancia de visibilidad de parada aplicable es medida a lo largo de la línea central de la curva del carril interno. Se aplica cuando la longitud de las curvas circulares es mayor que la distancia de visibilidad de parada para la velocidad de diseño en consideración; en este caso la distancia de visibilidad es mayor que las longitudes de curvas horizontales.

---

<sup>11</sup> Ver anexos/ Distancia de visibilidad de parada y adelantamiento/ Tabla IV.3-3



### **Criterios para el diseño del alineamiento vertical.**

- En pendientes largas es preferible colocar las pendientes mayores al pie de la pendiente y aliviarlas hacia el final.
- Evitar el efecto de montaña rusa que ocurre en alineamientos relativamente rectos.
- En la pendiente se opera al nivel de servicio E o F, o sea a plena capacidad o cercana a ella.
- Es preferible una rasante con cambios graduales a una línea con numerosos quiebres.
- En las subidas es preferible emplear las pendientes fuertes abajo, disminuyéndolas en la parte superior.
- Ajustar la línea de rasante de acuerdo con los controles de diseño (pendientes máximas y mínimas, etc.).
- Se considera que la elevación de la rasante no sobrepase el nivel o elevación de las aceras de las propiedades adyacentes, altura o rasante del puente y alcantarillas obteniendo así una buena coordinación entre planimetría y altimetría.

Diseñado independientemente. En áreas residenciales el alineamiento debe ser diseñado para minimizar molestias a la población. El diseño óptimo será aquel que conjugue la curvatura y la rasante, ofreciendo seguridad, capacidad, facilidad y uniformidad de operación y apariencia placentera entre los límites de terreno y áreas de recorrido.

**Niveles de Servicio:** Los diseñadores deben seleccionar el nivel de servicio que mejor se adecue a la realidad del proyecto que se propone desarrollar y no suponer irrealidades absurdas que, más bien conllevan a errores. La selección de un determinado nivel de servicio conduce a la adopción de un flujo vehicular de servicio para diseño, que al ser excedido indica que las condiciones operativas se han desmejorado con respecto a dicho nivel.



Como criterio de análisis se expresa que el flujo vehicular de servicio para diseño, debe ser mayor que el flujo de tránsito durante el período de 15 minutos de mayor demanda durante la hora de diseño. La AASHTO ha determinado una manera para seleccionar el nivel de servicio de una carretera, en función de su tipología y las características del terreno.

Tipo de Carretera	Tipo de área y nivel de servicio			
	Rural plano	Rural ondulado	Rural montañoso	Urbano-suburbano
Autopista especial	B	B	C	C
Troncales	B	B	C	C
Colectoras	C	C	D	D
Locales	D	D	D	D

**Tabla IV. 1: Nivel de servicio para diseño según el tipo de carretera.**

### **CURVAS HORIZONTALES.**

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

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

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



**Peralte o sobre elevación:** Es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas horizontales. Existen valores de la sobre elevación que se consideran como valores máximos, los cuales dependen del tipo de tránsito y de las condiciones climáticas.

<b>PERATE MÁXIMO<sup>12</sup></b>	<b>CUANDO USARLO</b>
12 %	Cuando no existan heladas ni nevadas y la cantidad de vehículos pesados en la corriente del tránsito es mínimo.
10 %	No hay nieve o hielo, pero con un gran porcentaje de vehículos pesados.
8 %	En zonas donde las heladas o nevadas son frecuentes.
6 %	En zonas urbanas.

**Tabla IV. 1: Peralte Máximo**

El peralte máximo de diseño para este proyecto es del 12%, ya que se está trabajando con calles rurales donde la cantidad de vehículos pesados es mínima (2% de acuerdo al estudio de tránsito realizado en este tramo de carretera).

**Curvas horizontales continuas:** Dos curvas horizontales continuas pueden presentarse de la siguiente manera:

- En curvas inversas.
- Lomo roto.

La primera está compuesta por dos curvas en sentido contrario contiguas y con tangente común en el punto de unión. La distancia mínima entre ambas curvas debe ser igual a la suma de las transiciones de ambas curvas. El segundo caso es cuando dos curvas consecutivas giran en el mismo sentido, pero que deben estar separadas por al menos una tangente de 500m.

<sup>12</sup> SIECA, pág. 4-36



## ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE UNA CURVA HORIZONTAL.

### **Puntos notables.**

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

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

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

PM: Punto medio de la curva horizontal.

PSC: Indica un punto sobre la curva.

### **Puntos geométricos.**

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

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

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

LC: Longitud del arco o desarrollo (D).comprendido entre PC y el PT. M: Ordenada a la curva desde el centro de la cuerda máxima.

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

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

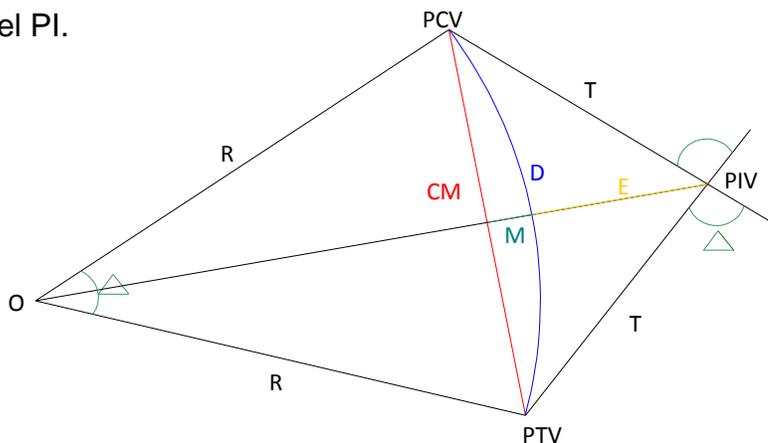


Figura IV.1: Elementos geométricos de una curva horizontal



## ECUACIONES.

**Cálculo de los elementos geométricos de la curva horizontal.**

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

$$\text{Tangente} \quad T_c = R \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad (2.1)$$

$$\text{Cuerda Máxima} \quad CM = 2R \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad (2.2)$$

$$\text{Externa} \quad E_c = R \left( \sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1 \right) \quad (2.3)$$

$$\text{Mediana} \quad M = R \left( 1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right) \quad (2.4)$$

$$\text{Desarrollo} \quad D_c = \frac{\pi R \Delta}{180^\circ} \quad (2.5)$$

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

Este valor está dado por:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127.14(e_{\max} + f)} \quad (2.6)$$

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

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

**Tabla IV. 2: Valores de  $f$  en función de la Velocidad de diseño.**



## CRITERIOS PARA PROYECTAR CURVAS CIRCULARES EN EL CAMPO.

Existen dos maneras de proyectar las curvas horizontales:

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

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

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

según la siguiente expresión: 
$$G_{max} = \frac{145692.26(e_{max} + f)}{V^2} \quad (2.7)$$

Dónde:

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

$f$ : Representa el coeficiente de fricción lateral.

$V$ : Es la velocidad de diseño.

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

**Relaciones fundamentales del grado de curvatura.**

$$\text{Relación G – R} \quad G = \frac{1145.92}{R} \quad (2.8)$$

$$\text{Relación G – Dc} \quad G = \frac{20\Delta}{Dc} \quad (2.9)$$

**Condiciones que debe cumplir G.**

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

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

	5	4	3	2	1
Dc	150	180	210	240	270

**Tabla IV. 5: Valores de DC con respecto a**

**Tipos de curvas horizontales.**

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

**Curvas de transición.**

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



Por otro lado, si el radio supera los 1500m, no es necesario diseñar curvas de transición<sup>13</sup> tampoco son necesarias en calles urbanas, esto se debe a las distancias cortas, a la cantidad de intersecciones y al derecho de vía, sin embargo se utilizan para proporcionar el cambio del bombeo al peralte.

<b>ELEMENTOS DE UNA CURVA EN TRANSICION</b>			
<b>PI</b>	Punto de intersección entre las tangentes	<b>T</b>	Distancia total de la tangente
<b>TS</b>	Punto donde termina la tangente y empieza la espiral.	<b>Tc</b>	Tangente de la curva circular.
<b>CS</b>	Punto donde termina la curva circular e inicia la espiral.	<b>TP</b>	Proyección de la ordenada P, en la tangente.
<b>SC</b>	Punto donde termina la espiral y empieza la curva circular.	<b>M</b>	Abscisa del PC desplazado, referido al TS.
<b>ST</b>	Punto donde termina la espiral y empieza la tangente	<b>P</b>	Ordenada desde la tangente inicial al PC del círculo desplazado.
<b>PM</b>	Punto medio de la curva.	<b>D</b>	Desarrollo o longitud de la curva.
	Punto de deflexión de la tangente	<b>Dc</b>	Desarrollo de la curva circular.
<b>R</b>	Radio de la Curva circular.	<b>E</b>	Externa o distancia sobre la bisectriz del ángulo central del PI al PM.
<b>L<sub>T</sub></b>	De transición. Longitud de la curva	<b>Ec</b>	Externa de la curva circular.
<b>LC</b>	Longitud de la curva circular	<b>Ep</b>	Proyección del desplazamiento de la curva circular sobre la externa

<sup>13</sup>SIECA 4-45

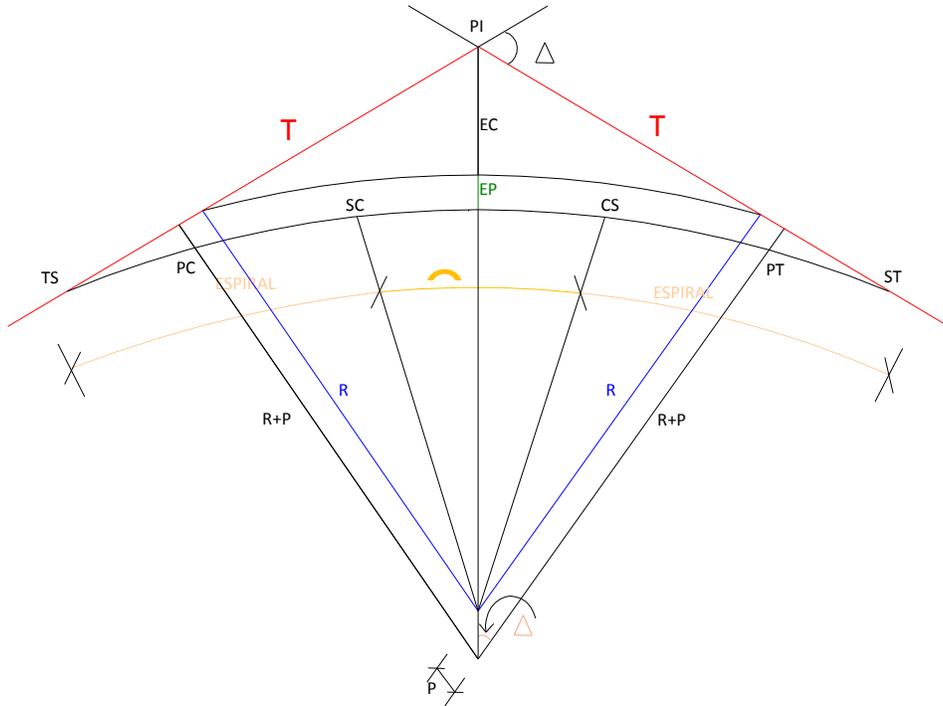
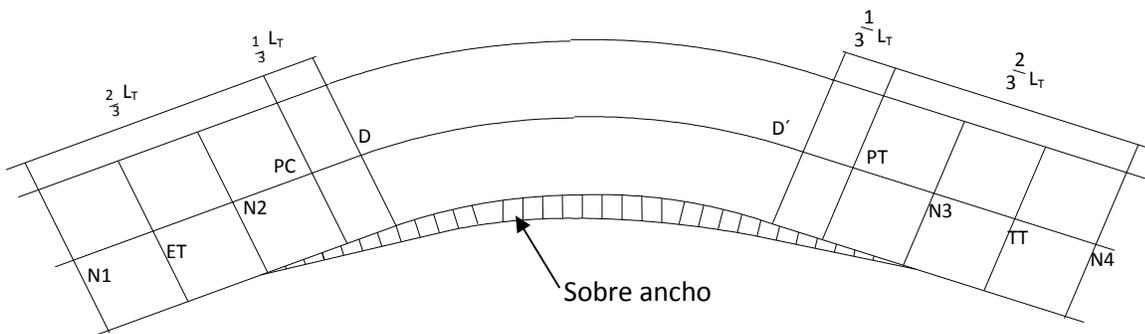


Figura IV. 2: Elementos de la curva de transición.

### Diseño de la curva de transición.

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

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





**Cálculo del sobre ancho de diseño:** Para calcular el sobre ancho se utilizará la siguiente fórmula general:

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

Dónde:

$n$     Números de carriles.

$R$     Radio de la curva.

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

$V$     Velocidad de diseño (KPH)

Para fines de diseño no se consideran los sobre anchos que resultasen menores de 60cm<sup>14</sup>, si el sobre ancho resulta mayor deberá redondearse al decímetro superior. No es necesario ampliar la vía si los carriles tienen un ancho de 3.60m ó más, o cuando el radio de la curva sea mayor de 300m.

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

**Desarrollo del peralte por el borde interior:** Es el segundo método más usado sobre todo en los cortes, en los que se facilita el drenaje al mantener el borde interior una pendiente longitudinal uniforme; también disminuye el Volumen de excavación por elevarse el resto de la calzada con respecto al borde interior.

<sup>14</sup> SIECA pág. 4-50



El borde interior es la línea base alrededor de la cual va girando la sección transversal de la calzada, o parte de ella hasta alcanzar la inclinación necesaria (peralte). El peralte, puede desarrollarse en sobre la tangente y dentro de la curva, manteniéndose en su mayor valor hasta reducirse nuevamente.<sup>15</sup>

### Peralte de diseño

Este está dado expresión por la siguiente: 
$$e = \frac{e_{\max}}{G_{\max}^2} (2G_{\max} - G)G \quad (2.11)$$

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

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

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

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

Dónde:

$e_{\max}$  Peralte máximo.

$G_{\max}$  Grado de curvatura máxima.

G Grado de curvatura.

Sa Sobre ancho de diseño.

$L_T$  Longitud de la curva de transición.

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

$$Est.ET = Est. PC - L_T \quad (2.14)$$

<sup>15</sup> SIECA pág. 4 - 53

**Transición del bombeo (Valor "N")**

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

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

Dónde:

*b* Es el valor en decimal del bombeo.

*a* Es el semiancho de la calzada.

*m* Se calcula mediante la ecuación (2.12)

**LONGITUD MÍNIMA DE LA CURVA DE TRANSICIÓN.**

Según la AASHTO la longitud mínima de una curva de transición<sup>16</sup> debe ir acorde con el aspecto estético, su método consiste en igualar la longitud de la espiral a la longitud necesaria para dar la sobre elevación correspondiente a la curva circular. En base a lo anterior la AASHTO determinó la siguiente ecuación:

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

Dónde:  $L_T \text{ min}$ . Es la longitud de la curva de transición

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

*a* Es el semiancho de la calzada en tangente.

*e* Es el peralte de la curva circular en decimales.

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

**CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA CURVA DE TRANSICIÓN.**

*Tangente* 
$$T = T_p + T_c + m t \quad (2.19)$$

<sup>16</sup> Véase anexos/ Longitud de transición para caminos de dos carriles/ tabla IV.3-1



Dónde:

Tc: Es la tangente de la curva circular simple.

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

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

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

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

Dónde:

Dc: Es el desarrollo de la curva circular simple.

L<sub>T</sub>: Es la longitud de la curva de transición.

$$\text{Externa} \quad E = Ec + Ep \quad (2.24)$$

Dónde:

Ec: es la externa de la curva circular.

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

### REPLANTEO DE CURVAS HORIZONTALES.

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



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

Aunque ya hay valores establecidos para determinados grados de curvatura<sup>17</sup>, se utilizará la ecuación siguiente:

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

Dónde:

$R$  Radio de la curva en metros

$G$  Grado de curvatura de la curva.

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

$$\delta = \frac{1.5G_c \times l}{60} \quad (2.27)$$

Dónde:

$\delta$  Es el ángulo de deflexión.

$G_c$  Grado de curvatura.

$l$  Longitud de arco de la sub-cuerda.

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

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

<sup>17</sup> Ver anexo/ Cuerda máxima a utilizar en el replanteo de curvas circulares/ Tabla IV.



## **CURVAS VERTICALES.**

Son las que se utilizan para servir de acuerdo entre la rasante de distintas pendientes, en los ferrocarriles, carreteras y otros caminos. Tiene como objetivo suavizar el cambio en el movimiento vertical, es decir, que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Casi siempre se usan arcos parabólicos, en vez de arcos circulares como en las curvas horizontales

Cuando la diferencia algebraica entre las pendientes a unir sea menor de 0.5%, las curvas verticales no son necesarias, ya que el cambio es tan pequeño que en el terreno se pierde durante la construcción. Numéricamente se representa así:

$$\|P_2 - P_1\| \leq 0.5\%$$

La longitud de una curva vertical es su proyección horizontal. Se caracterizan por proporcionar un camino seguro, confortable y por permitir el drenaje adecuado a la vía.

### **LONGITUD CRÍTICA DE UNA TANGENTE VERTICAL.**

Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad más allá de un límite previamente establecido.

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

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



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

**Pendiente máxima:** Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto y está en dependencia del volumen y la composición del tránsito, las características del terreno y la velocidad de diseño. Dicha pendiente siempre debe de reservarse para aquellos lugares más difíciles del terreno.

TIPO DE TERRENO <sup>18</sup>	POR CIENTO DE PENDIENTE MÁXIMA PARA DISTINTAS VELOCIDADES DE DISEÑO, EN KPH						
	50	60	70	80	90	100	110
LLANO	6	5	4	4	3	3	3
ONDULADO	7	6	5	5	4	4	4
MONTAÑOSO	9	8	7	7	6	5	5

**Tabla VI. 6: Relación entre pendiente máxima y velocidad de diseño.**

**Pendiente mínima:** Es la menor pendiente que se permite en el proyecto, para que el agua pueda correr por las cunetas, la línea de fondo de éstas deberá tener como mínimo una pendiente de 0.5%<sup>19</sup>, la línea de fondo de las cunetas deberá tener la misma pendiente que la sub rasante de la vía.

**Pendiente gobernadora:** Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea sub rasante para dominar un desnivel determinado, en función de la característica del tránsito y la configuración del terreno, la mejor pendiente gobernadora para cada caso será aquella que al conjugar esos conceptos permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación. Sirve de norma reguladora a la serie de pendientes que se deben de proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

<sup>18</sup> Véase en Anexo/ Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales/ Tabla III.3-5

<sup>19</sup> Nic 2000, pág. 644.



### Tipos de curvas verticales.

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

$$A = P_d - P_i \quad (2. 29).$$

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

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

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

### LONGITUD DE CURVAS VERTICALES.

Al elegir la longitud de las curvas verticales, la diferencia algebraica entre sus pendientes interviene en los cálculos de diseño. En el diseño de carreteras los criterios determinantes son la visibilidad<sup>20</sup> y el grado de cambio de pendiente (comodidad y aspecto). Una curva larga tiene un aspecto más agradable que una corta, es preferible una línea con pendiente suave en cambios graduales, a otra con numerosos cambios de pendientes y longitudes de rampas cortas. Aún con todo esto, la longitud de la curva vertical está en dependencia íntima con la velocidad de diseño y el grado de inclinación de la misma, teniendo en cuenta la distancia de visibilidad de parada, la cual se mencionó anteriormente. En base a los resultados de diversos estudios se ha determinado una fórmula que proporciona la distancia de parada que puede ser utilizada para el diseño de curvas verticales, esta ecuación es:

<sup>20</sup> Véase en el presente capítulo pág. 124; 125



$$D_p = 0.278Vt + \frac{V^2}{254(f_l - P_m)} \quad (2.30)$$

Dónde:

$D_p$ : Distancia de parada o frenado.

$V$ : Velocidad de diseño

$t$ : Tiempo de reacción (2.5seg)

$f_l$ : Coeficiente de fricción longitudinal.

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

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

$$L = \frac{A \times D_p^2}{120 + 3.5D_p} \quad (2.31)$$

Dónde:

$L$ : Longitud de la curva vertical

$A$ : Diferencia algebraica de las pendientes en tanto por ciento

$D_p$ : Distancia de parada.



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

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

**Tabla IV. 7: Valores de K para el cálculo de L.**

Según lo anterior la longitud mínima de una curva vertical que cumpla con el criterio de seguridad está dado por:  $L = K \times A$  (2.32)

#### ELEMENTOS DE LA CURVA VERTICAL.

PCV: Punto de comienzo de la curva vertical

PTV: Punto de terminación de la curva vertical

PIV: Punto de intercesión vertical de las tangentes

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

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

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

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

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

e: Ordenada vertical desde el vértice a la curva.

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

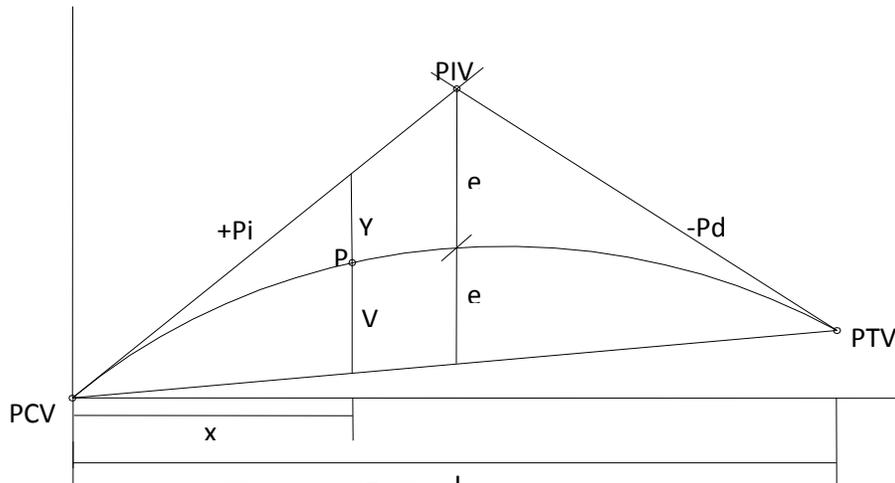


Figura IV.5: Elementos de una curva vertical

**ECUACIONES**

**Cálculo de los valores de los elementos de la curva vertical.**

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

**Rama izquierda**

**Rama derecha**

Ordenadas

$$V_i = \frac{P_d - P_i}{2L} \times \frac{L_d}{L_i} \times x_i^2 \quad V_d = \frac{P_d - P_i}{2L} \times \frac{L_i}{L_d} \times x_d^2 \quad (2.33)$$

Elevación sobre la tangente

$$E_{s/t} = E_{PCV} + P_i x_i \quad E_{s/t} = E_{PTV} + P_d x_d \quad (2.34)$$

Elevación sobre la curva.

$$E_{s/c} = E_{s/t} + V_i \quad E_{s/c} = E_{s/t} + V_d \quad (2.35)$$

Ubicación del punto más alto

$$X_{PAi} = \left\| \frac{P_i L_i^2}{2e} \right\| \quad X_{PA d} = \left\| \frac{P_d L_d^2}{2e} \right\| \quad (2.36)$$

Si  $X_{PAi} > L_i$  entonces el

Si  $X_{PA d} > L_d$  entonces el

Punto más alto está en

Punto más alto está en

$L_i$ . Luego:  $X_{PA} = L - X_i$

$L_d$ . Luego:  $X_{PA} = L - X_d$



## DISEÑO DE CURVAS HORIZONTALES.

### Consideraciones a tomar

Para el diseño de las curvas horizontales se ha considerado la topografía del terreno, también se han respetado los linderos de las propiedades privadas aledañas. Se consideró un peralte máximo de 12 % (Normas AASHTO 2001) por considerar que el flujo de vehículos pesados en este tramo es mínimo de acuerdo al estudio de tránsito realizado. Además de una pendiente transversal (bombeo) de 3.0 %. El valor de  $f$  se determinó mediante la interpolación de los datos de la tabla II.3. Dando como resultado un valor de  $f = 0,17$ .

De acuerdo a los datos del estudio topográfico realizado para este tramo de camino tenemos tres curvas horizontales simples y una curva inversa. Para el diseño de estas curvas se hizo uso de los programas de Auto CAD y Land-desktp civil 3D. Los datos del diseño geométrico los presentamos a continuación. Estas curvas horizontales se pueden observar a simple vista en los mapas geodésicos y catastrales del sector Los Positos-Niquinohomo.

La siguiente tabla muestra los datos considerados de acuerdo a las normas de diseño geométrico centroamericano y los datos calculados de radio mínimo y grado máximo de curvatura.

Vp	VALORES DE TABLA		DATOS CALCULADOS	
	E <sub>max</sub>	f	R <sub>min</sub>	G <sub>max</sub> ( Grados)
30	0.12	0.17	24.41	46.9453

**Tabla IV.3.8** – Datos iniciales de diseño geométrico



### CALCULO DE LOS ELEMENTOS GEOMETRICOS DE LAS CURVAS.

A continuación presentamos los cálculos de los elementos geométricos de las cinco curvas simples, además de los datos iniciales calculados con el programa de Auto CAD.

DATOS INICIALES						DATOS CALCULADOS					
N° de curva	PC	PT	(Grados)	(Rad)	T(m)	R(m)	Gc(Grados)	Lc(m)	E(m)	M(m)	CM
1	0+426.312	0+509.975	45.6083	0.7960	44.19	105.10	10.9029	83.663	8.91	8.22	81.47
2	0+647.714	0+730.46	24.7806	0.4325	42.03	191.32	5.9896	82.746	4.56	4.46	82.10
3	0+799.582	0+859.47	34.8000	0.6074	30.90	98.60	11.6217	59.888	4.73	4.51	58.97
4	0+914.923	1+075.216	55.6611	0.9715	87.11	165.00	6.9450	160.293	21.58	19.09	154.06
5	1+245.987	1+279.479	18.9472	0.3307	16.90	101.28	11.3147	33.492	1.40	1.38	33.34
6	1+408.458	1+474.495	75.7000	1.3212	38.84	49.98	22.9266	66.037	13.32	10.52	61.34

**Tabla IV.3.9** – Calculo de los elementos geométricos de las curvas horizontales

Según los resultados obtenidos para estas curvas podemos observar que se cumple la condición de radio mínimo, ninguno de los radios calculados es inferior a este parámetro del radio mínimo. De igual manera los grados de curvatura calculados no superan el grado máximo de curvatura cumpliendo con este otro parámetro. Por lo tanto nuestro diseño de curvas horizontales se ajusta perfectamente a las normas de diseño geométrico.

**CALCULO DEL PERALTE Y SOBREALCHO DE LAS CURVAS**

La siguiente tabla muestra los datos iniciales para el cálculo de los valores de peralte y sobre ancho de cada una de las curvas.

DATOS INICIALES								
N° de	L veh	# de	Vp(KPH)	ANCHO CPT EN	Gmax(Grado)	ema	Gc(Grado)	R curva
1	5	2	30	5.4	46.9453	0.12	10.9029	105.10
2	5	2	30	5.4	46.9453	0.12	5.9896	191.32
3	5	2	30	5.4	46.9453	0.12	11.6217	98.60
4	5	2	30	5.4	46.9453	0.12	6.9450	165.00
5	5	2	30	5.4	46.9453	0.12	11.3147	101.28
6	5	2	30	5.4	46.9453	0.12	22.9266	49.98

**Tabla IV.3.10** – Datos iniciales para el cálculo del peralte y sobre ancho

La continuación se muestra los cálculos del peralte y sobre ancho, así como el valor de N

DATOS CALCULADOS								
N° de curva	ec(100/100)	ec (%)	Sa (m)	m	a	Ltmin(m)	bombeo	N(m)
1	0.0493	4.93	0.53	121.875	2.7	16.21	0.03	9.87
2	0.0287	2.87	0.35	121.875	2.7	9.43	0.03	9.87
3	0.0521	5.21	0.56	121.875	2.7	17.13	0.03	9.87
4	0.0329	3.29	0.39	121.875	2.7	10.82	0.03	9.87
5	0.0509	5.09	0.55	121.875	2.7	16.74	0.03	9.87
6	0.0886	8.86	0.93	121.875	2.7	29.15	0.03	9.87

**Tabla VI.3.11** – Calculo de los peralte y sobre ancho.

Como el resultado de los valores calculados de longitud de transición mínima no son números enteros, estos deberán ser redondeados a un número mayor múltiplo de 20.



## CALCULO DE LOS ESTACIONAMIENTOS

CALCCULO DE LOS ESTACIONAMIENTOS						
	curva # 1	curva # 2	curva # 3	curva # #4	curva # 5	curva # #6
EST PC= EST PI -Tc	426.312	647.714	799.582	914.923	1245.987	1408.458
EST N1=EST PC-(0,7 LT+N)	402.442	623.844	775.712	891.053	1222.117	1370.588
EST ET=EST PC -0,7 LT	412.312	633.714	785.582	900.923	1231.987	1380.458
EST N2= EST ET +N	422.182	643.584	795.452	910.793	1241.857	1390.328
EST D= EST PC + 0,3 LT	432.312	653.714	805.582	920.923	1251.987	1420.458
EST D´= EST PT - 0,3 LT	503.975	724.460	853.470	1069.216	1273.479	1462.495
EST PT = EST PC + Dc	509.975	730.460	859.470	1075.216	1279.479	1474.495
EST N3 = EST D´ + LT -N	514.105	734.590	863.600	1079.346	1283.609	1492.625
EST TT = EST N3 + N	523.975	744.460	873.470	1089.216	1293.479	1502.495
EST N4 = EST TT + N	533.845	754.330	883.340	1099.086	1303.349	1512.365

Tabla IV.3.12– Calculo de los estacionamientos

## TABLAS DE LOS PERALTES Y SOBREAÑO DE LOS ESTACIONAMIENTOS

CALCULOS DE LOS SOBREAÑOS Y LOS PERALTES (curva #1)					
Elementos de la curva	Estación	Peralte (%)		Sobre ancho (m)	Distancia
		Hombro	Hombro	Eje central	
N1	0+402.442	-3.00	-3.00	0.00	9.87
ET	0+412.312	0.00	-3.00	0.00	0.00
	0+420.000	1.90	-1.88	0.20	7.69
N2	0+422.182	2.43	-2.43	0.26	9.87
<b>PC</b>	0+426.312	3.45	-3.45	0.37	14.00
D	0+432.312	4.93	-4.93	0.53	20.00
	0+440.000	4.93	-4.93	0.53	
	0+460.000	4.93	-4.93	0.53	
	0+480.000	4.93	-4.93	0.53	
	0+500.000	4.93	-4.93	0.53	
D´	0+503.975	4.93	-4.93	0.53	20.00
<b>PT</b>	0+509.975	3.45	-3.45	0.37	14.00
N3	0+514.105	2.43	-2.43	0.26	9.87
	0+520.000	0.98	-0.99	0.11	3.98
TT	0+523.975	0.00	-3.00	0.00	0.00
N4	0+533.845	-3.00	-3.00	0.00	9.87

Tabla IV.3.13.a– Peraltes y sobre anchos



<b>CALCULOS DE LOS SOBREENCHOS Y LOS PERALTES (curva #2)</b>					
Elementos de la curva	Estación	Peralte (%)		Sobre ancho (m)	Distancia
		Hombro	Hombro	Eje central	
N1	0+623.844	-3.00	-3.00	0.00	9.87
ET	0+633.714	-3.00	0.00	0.00	0.00
	0+640.000	-0.90	0.90	0.11	6.29
N2	0+643.584	-1.42	1.42	0.17	9.87
<b>PC</b>	0+647.714	-2.01	2.01	0.25	14.00
D	0+653.714	-2.87	2.87	0.35	20.00
	0+660.000	-2.87	2.87	0.35	
	0+680.000	-2.87	2.87	0.35	
	0+700.000	-2.87	2.87	0.35	
	0+720.000	-2.87	2.87	0.35	
D'	0+724.460	-2.87	2.87	0.35	20.00
<b>PT</b>	0+730.460	-2.01	2.01	0.25	14.00
N3	0+734.590	-1.42	1.42	0.17	9.87
	0+740.000	-0.65	0.64	0.08	4.46
TT	0+744.460	-3.00	0.00	0.00	0.00
N4	0+754.330	-3.00	-3.00	0.00	9.87

Tabla VI.3.13.b– Peraltes y sobre anchos

Elementos de la curva	Estación	Peralte (%)		Sobre ancho	Distancia
		Hombro	Hombro	Eje central	
N1	0+775.712	-3.00	-3.00	0.00	9.87
	0+780.000	-1.70	-1.71	0.00	5.58
ET	0+785.582	0.00	-3.00	0.00	0.00
N2	0+795.452	2.57	-2.57	0.28	9.87
<b>PC</b>	0+799.582	3.65	-3.65	0.39	14.00
	0+800.000	3.76	-3.74	0.40	14.42
D	0+805.582	5.21	-5.21	0.56	20.00
	0+820.000	5.21	-5.21	0.56	
	0+840.000	5.21	-5.21	0.56	
D'	0+853.470	5.21	-5.21	0.56	20.00
<b>PT</b>	0+859.470	3.65	-3.65	0.39	14.00
	0+860.000	3.51	-3.52	0.38	13.47
N3	0+863.600	2.57	-2.57	0.28	9.87
TT	0+873.470	0.00	-3.00	0.00	0.00
	0+880.000	-1.98	-1.97	0.00	6.53
N4	0+883.340	-3.00	-3.00	0.00	9.87

Tabla VI.3.13.c– Peraltes y sobre anchos



<b>CALCULOS DE LOS SOBREANCHOS Y LOS PERALTES (curva #4)</b>					
Elementos de la curva	Estación	Peralte (%)		Sobre ancho	Distancia
		Hombro	Hombro	Eje central	
N1	0+891.053	-3.00	-3.00	0.00	9.87
ET	0+900.923	0.00	-3.00	0.00	0.00
N2	0+910.793	1.62	-1.62	0.19	9.87
<b>PC</b>	0+914.923	2.30	-2.30	0.27	14.00
	0+920.000	3.14	-3.14	0.37	19.08
D	0+920.923	3.29	-3.29	0.39	20
	0+940.000	3.29	-3.29	0.39	
	0+960.000	3.29	-3.29	0.39	
D'	1+069.216	3.29	-3.29	0.39	20.00
PT	1+075.216	2.30	-2.30	0.27	14.00
N3	1+079.346	1.62	-1.62	0.19	9.87
	1+080.000	1.52	-1.52	0.18	9.216
TT	1+089.216	0.00	-3.00	0.00	0.00
N4	1+099.086	-3.00	-3.00	0.00	9.87

Tabla VI.3.13.d– Peraltes y sobre anchos

<b>CALCULOS DE LOS SOBREANCHOS Y LOS PERALTES (curva #5)</b>					
Elementos de la curva	Estación	Peralte (%)		Sobre ancho	Distancia
		Hombro	Hombro	Eje central	
N1	1+222.117	-3.00	-3.00	0.00	9.87
ET	1+231.987	-3.00	0.00	0.00	0.00
	1+240.000	-2.04	2.04	0.22	8.01
N2	1+241.857	-2.51	2.51	0.27	9.87
<b>PC</b>	1+245.987	-3.56	3.56	0.39	14.00
	1+251.987	-5.09	5.09	0.55	20.00
D	1+260.000	-5.09	5.09	0.55	
	1+273.479	-5.09	5.09	0.55	20.00
PT	1+279.479	-3.56	3.56	0.39	14.00
	1+280.000	-3.43	3.43	0.37	13.48
N3	1+283.609	-2.51	2.51	0.27	9.87
<b>TT</b>	1+293.479	-3.00	0.00	0.00	0.00
	1+300.000	-1.98	-1.98	0.00	6.52
N4	1+303.349	-3.00	-3.00	0.00	9.87

Tabla VI.3.13.e – Peraltes y sobre anchos



CALCULOS DE LOS SOBREANCHOS Y LOS PERALTES (curva #6)					
Elementos de la curva	Estación	Peralte (%)		Sobre ancho (m)	Distancia
		Hombro	Hombro	Eje central	
N1	1+370.588	-3.00	-3.00	0.00	9.87
	1+380	-0.14	-0.14	0.00	0.46
ET	1+380.458	-3.00	0.00	0.00	0.00
N2	1+390.328	-2.19	2.19	0.23	9.87
	1+400	-4.33	4.33	0.45	19.54
PC	1+408.458	-6.20	6.20	0.65	28.00
	1+420	-8.76	8.76	0.92	39.54
D	1+420.458	-8.86	8.86	0.93	40.00
	1+440	-8.86	-8.86	0.70	
	1+460	-8.86	-8.86	0.70	
D'	1+462.495	-8.86	8.86	0.93	40.00
PT	1+474.495	-6.20	6.20	0.65	28.00
	1+480	-4.98	4.98	0.52	22.50
N3	1+492.625	-2.19	2.19	0.23	9.87
	1+500	-0.55	0.55	0.06	2.50
TT	1+502.495	-3.00	0.00	0.00	0.00
N4	1+512.365	-3.00	-3.00	0.00	9.87

Tabla VI.3.13.f– Peraltes y sobre anchos



## REPLANTEO DE LAS CURVAS HORIZONTALES

### CURVA #1

Se ha seleccionado una longitud de cuerda máxima de 10 metros ya que el grado de curvatura ( $10.9029^\circ$ ) está entre  $6^\circ$  y  $15^\circ$  según lo que señala la tabla A - 3. La deflexión calculada para esta curva tiene un valor de  $= 45^\circ 36' 29.88''$

$$= \frac{1.5(10.9029^\circ)(3,688)}{60} = 1.0052^\circ$$

$$= \frac{1.5(10.9029^\circ)(10)}{60} = 2.7257^\circ$$

$$= \frac{1.5(10.9029^\circ)(9,975)}{60} = 2.7189^\circ$$

Estos valores se muestran en la siguiente tabla:

PUNTO	ESTACION	CUERDA	DEFLEXION	DEFLEXION ACUMULADA
PC	0+426.312	0.000	0.0000	0.0000
	0+430.000	3.688	1.0052	1.0052
	0+440.000	10.000	2.7257	3.7310
	0+450.000	10.000	2.7257	6.4567
	0+460.000	10.000	2.7257	9.1824
	0+470.000	10.000	2.7257	11.9081
	0+480.000	10.000	2.7257	14.6338
	0+490.000	10.000	2.7257	17.3596
	0+500.000	10.000	2.7257	20.0853
PT	0+509.975	9.975	2.7189	<b>22.8042</b>

**Tabla VI.3.14.a-** Replanteo de la curva horizontal 1.

Se puede comprobar que la deflexión acumulada final se aproxima al valor del ángulo de deflexión media, es decir:  $22^\circ 48' 15.12''$   $/2=22^\circ 48' 14.94''$ , siendo el grado de tolerancia permitido  $< 00^\circ 01' 00''$ .



## CURVA #2

Se ha seleccionado una longitud de cuerda máxima de 20 metros, ya que el grado de curvatura ( $5,9896^\circ$ ) está entre  $0^\circ$  y  $6^\circ$  según lo que señala la tabla A - 3. La deflexión calculada para esta curva tiene un valor de  $24^\circ 46' 50.16''$

$$= \frac{1.5(5.9896^\circ)(12.286)}{60} = 1.8397^\circ$$

$$= \frac{1.5(5.9896^\circ)(20)}{60} = 2.9948^\circ$$

$$= \frac{1.5(5.9896^\circ)(10.460)}{60} = 1.5663^\circ$$

Estos valores se muestran en la siguiente tabla:

PUNTO	ESTACION	CUERDA	DEFLEXION	DEFLEXION ACUMULADA
PC	0+647.714	0.000	0.0000	0.0000
	0+660.000	12.286	1.8397	1.8397
	0+680.000	20.000	2.9948	4.8345
	0+700.000	20.000	2.9948	7.8293
	0+720.000	20.000	2.9948	10.8241
PT	0+730.460	10.460	1.5663	<b>12.3904</b>

**Tabla VI.3.14.b-** Replanteo de la curva horizontal 2.

Se puede comprobar que la deflexión acumulada final se aproxima al valor del ángulo de deflexión media, es decir:  $12^\circ 23' 25.44''$   $/2 = 12^\circ 23' 25.08''$ , siendo el grado de tolerancia permitido  $< 00^\circ 01' 00''$ .

**CURVA #3**

Se ha seleccionado una longitud de cuerda máxima de 10 m ya que el grado de curvatura ( $11,6217^\circ$ ) está entre  $6^\circ$  y  $15^\circ$  según lo que señala la tabla A – 3. La deflexión calculada para esta curva tiene un valor de  $= 34^\circ 48' 00''$

$$= \frac{1.5(11.6217^\circ)(0.418)}{60} = 0.1214^\circ$$

$$= \frac{1.5(11.6217^\circ)(10)}{60} = 2.9054^\circ$$

$$= \frac{1.5(11.6217^\circ)(9.470)}{60} = 2.7514^\circ$$

Estos valores se muestran en la siguiente tabla:

PUNTO	ESTACION	CUERDA	DEFLEXION	DEFLEXION ACUMULADA
PC	0+799.582	0.000	0.0000	0.0000
	0+800.000	0.418	0.1214	0.1214
	0+810.000	10.000	2.9054	3.0269
	0+820.000	10.000	2.9054	5.9323
	0+830.000	10.000	2.9054	8.8377
	0+840.000	10.000	2.9054	11.7431
	0+850.000	10.000	2.9054	14.6485
PT	0+859.470	9.470	2.7514	<b>17.4000</b>

**Tabla VI.3.14.c-** Replanteo de la curva horizontal 3.

Se puede comprobar que la deflexión acumulada final se aproxima al valor del ángulo de deflexión media, es decir:  $17^\circ 24' 00'' / 2 = 8^\circ 42' 00''$ , siendo el grado de tolerancia permitido  $< 00^\circ 01' 00''$ .

**CURVA #4**

Se ha seleccionado una longitud de cuerda máxima de 10 m, ya que el grado de curvatura ( $6.9450^\circ$ ) está entre  $6^\circ$  y  $15^\circ$  según lo que señala la tabla A - 3. La deflexión calculada para esta curva tiene un valor de  $= 55^\circ 39' 39.96$

$$= \frac{1.5(6.9450^\circ)(5.077)}{60} = 0.8815^\circ$$

$$= \frac{1.5(6.9450^\circ)(10)}{60} = 1.7362^\circ$$

$$= \frac{1.5(6.9450^\circ)(5.216)}{60} = 0.9056^\circ$$

Estos valores se muestran en la siguiente tabla:

PUNTO	ESTACION	CUERDA	DEFLEXION	DEFLEXION
PC	0+914.923	0	0.0000	0.0000
	0+920.000	5.077	0.8815	0.8815
	0+930.000	10	1.7362	2.6177
	0+940.000	10	1.7362	4.3540
	0+950.000	10	1.7362	6.0902
	0+960.000	10	1.7362	7.8265
	0+970.000	10	1.7362	9.5627
	0+980.000	10	1.7362	11.2989
	0+990.000	10	1.7362	13.0352
	1+000.000	10	1.7362	14.7714
	1+010.000	10	1.7362	16.5077
	1+020.000	10	1.7362	18.2439
	1+030.000	10	1.7362	19.9802
	1+040.000	10	1.7362	21.7164
	1+050.000	10	1.7362	23.4526
	1+060.000	10	1.7362	25.1889
	1+070.000	10	1.7362	26.9251
PT	1+075.216	5.216	0.9056	<b>27.8308</b>

**Tabla VI.3.14.d-** Replanteo de la curva horizontal 4.

Se puede comprobar que la deflexión acumulada final se aproxima al valor del ángulo de deflexión media, es decir:  $27^\circ 49' 50.88$   $/2=27^\circ 49' 49.98$ , siendo el grado de tolerancia permitido  $< 00^\circ 01' 0k$ .



## CURVA #5

Se ha seleccionado una longitud de cuerda máxima de 10 m ya que el grado de curvatura ( $11.3147^\circ$ ) está entre  $6^\circ$  y  $15^\circ$  según lo que señala la tabla A - 3. La deflexión calculada para esta curva tiene un valor de  $= 18^\circ 56' 49.92$

$$= \frac{1.5(11.3147^\circ)(5)}{60} = 1.1351^\circ$$

$$= \frac{1.5(11.3147^\circ)(10)}{60} = 2.2702^\circ$$

$$= \frac{1.5(11.3147^\circ)(9.479)}{60} = 2.6813^\circ$$

Estos valores se muestran en la siguiente tabla:

PUNTO	ESTACION	CUERDA	DEFLEXION	DEFLEXION ACUMULADA
PC	1+245.987	0.000	0.0000	0.0000
	1+250.000	4.013	1.1351	1.1351
	1+260.000	10.000	2.2702	3.4053
	1+270.000	10.000	2.2702	5.6755
PT	1+279.479	9.479	2.6813	<b>9.4738</b>

**Tabla VI.3.14.e-** Replanteo de la curva horizontal 5.

Se puede comprobar que la deflexión acumulada final se aproxima al valor del ángulo de deflexión media, es decir:  $09^\circ 28' 25.68'' / 2 = 09^\circ 28' 24.96''$ , siendo el grado de tolerancia permitido  $< 00^\circ 01' 00''$ .



### CURVA #6

Se ha seleccionado una longitud de cuerda máxima de 5 m ya que el grado de curvatura (22.9266°) está entre 15° y 32° según lo que señala la tabla A - 3. La deflexión calculada para esta curva tiene un valor de  $\Delta = 75^\circ 42' 00''$

$$= \frac{1.5(22.9266^\circ)(1.542)}{60} = 0.8838^\circ$$

$$= \frac{1.5(22.9266^\circ)(5)}{60} = 2.8658^\circ$$

$$= \frac{1.5(22.9266^\circ)(4.495)}{60} = 2.5764^\circ$$

Estos valores se muestran en la siguiente tabla:

PUNTO	ESTACION	CUERDA	DEFLEXION	DEFLEXION
PC	1+408.458	0.000	0.0000	0.0000
	1+410.000	1.542	0.8838	0.8838
	1+415.000	5.000	2.8658	3.7496
	1+420.000	5.000	2.8658	6.6155
	1+425.000	5.000	2.8658	9.4813
	1+430.000	5.000	2.8658	12.3471
	1+435.000	5.000	2.8658	15.2130
	1+440.000	5.000	2.8658	18.0788
	1+445.000	5.000	2.8658	20.9446
	1+450.000	5.000	2.8658	23.8104
	1+455.000	5.000	2.8658	26.6763
	1+460.000	5.000	2.8658	29.5421
	1+465.000	5.000	2.8658	32.4079
	1+470.000	5.000	2.8658	35.2737
PT	1+474.495	4.495	2.5764	37.8501

**Tabla VI.3.14.f-**Replanteo de la curva horizontal 6.

Se puede comprobar que la deflexión acumulada final se aproxima al valor del ángulo de deflexión media, es decir:  $37^\circ 51' 0.36'' / 2 = 37^\circ 51' 00''$ , siendo el grado de tolerancia permitido  $< 00^\circ 01' 00''$ .



## DISEÑO DE CURVAS VERTICALES

A continuación presentamos los cálculos del diseño de curvas verticales para este tramo de 1.5 kilómetros de longitud.

De igual forma de auxilio del programa de landesktop civil 3D, basando este diseño en las normas de la AASHTO 2001.

DISEÑO DE CURVAS VERICALES								
DATOS INICIALES								
N° DE	EST. PIV	ELEV. PIV	Pj	Pd	A(Pd-Pi)%	A(100/100)	POSICION	V.DISEÑO
1	0+100.001	200.19	0.3777	-1.7674	-2.1451	-0.021451	cresta	30
2	0+729.994	190.6	-1.3917	-5.5166	-4.1249	-0.041249	cresta	30
3	0+869.957	182.88	-5.5166	3.5199	9.0365	0.090365	columpio	30
4	0+939.971	185.34	3.5199	-1.7658	-5.2857	-0.052857	cresta	30
5	1+079.944	182.87	-1.7658	-4.5677	-2.8019	-0.028019	cresta	30
6	1+300.294	172.8	-4.5677	-1.7264	2.8413	0.028413	columpio	30
7	1+449.955	170.22	-1.7264	-8.2232	-6.4968	-0.064968	cresta	30

Tabla IV.3.15-Datos iniciales para el diseño de curvas verticales

DISEÑO DE CURVAS VERICALES							
DATOS CALCULADOS							
N° DE	Dp	K	K*A(%)	LC(criterio/seguridad)	L.CURVA (m)	e	
1	22.20	9.3238	20	2	20	-0.0536275	
2	22.07	4.8485	20	5	20	-0.1031225	
3	22.07	6.6397	60	22	60	0.6777375	
4	22.14	3.7838	20	6	20	-0.1321425	
5	22.11	7.1379	20	3	20	-0.0700475	
6	22.11	7.039	20	7	20	0.0710325	
7	21.98	3.0784	20	7	20	-0.16242	

Tabla IV.3.16-Datos calculados para el diseño de curvas verticales



A continuación presentamos los cálculos de los estacionamientos correspondientes a puntos específicos de las curvas verticales, así como las ecuaciones para determinar las elevaciones sobre la curva, en función de la distancia (X) medida a partir del PCV/ PTV, según sea el caso.

**Tabla IV.3.16**-Calculo de los estacionamientos

CALCULO DE LOS ESTACIONAMIENTOS							
N° DE CURVAS	EST. PCV	EST.PTV	PCVE	PTVE	n	Vj=nx2	Vd=nx2
1	0+090.001	0+110.001	200.15	200.01	0.000536	0.000536	0.000536
2	0+719.994	0+739.994	190.74	190.05	0.001031	0.001031	0.001031
3	0+839.957	0+899.957	184.53	183.93	0.000753	0.000753	0.000753
4	0+929.971	0+949.971	184.99	185.16	0.001321	0.001321	0.001321
5	1+069.944	1+089.944	183.05	182.41	0.000700	0.000700	0.000700
6	1+290.294	1+310.294	173.26	172.63	0.000710	0.000710	0.000710
7	1+439.955	1+459.955	170.39	169.4	0.001624	0.001624	0.001624

N°	Ex s/t		Exs/c	
	IZQ	DER	IZQ	DER
1	$200.15 + 0.003777 X_j$	$200.01 + 0.017674 X_d$	$200.15 + 0.003777 X_j - 0.000536 X_{j2}$	$200.01 + 0.017674 X_d - 0.000536 X_{d2}$
2	$190.74 - 0.013917 X_j$	$190.05 + 0.055166 X_d$	$190.74 - 0.013917 X_j - 0.001031 X_{j2}$	$190.05 - 0.055166 X_d - 0.001031 X_{d2}$
3	$184.53 - 0.055166 X_j$	$183.93 - 0.035199 X_d$	$184.53 - 0.055166 X_j + 0.000753 X_{j2}$	$183.93 - 0.035199 X_d + 0.000753 X_{d2}$
4	$184.99 + 0.035199 X_j$	$185.16 + 0.017658 X_d$	$184.99 + 0.035199 X_j - 0.001321 X_{j2}$	$185.16 + 0.017658 X_d - 0.001321 X_{d2}$
5	$183.05 - 0.017658 X_j$	$182.41 + 0.045677 X_d$	$183.05 - 0.017658 X_j - 0.000700 X_{j2}$	$182.41 + 0.045677 X_d - 0.000700 X_{d2}$
6	$173.26 - 0.045677 X_j$	$172.63 + 0.017264 X_d$	$173.26 - 0.045677 X_j + 0.000710 X_{j2}$	$172.63 + 0.017264 X_d + 0.000710 X_{d2}$
7	$170.39 - 0.017264 X_j$	$169.40 + 0.082232 X_d$	$170.39 - 0.017264 X_j - 0.001624 X_{j2}$	$169.40 + 0.082232 X_d - 0.001624 X_{d2}$

**Tabla IV.3.17**-Ecuaciones para el cálculo de las elevaciones sobre la tangente y la curva respectivamente



Con las ecuaciones calculas anteriormente  $f(x) = PCVE + vj + Ex \text{ s/t izq} = Ex \text{ s/c}$  en la rama izquierda/ o bien  $f(x) = PTVE + Vd + Ex \text{ s/t der} = Ex \text{ s/c}$  en la rama derecha según sea el caso , se procedió a calcular las elevaciones en determinados puntos de las curvas.

CURVA # 1			
ESTACION	DISTANCIA	ELEV/RASANTE SOBRE LA CURVA	
PCV	0+090.001	0.000	200.15
<b>P.ALTO</b>	0+93.522	3.521	<b>200.16</b>
	0+100.000	9.999	200.13
PIV	0+100.001	10.000	200.13
	0+106.481	3.521	200.07
	0+110.000	0.001	200.01
PTV	0+110.001	0.000	200.01

**Tabla VI.3.18.a-** elevaciones sobre la subrasante en cada estacionamiento.

CURVA #2			
ESTACION	DISTANCIA	ELEV/RASANTE SOBRE LA CURVA	
PCV	0+719.994	0.000	190.74
	0+720.000	0.006	190.74
	0+726.742	6.748	190.60
PIV	0+729.994	10.000	190.50
	0+730.000	9.994	190.50
P.ALTO	0+733.246	6.748	190.38
PTV	0+739.994	0.000	190.05

**Tabla VI.3.18.b-** elevaciones sobre la subrasante en cada estacionamiento.

CURVA #3			
ESTACION	DISTANCIA	ELEV/RASANTE SOBRE LA CURVA	
PCV	0+839.957	0.000	184.53
	0+840.000	0.043	184.53
	0+860.000	20.043	183.73
	0+863.328	23.371	183.65
PIV	0+869.957	30.000	183.55
<b>P.BAJO</b>	0+876.586	23.371	<b>183.52</b>
	0+880.000	19.957	183.53
PTV	0+899.957	0.000	183.93

**Tabla VI.3.18.c-** elevaciones sobre la subrasante en cada estacionamiento.



<b>CURVA #4</b>			
<b>ESTACION</b>		<b>DISTANCIA</b>	<b>ELEV/RASANTE SOBRE LA CURVA</b>
PCV	0+929.971	0.000	184.99
	0+930.000	0.029	184.99
	0+936.652	6.681	185.17
PIV	0+939.971	10.000	185.21
	0+940.000	9.971	185.20
<b>P.ALTO</b>	0+943.29	6.681	<b>185.22</b>
PTV	0+949.971	0.000	185.16

**Tabla VI.3.18.d-** elevaciones sobre la subrasante en cada estacionamiento.

<b>CURVA #5</b>			
<b>ESTACION</b>		<b>DISTANCIA</b>	<b>ELEV/RASANTE SOBRE LA CURVA</b>
PCV	1+069.944	0.000	183.05
	1+070.000	0.056	183.05
	1+077.340	7.396	182.88
PIV	1+079.944	10.000	182.80
	1+080.000	9.944	182.79
	1+082.548	7.396	182.71
PTV	1+089.944	0.000	182.41

**Tabla VI.3.18.e-** elevaciones sobre la subrasante en cada estacionamiento.

<b>CURVA #6</b>			
<b>ESTACION</b>		<b>DISTANCIA</b>	<b>ELEV/RASANTE SOBRE LA CURVA</b>
PCV	1+290.294	0.000	173.26
	1+298.142	7.848	172.95
	1+300.000	9.706	172.88
PIV	1+300.294	10.000	172.87
	1+302.446	7.848	172.81
	1+310.000	0.294	172.64
PTV	1+310.294	0.000	172.63

**Tabla VI.3.18.f-** elevaciones sobre la subrasante en cada estacionamiento.

<b>CURVA #7</b>			
<b>ESTACION</b>		<b>DISTANCIA</b>	<b>ELEV/RASANTE SOBRE LA</b>
PCV	1+439.955	0.000	170.39
	1+440.000	0.045	170.39
	1+445.270	5.315	170.25
PIV	1+449.955	10.000	170.05
	1+450.000	9.955	170.06
	1+454.640	5.315	169.83
PTV	1+459.955	0.000	169.40

**Tabla VI.3.18.g-** elevaciones sobre la subrasante en cada estacionamiento.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA  
UNAN-MANAGUA**

**CAPITULO V  
DOCUMENTOS DE OBRA**

ESPECIFICACIONES TECNICAS

PRESUPUESTO DELLADO

CRONOGRAMA DE EJECUCION FISICA

PLANOS

**FORMULACION DEL PROYECTO**

**ESTUDIO TECNICO DE 1.5 KM DE ADOQUINADO PARA EL TRAMO DE  
CAMINO "NIQUINOHOMO-LOS POSITOS"**

**DEPARTAMENTO DE MASAYA**



## V.1-ESPECIFICACIONES TECNICAS

### ESPECIFICAS:

#### INDICE DE CONTENIDOS

00-PRELIMINARES

01-LIMPIEZA INICIAL

03-TRAZADO Y NIVELACION

04-CONSTRUCCIONES TEMPORALES

05-DEMOLICIONES

06-FABRICACION DE OBRAS DE MADEARA

07-INTALACIONES DE SERVICIOS TEMPORALES

08-MOVIMIENTO DE TIERRA

09-CORTES Y RELLENOS

10-RELLENO CON MATERIALES DE PRÉSTAMOS

11-ACARREO DE MATERIALES

12-ADOQUINADO

13-ACTIVIDADES RELACIONADOS CON CUNETAS, BORDILLOS Y VADOS

14-CONCRETO EN GENERAL

15-REFUERZO DEL CONCRETO

16-ACTIVIDADES PARA MITIGACION Y PREVENCION DE ACCIDENTES

17-PINTURA (SEÑALIZACION)

18-LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA



## **00-PRELIMINARES**

Una vez realizada la entrega del sitio del proyecto al contratista, será el encargado de la limpieza inicial, trazo y nivelación, construcciones temporales, demoliciones, fabricación de obras de madera, instalación de servicios temporales y otros trabajos preliminares.

Esta etapa de la construcción es la que da inicio al proyecto, una vez realizado el sitio, dando así mismo apertura al libro de bitácora.

El contratista, antes de iniciar la obra, deberá examinar cuidadosamente todos los trabajos adyacentes, de los cuales afectan esta obra, de acuerdo a las intenciones de estas especificaciones, informando por escrito al inspector de la obra cualquier condición que evite al contratista realizar el trabajo requerido.

No se eximirá al contratista de ninguna responsabilidad por trabajos adyacentes incompletos o defectuosos, a menos que tales hayan sido notificados al supervisor por escrito y este los haya aceptado antes de que el contratista inicie cualquier parte de la obra.

## **01-LIMPIEZA INICIAL**

El contratista debe ubicar en el sitio del proyecto, los límites de la obra y especificarán los árboles, arbustos, plantas y objeto que deben conservarse. En caso contrario deberán ser indicados por el supervisor y por escrito en el libro de bitácora.

Todos los objetos que se encuentren en la superficie como: los árboles, troncos, raíces y fundaciones viejas de concreto, y cualquier obstrucción saliente, deberán ser quitadas de los últimos 40 centímetros superficiales.

Cuando se proceda a quemar los robles, raíces, troncos y cualquier otro material que provenga de la limpieza del sitio deberá quemarse bajo la vigilancia del contratista de tal manera que la propiedad o vegetación adyacente no sean expuestas al peligro, siendo responsabilidad suya cualquier daño ocasionado a terceros.



Los materiales de desechos que no puedan ser quemados, podrán ser retirados al área del "Botadero Municipal" indicado en los planos constructivos. En cualquier otro caso, previa aprobación del supervisor de obras, el contratista deberá hacer todos los arreglos necesarios con los dueños de los predios donde se colocarán los desperdicios. El costo correspondiente deberá ser incluido en el precio en la limpieza inicial.

Todos los escombros no inflamables como trozos de bloque o ladrillo, concreto o material sobrante de los corte serán botados en el botadero municipal o donde el supervisor lo indique, no así trozos de materiales de asbesto cemento el que debe ser enterrado a una profundidad de 1.20 metros previamente quebrando en trozos no mayores de 25 centímetros de diámetro; en caso que el nivel de aguas superficiales sea menor a 1.20 metros de profundidad, el contratista los enterrará en un sitio donde el manto freático sea más profundo de 1.20 metros.

Todos los utensilios o útiles movibles, que estén en uso por el dueño el contratista, los pondrá en un lugar seguro, donde no queden a la intemperie o provoquen accidentes.

## **02-TRAZADO Y NIVELACIÓN**

El contratista trazará su trabajo partiendo de las líneas bases y bancos de nivel o puntos topográficos de referencia establecidos en el terreno y de las elevaciones indicadas en los planos, siendo responsable por todas las medidas que así tome.

El contratista será responsable por la ejecución del trabajo en conformidad con las líneas y cotas de elevación indicadas en los planos o establecidas por el Ingeniero supervisor.

El contratista tendrá la responsabilidad de mantener y preservar todos los mojones otras marcas hasta cuando el Ingeniero supervisor lo autorice para removerlas. En caso negligencia del Contratista o de sus empleados que resultare en la destrucción de dichos mojones, antes de su remoción autorizada, el contratista las reemplazará si así lo exigiere el Ingeniero supervisor.



Los bancos de nivel y la niveletas deberán ser cuidadosamente conservados por el contratista hasta la aceptación final del trabajo, y si son destruidos o aterrados, su reinstalación o construcción será hecha por cuenta del contratista.

Cualquier trazado erróneo será corregido por el contratista por su cuenta, en caso que haya obras construidas erróneamente por este motivo será perdida para el contratista. Para evitar errores el trazado de las obras el contratista colocará las suficientes niveletas sencillas así como dobles en los lugares donde se formen vértices en la construcción, indicando los niveles tomando como referencia los puntos indicados en el plano o indicados por el Ingeniero Supervisor.

En caso que el contratista, encontrare errores en el nivel del punto de referencia, lo indicará por escrito en el libro de bitácora, antes de comenzar cualquier obra; el supervisor contestará de la misma manera indicando el nivel correcto; en caso que el contratista haya incurrido en avances de obras con niveles incorrectos, los costos de reparación serán asumidos por su cuenta la corrección de la obra.

Para el trazado de las obras el contratista usará niveletas de madera o metálicas, de cuartones de 2"x2" y 0.50 metros de alto con reglas de 1"x3" debidamente cepillada en canto superior donde se referirá el nivel. Las niveletas sencillas llevarán dos cuartones de apoyo de la regla del nivel espaciados a 1.10 metros, para niveletas dobles será tres cuartones espaciados a 1.10 metros pero formando ángulo recto, la madera podrá ser de pino o madera blanca.

Las obras que se construirán deberán quedar finalmente con los niveles que se muestran en los planos constructivos con un máximo de error permisible de 2 mm de diferencia en una observación directa a 20 m.

El contratista comprobará las medidas en los planos, localizando la construcción con precisión en el sitio, de acuerdo con los documentos del contrato. Las niveletas, estacas de nivelación permanecerán en su posición hasta que todas las obras hayan sido establecidas permanentemente.



El contratista será responsable de proteger de daños ocasionados, a todas las líneas, niveles y puntos de referencia. Si se destruyen deberán ser reparadas y respuestas por cuenta del contratista, notificando al supervisor. Cuando el trazo esté sustancialmente terminado se consultara si se pueden eliminar.

El contratista antes de proceder a realizar el trazo y nivelación tiene que ver las condiciones del terreno, en este caso tiene que cumplir con las condiciones siguientes:

a)-Se debe tomar en cuenta las recomendaciones suministradas por el dueño, sobre estudios geológicos y de suelos, los cuales serán entregados al contratista como parte de los Documentos contractuales.

b)-El contratista será el responsable por el cumplimiento de tales recomendaciones y por las pruebas de verificación que contratará por su cuenta con un laboratorio de suelos por el supervisor.

Es igualmente obligación del contratista notificar al dueño por medio del supervisor, sobre las condiciones inesperadas o sospechosas que se detecten en el terreno durante el proceso de la construcción, en el caso que esto se presente, el contratista podrá contratar los servicios de ingeniería de suelos para realizar estudio complementario y presentarlo al dueño, y será opción del dueño contratar los servicios de éste u otro ingeniero, especialista en geotecnia para la realización de un estudio de suelos complementario.

Así mismo, el contratista desviará y canalizará correctamente cualquier corriente o inclinación del terreno que pueda resultar en perjuicio de la obra tanto superficialmente como subterránea. Dicho trabajo se hará sin recargo para el dueño.



### **03-CONSTRUCCIONES TEMPORALES**

Las construcciones temporales refieren a las champas que el contratista usará como bodegas y oficinas, éstas podrán ser de madera rústica o cualquier otro material que el contratista estime conveniente, así como bodegas móviles montadas sobre tráiler.

Para los proyectos donde el tiempo de ejecución es mayor a los cinco meses, el contratista tendrá que hacer campas para bodega y oficina siendo el área mínima de 9.00 metros cuadrados y la altura mínima de 2.50 metros. En la oficina temporal quedará el libro de bitácora.

El libro de bitácora no podrá ser sacado fuera de ella cuando el proyecto esté en ejecución. En el caso que no haya oficina temporal, será el supervisor el que decidirá donde permanecerá el libro de bitácora.

Una vez terminado y entregado el proyecto el contratista demolerá todas las construcciones temporales que haya construido, dejando limpio el sitio, apegándose a lo especificado en la limpieza final.

### **04-DEMOLICIONES**

Las demoliciones se refieren a todas las infraestructuras que hay que eliminar de las obras señaladas en los planos.

### **05-FABICACIÓN DE OBRAS DE MADERA**

Se refiere a las construcciones de madera que el contratista realizará para realizar la obra requerida como formaletas, bateas, canales de madera, etc. Generalmente están incluidos en las obras temporales.

### **06-INSTALCIÓN DE SERVICIOS TEMPORALES**

Se refieren estos a la instalación temporales de los servicios públicos como:Aguapotable,electricidad entre Otros

Estas instalaciones serán solicitadas por el contratista por cuenta propia, para el tiempo que dure la construcción del proyecto, y serán instalados en las construcciones temporales.



### **07-MOVIMINETO DE TIERRA**

Este trabajo consistirá en cortes y relleno, rellenos con material selecto (material de préstamo), acarreo de material selecto, excavaciones especiales, rellenos especiales y otros trabajos relacionados con el movimiento de tierras, la eliminación y remoción de toda la vegetación y desechos dentro de los límites señalados excepto de los objetos y árboles que se hayan especificado que queden en sus lugares o que tengan que ser quitados de acuerdo con lo indicado en estas Especificaciones.

El contratista deberá deshacerse satisfactoriamente de todo el material que resultó de la limpieza del área indicada en los planos o mostrada por el supervisor. Comprenderá todo el trabajo de excavación, relleno y compactación que sea requerida para la construcción de bases y sub-bases, la extracción de materiales inadecuados en las calles o zonas donde se construirá; la colocación del material excavado, así como la excavación y compactación hasta los niveles de obra antes mostrados en los planos o indicados en los documentos complementarios Estudios Geológicos y Estudio de Suelos.

### **08-CORTES Y RELLENO**

El contratista tiene la obligación de examinar los planos, estudio geológicos y de suelos si los hubiera, efectuado en el sitio de la obra y asumir completa responsabilidad en el uso y disponibilidad del suelo desde el punto de vista constructivo.

El contratista comprobará las medidas indicadas en los planos, localizando los niveles de referencia, para indicar los cortes y rellenos que tengas que hacer en la obra, se le recomienda visitar el banco de material selecto antes de pasar su oferta, una vez adjudicado el proyecto corre por cuenta de todo gasto que incurra dejar la infraestructura del pavimento y obras conexas debidamente concluidas y listas para el adoquinado o embaldosado según sea el caso. Se debe costar la profundidad que el plano indique, en caso que no indiquen los planos. El material sobrante del corte será botado en el botadero municipal o donde lo indique el supervisor, y tiene que ser escrito en el librito de Bitácora.



Una vez efectuado los cortes indicados en los planos, o en estas especificaciones, se procederá al relleno con material selecto, el que compactará de manera mecánica.

La compactación tiene que obtenerse el 100% PROCTOR Estándar para la capa que conforma la sub-base y 100% PROCTOR Modificado para la capa que conforma la base efectuándose de la manera siguiente:

Para el caso específico del canal de desagüe pluvial la compactación será al 95% de PROCTOR Estándar en los espesores mostrados en los planos constructivos.

La compactación se hará en capas de 15 centímetros dando no menos de cinco pasadas o las que recomiende el fabricante de equipo de compactación, después de darle la humedad óptima. El equipo usado por el contratista, no tiene ninguna restricción siempre y cuando los rellenos cumplan con la compactación mencionada anteriormente, el supervisor hará las pruebas de compactación, en los lugares que estime conveniente y sean de densidad dudosa corriendo los costos por cuenta del contratista.

Se procederá a rellenar con material de banco mencionado en los planos o el que sea aprobado por el supervisor.

Una vez concluido los rellenos, éstos deben quedar compactados y con los niveles indicados en los planos. Para empezar la construcción el contratista debe tener la aprobación del supervisor.

Cuando no existe nivel de referencia el contratista debe ponerlos hasta que la obra concluya y con la aprobación del supervisor.

Previamente a la iniciación de los trabajos, el contratista, deberá someter a la aprobación del supervisor un Plan o Programa de Trabajo, que señale la forma en que se llevarán a efecto los mismos. Este programa podrá ser modificado durante el desarrollo de la obra, si las condiciones del trabajo lo requieren, debiéndose notificar al dueño con la debida anticipación de dichos cambios.



El contratista deberá evitar la inundación de las excavaciones, procurando mantener los niveles del suelo con las pendientes adecuadas. Cualquier acumulación de agua que se presente debe ser removida al costo del contratista quien tomará las precauciones necesarias u usará el equipo adecuado para evitar derrumbes, hundimientos y soterramientos de las construcciones existentes. El fondo de la excavación deberá quedar a nivel y libre de material suelto.

El contratista será responsable por la perfecta estabilidad del relleno y reparará por su propia cuenta cualquier porción fallada o que haya sido dañada por la lluvia, descuido o negligencia de su parte.

### **09-RELLENOS CON MATERIALES DE PRÉSTAMOS**

Métodos: El costo del transporte del material para relleno, debe correr por cuenta del contratista. El contratista podrá utilizar cualquier otro material de relleno siempre y cuando éste no tenga un Índice de Plasticidad mayor a 6, ni un CBR menor de 20%. Será el supervisor el que aprobará el cambio de otra fuente de materiales y así mismo de tener características mecánicas, se deberá rediseñar los espesores del pavimento.

### **10-ACARREO DE MATERIALES**

Este artículo se refiere al acarreo del material selecto, y al acarreo del material sobrante de las excavaciones o cortes de suelos, que hay que eliminar del área de la construcción. El contratista acarreará del banco de material selecto al proyecto por cuenta y riesgo de él, en cantidad suficiente, teniendo en cuenta el abundamiento y encogimiento del material. Este material lo transportará de los bancos que él estime conveniente siempre que cumplan con lo mencionado anteriormente.

El contratista transportará fuera del sitio del proyecto, todo material de suelo sobrante de excavación o de relleno, así como el material arcilloso de los cortes que no tengan uso en la obra. Estos los trasladará o botará donde no hagan daño a terceros o donde lo indique el supervisor.



## **11-ADOQUINADO**

Una vez terminado el proceso de cortes, rellenos y compactación para conformar la estructura de pavimento se procederá a colocar una capa de 5 centímetros de arena. La arena que se utilizará deberá ser pasada el 100% por la malla No. 4 y deberá estar libre de terrones de arcilla, basura o cualquier otro material inadecuado, libre de material orgánico o material de pómez.

Antes de proceder a colocar los adoquines el contratista deberá obtener el visto bueno por escrito del supervisor, quien antes hará una revisión minuciosa del colchón de arena y ordenará el retiro, por cuenta del Contratista de todo pedrusco, pedazos de madera, ripios, lodo, etc., que afloren en la arena.

El tamaño de los adoquines deberá ser uniformes para evitar irregularidades o juntas muy anchas, después de colocadas. El adoquín a usarse es el "TIPO TRÁFICO", de concreto de 3500 PSI, sin rajaduras ni defectos en las aristas, sin orificios en sus partes planas y de buena contextura.

Se procederá a colocar las unidades de adoquín haciéndolo según se indica en los planos y de acuerdo a la geometría de los adoquines y cuchilladas de adoquines. El supervisor verificará dicho trabajo y vigilará que la junta entre unidades sea entre 1cm y 2.5 cm. Luego los espacios (Juntas) entre adoquines y entre adoquines y cuchillas se rellenarán con arena del bando Motastepe, pasada por el tamiz N° 4.

Los espacios que queden entre el adoquinado y las cunetas se rellenarán con concreto de 3000 PSI. Según el ancho y una profundidad igual al espesor del adoquín.

Después de esta operación y cuando el supervisor lo autorice por escrito, se humedecerá la superficie adoquinada y se compactará con una aplanadora adecuada que cuente con la autorización escrita del supervisor. La Compactación se efectuará hasta obtener una debida trabazón entre adoquines. Todo adoquín que resulte fracturado será retirado y cambiado por cuenta del contratista no haciéndosele pago ni compensación alguna por esto.



El dueño no hará pago adicional por adoquines que resulten de mala calidad, es obligación del Contratista adquirir adoquines de la calidad especificada que sean a entera satisfacción del dueño. La superficie adoquinada, una vez terminada deberá tener un bombeo del 3% lateral para facilitar el escurrimiento del agua.

## **12-ACTIVIDADES RELACIONADAS CON CUNETAS, BORDILLOS Y VADOS**

La construcción de las cunetas serán donde los planos la indiquen y esta será generalmente para reemplazar las existentes o para definir un trazado mejor del área de rodamiento de las calles.

Las cunetas serán de las formas y dimensiones indicadas en los planos. Las cunetas según el caso, deberán ser construidas con concreto de más de 2,500 PSI o como se indiquen en los planos y tendrán un acabado escobado, natural, siendo vibradas con el objeto de evitar agujeros o ratoneras mayores de  $\frac{3}{4}$ " en diámetro. El supervisor podrá ordenar la restitución si encontrase estos defectos constructivos.

En las intersecciones de cunetas a  $90^\circ$ , estas llevarán un radio de giro de 2.00 metros. En caso que las intersecciones afecten las casas o propiedades el radio de giro será definido por el supervisor en el caso que éste no esté definido en los planos.

Se construirán los vados de concreto con un ancho no menor a 120 centímetros tal como se muestra en los planos constructivos para evitar el estancamiento de las aguas pluviales en las intersecciones de calles.

Antes de iniciar la excavación de las zanjas, el contratista deberá localizar y señalar las instalaciones domiciliarias de agua potable, alcantarillado sanitario, tubería de tragantes de agua pluviales, instalaciones eléctricas y/o telefónicas subterráneas, tubería existente de redes de agua potable, sanitaria y cualquier otra estructura que esté o no indicada en los planos, y que pudiera encontrarse interceptándose en el alineamiento.



El contratista deberá descubrir y verificar por su cuenta si las tuberías o cualquier otra obra de infraestructura existente, está o no dentro del área de las tuberías a instalar y deberá notificar por escrito al Supervisor del Proyecto acerca de las obstrucciones existentes.

En caso de que en la excavación se presentaran terrenos de poca consistencia (muy húmedo, suelos orgánicos, etc.) como el sonso cuiteé, la zanja deberá profundizarse como lo indique el supervisor del proyecto, pero no menos de 0.30 m abajo del fondo previsto, y el material excavado deberá reponerse con material aceptado por el supervisor del proyecto.

El contratista removerá toda agua que se colecte en las zanjas, antes y durante se ejecuten los trabajos de construcción. En ningún caso se permitirá que el agua escurra sobre la estructura de pavimento no finalizado o por propiedades privadas o públicas o por otro sitio no previsto sin permiso del Supervisor del Proyecto.

Si fuese necesario, el contratista deberá tomar las medidas necesarias, incluyendo la instalación de conexiones temporales, para no interrumpir el servicio de agua y desagüe a las viviendas.

Cuando se considere necesario, las zanjas y otras excavaciones, deberán ser estibadas y arriostradas, a fin de prevenir cualquier movimiento de tierra, evitar daños a la superficie de rodamiento, estructuras vecinas (casetas, tubos, etc.) y proteger a los trabajadores en la zanja. El contratista asume plena responsabilidad por todo estibado y arrostramiento y por cualquier daño que pueda ocasionar por su falta, falla, uso, mantenimiento o remoción.

El supervisor podrá ordenar el ademado de ciertos tramos de zanjas, donde, a su juicio, amerita tomar este tipo de precauciones, por razones de seguridad. El costo del estibado y arrostramiento de cualquier tipo de estructura deberá estar incluido en el costo unitario de excavación de zanjas u otras cavidades para el drenaje. Los materiales de excavación de la zanja deberán ser colocados al lado donde no se obstaculice al tránsito y que, en todo caso, causen el mínimo inconveniente, y permitan el acceso apropiado y seguro a la propiedad y privada.



### **13-Concreto en general**

La resistencia mínima del concreto en general a los 28 días, será de 2,500 PSI. La cantidad de agregados deberá calcularse para usar en cada batida uno o más sacos completos de cemento. No se permitirán batidas en que se usen fragmentos o fracciones de sacos.

El tiempo de mezclado se medirá a partir de que todos los materiales sólidos se encuentren en la mezcladora o batea. No se permitirá, que la colocación de la mezcla dure más de una hora después de iniciada sino es con ingredientes que retarden el proceso.

Se debe colocar el concreto de conformidad con los requisitos de la norma ACI-318 y de acuerdo en lo indicado a los planos.

El concreto deberá vibrarse en capas no mayores de 20 cm, y vibrarse de tal forma que permita al aire entrampado escapar a la superficie sin dejar cavidades interiores. El vaciado deberá ser continuo entre las juntas de la construcción previamente fijadas, las que deberán prepararse de acuerdo a las indicaciones de los planos.

El tiempo de mezcla debe mantenerse al mínimo necesario para una mezcla efectiva del concreto. El concreto debe colocarse dentro de una hora o de una hora y media del mezclado.

Curar y proteger el concreto de acuerdo a la norma ACI 318.

Durante el período de cura, en ningún momento la temperatura del concreto deberá exceder los 60° C; cuando sea posible deberá mantenerse durante la cura una temperatura de 20° C.

Después de la colocación del concreto deben protegerse todas superficies expuestas a los efectos de la intemperie sobre todo al sol. El curado deberá iniciarse tan pronto el concreto haya endurecido suficientemente a criterio del supervisor del proyecto.



Todo el concreto deberá mantenerse húmedo durante un mínimo de ocho (8) días después del vaciado. El contratista deberá acatar las indicaciones del Supervisor del Proyecto al respecto.

No se hará ninguna lechada hasta que todos los materiales necesarios para la cura estén en el sitio y listos para usarse.

Concreto que no cumpla con las líneas, detalle y pendiente especificados en este o según los planos deberá ser modificado y reemplazado por cuenta del Contratista y a satisfacción del Supervisor del Proyecto. Las líneas acabadas, dimensiones y superficies deben ser correctas y alineadas dentro de las tolerancias especificadas en éste y en la sección de entramado de estas especificaciones.

#### **14-Refuerzo del Concreto**

Esta incluye el suministro e instalación y todo el trabajo de forma general relacionado al acero de refuerzo, de acuerdo a indicaciones en los planos. El acero de refuerzo a utilizar en cualquier estructura será grado 40 con un límite de fluencia de 2,800 Kg/cm<sup>2</sup>.

Realizar el trabajo de refuerzo de concreto de conformidad con el ACI-318(89) y del Código Nicaragüense de la Construcción del 2000 (NIC2000).

Colocar el acero de refuerzo de conformidad con las ubicaciones mostradas en los dibujos revisados y según los establece la norma ACI 318.

La separación entre varillas paralelas se ajustará a lo indicado en los planos. Se revisará la correcta disposición del acero de refuerzo, antes de proceder a la llena.

Antes de proceder al colado de concreto, el Supervisor del Proyecto revisará la correcta disposición del acero de refuerzo, los recubrimientos, soportes del refuerzo, etc., y anotará en la Bitácora todas las modificaciones ordenadas o autorizadas por él.

Los dobleces de los refuerzos, salvo indicación contraria en los planos, se harán con un radio superior a 3.0 veces su diámetro y las varillas se doblarán en frío.



### **15-ACTIVIDADES PARA MITIGACION Y PREVENCION DE ACCIDENTES**

1-Construcion de letrinas: La letrina provisional, es la letrina que el contratista construye para ser usada por los obreros que construyen la obra, es de carácter provisional porque una vez que sea concluida la obra, esta debe ser demolida y sellado el foso con suelo natural. 2-Pipa para riego de material de excavación: Esta actividad será apropiada donde para proyectos donde hay excavación en zanjas, pasando mucho tiempo abiertas, o suelos sueltos esperando su remoción o traslado. El suelo excavado de no ser colocado o desalojado, será regado con pipa cada 2.5 horas, teniéndolo empapado para evitar que el viento haga tolveneras que afecten la salud de los pobladores y trabajadores de la construcción. El material se regara cada vez que lo requiera o cuando el supervisor lo indique.

### **16-PINTURA (SEÑALIZACION)**

Esta etapa se refiere a todas las actividades de pintura de tráfico a aplicar en este caso a toda la línea central del carril y las cunetas.

Todo material será entregado en la obra en sus envases originales, con etiqueta intacta y sin abrir, y deberá contar con la aprobación del supervisor.

Antes de comenzar trabajos se deberá efectuar una revisión de las superficies que se cubrirán de todo desperfecto que se encuentre. Las superficies además deberán estar completamente secas.

### **17-LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA**

Esta etapa se refiere a la entrega del proyecto debidamente concluido y funcionando correctamente todas y cada una de las partes que lo integran con las pruebas debidamente concluida y aprobadas por el supervisor.

En caso de que el proyecto tenga defectos a juicio del ingeniero supervisor, estos deben ser subsanados. Después de haber cumplido con las especificaciones técnicas, se tiene que firmar un acta de recepción final, así como en el libro de bitácora, en original y tres copias, donde se de fe del final de la obra concluida técnicamente bien.



## V.2-PRESUPUESTO DETALLADO

### BALANCEO DE EQUIPO

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

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

### MOVIMIENTO DE TIERRA

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

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

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

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



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

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

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

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

**Excavación:** Es la remoción de tierra, roca, ladrillos, piedras, concreto, pequeñas estructuras y ciertos materiales indeseables<sup>21</sup> que se encuentren dentro del ancho de la terracería del Proyecto.

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

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

---

<sup>21</sup> Ver en anexos/ Clasificación de los suelos en función de su comportamiento ante e



## **EQUIPO PARA EL MOVIMIENTO DE TIERRA.**

**Limpieza o descapote:** Si la capa orgánica es menor a los 15cm se usan las medidas en  $m^2$ , pero si la capa es mayor a los 15cm, se calcula en términos de volumen ( $m^3$ ). Este trabajo se realiza con el tractor de hoja empujador (D-4, D-5, D-6, D-7 ó D-8).

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

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

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

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

**Compactación:** Este proceso debe efectuarse tal y como se señala en el capítulo.

Equipo utilizado en la compactación.

- Vibro compactadora.
- Unidad de llantas neumáticas.
- Rodillos de ruedas lisas.
- Apisonadores neumáticos.
- Pisones.

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



## CONSIDERACIONES PARA EL USO DE EQUIPO.

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

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

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

## EQUIPO A UTILIZAR.

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

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

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



La siguiente tabla se muestra los resultados que se obtuvieron al calcular los volúmenes de tierra para el tramo de 1516.422 m de longitud.

Longitud (m)	D Vía <sup>22</sup> (m)	Corte (m <sup>3</sup> c)	Relleno <sup>23</sup> (m <sup>3</sup> c)
1516.422		4896.9095	417.1857

**Tabla V.2.1: Resumen de Volúmenes de tierra.**

**Maquinaria para Corte, relleno y conformación.**

**1.- Acopiar material (Corte).**

<b>Equipo a utilizar: Tractor D7R LGP<sup>24</sup>.</b>
Velocidad de operación: 4KPH (Ver Manual Caterpillar páginas 1 - 18)
Ancho de hoja (SU): 3.69m
Capacidad: 6.86m <sup>3</sup> .
Profundidad máxima de excavación: 52.7cm
Distancia de empuje: 40m (Criterio de los autores)
Producción teórica: 340m <sup>3</sup> s/h (Ver anexos)
Factores de corrección (Ver Manual Caterpillar pág.1-45)
Eficiencia 40min/h = 67 %
Capacidad de la maquinaria = 90%
Resistencia por Pendiente = 1.43% < 5%, No aplica
HSNM = 250m < 1000m, No aplica

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

$$\frac{30m}{40m} = \frac{5\%}{X} \quad x = \frac{40 \times 5}{30} = 6.67\%$$

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

Producción real = 340 x 0.67 x 0.90 x 0.93 x 0.75 = 143 m<sup>3</sup> s/h

Duración de corte =  $\frac{4896.9095 m^3 c / 0.85}{143 m^3 s/h} = 34.24 h$

Suponiendo un uso mínimo de 4 horas diarias<sup>25</sup> se tiene:

Duración máxima de posesión =  $\frac{35 h}{4 h/d} = 8.75 \quad 9 \text{ dias}$

<sup>22</sup> En su sección más angosta.

<sup>23</sup> Tanto los volúmenes de corte como de relleno se obtuvieron mediante el programa Autodesk Land Desktop 2004.

<sup>24</sup> Manual de Caterpillar Pág. 1-9,36; 28-5

<sup>25</sup> Véase en el presente capítulo/ costos en pago de maquinaria/ tabla V.2.8

**2.- Carga de material sobrante cortado.**

<b>Equipo a utilizar: Cargador frontal 928G</b>	
Capacidad nominal del cucharón: 2.2m <sup>3</sup> .	
Altura máxima de descarga: 2.84m	
Tiempo de ciclo hidráulico	
Levantamiento	6.1 segundos
Descarga	1.2 segundos
Descenso libre	2.8 segundos
<b>Total</b>	<b>10.1 segundos</b>
Tiempo de ciclo básico <sup>26</sup>	
Tiempo promedio	+ 0.45
Material mezclados	+0.02
Apilado por topadora	+0.01
Mismo propietario	-0.04
Operación intermitente	+0.04
Punto de carga pequeño	+0.04
<b>Tiempo total de ciclo</b>	<b>0.52 minutos</b>

(Ver Manual Caterpillar pág. 13-3,18).

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

$$\text{Material sobrante} = \frac{4896.9095 - 417.1857}{0.85} = 5270.26 \text{ m}^3 \quad 5271 \text{ m}^3$$

$$\text{No. de ciclos requeridos} = \frac{5271 \text{ m}^3}{2.2 \text{ m}^3} = 6202 \text{ ciclos}$$

$$\text{Duración de carga} = \frac{6202 \text{ ciclos}}{115 \text{ ciclos/h}} = 53.93 \text{ horas}$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{54 \text{ h}}{4 \text{ h/d}} = 13 \frac{1}{2} \text{ dias}$$

**3.- Transporte de material sobrante.**

Equipo a utilizar: Camión Volquete DT 466E.

Capacidad: A ras = 12m<sup>3</sup>                      Colmado<sup>27</sup> = 13.7m<sup>3</sup>.

Distancia de acarreo: 2.00 Km hacia el vertedero + 1516.422/2\*1000 km = 2.76 km

Velocidad Máxima de cargado = 56KPH

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

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

<sup>26</sup> Ver anexos/ producción teórica del cargador frontal/ tabla V.2-3.b

<sup>27</sup> Según SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices)



Tiempo de carga =  $(0.52 \text{ min/ciclos})(7 \text{ ciclos}) = 3.64 \text{ min}$

Tiempo fijo descrito = 0.8min (maniobras)

Tiempo de descarga = 1min

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

Tiempo de viaje

Tiempo de ida =  $\frac{2.76 \text{ KM}}{30 \text{ KPH}} = 0.092 \text{ h} = 6 \text{ min}$

Tiempo de regreso. =  $\frac{2.76 \text{ KM}}{50 \text{ KPH}} = 0.0552 \text{ h} = 3.5 \text{ min}$

Tiempo de viaje = 6 + 3.5 = 9.5 min.

Tiempo de ciclo = 3.64 + 0.8 + 1 + T viaje = 5.44 + viaje

Tiempo del ciclo 5.44 + 9.5 = 15 min

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

Camiones = 15 min / 3.64 min/camión = 4 camiones

Número de viajes requeridos =  $\frac{5271 \text{ m}^3}{13.7/\text{viaje}} = 384.74 = 385 \text{ viajes}$

Número de viajes por camión = 385 viajes/ 4 camiones = 96.25 = 97 viajes/camion

Tiempo de uso por camión =  $\frac{(97 \text{ viajes/camion})(15 \text{ min/viaje})}{60 \text{ min/hora}} = 24.25 \text{ h/camion}$

Duración de posesión =  $\frac{24.25 \text{ h}}{4 \text{ h/dia}} = 6.063 = 6 \text{ días}$

#### 4.- Conformación del bombeo sobre la sub-rasante.

Equipo a utilizar: Moto niveladora 120H

Hoja estándar: 3.66m de largo<sup>28</sup>

Velocidad de operación: 4KPH = 4000m/h

Ángulo de vertedera de trabajo: 30°

Longitud efectiva de hoja (Le): 3.17m

Eficiencia: 0.8

Altura de corte según bombeo = 9.75cm

Espesor promedio de capa a cortar =  $\frac{9.75}{(2 \cdot 100)} = 0.049 \text{ m}$

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

<sup>28</sup> Ver anexos/ longitud efectiva de la hoja de la moto niveladora / tabla V.2-1c



Dónde: V: Velocidad de operación (KPH)

Le: Longitud efectiva de la hoja

E: Eficiencia de trabajo

Entonces:  $R = 4(3.17-0.6)*0.8 = 8224 \text{ m}^2/\text{h}$

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

Volumen de material cortado en la conformación

Volumen =  $1516.422 * 2(0.5 * 9.75 / 100 * 3.9) = 576.62 \text{ m}^3$

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

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

$$T_r = \frac{1516.422}{50} \frac{50 \text{ m}}{6000 \text{ m/h}} = 0.25274 \text{ h}$$

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

Duración de conformación =  $N \frac{Vol}{R \cdot F_{tr}} + T_r$

Duración de conformación =  $2 \frac{576.62 \text{ m}^3}{402.98 \cdot 0.67} + 0.25274 = 2.39 \text{ horas}$

##### 5.- Cargar material cortado durante la conformación.

Equipo a utilizar: Cargadora 928G

Ciclos por hora = 93

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

Número de ciclos requeridos =  $\frac{576.62 \text{ m}^3 \cdot 1.15}{2.2} = 301.42 \quad 302 \text{ ciclos}$

Tiempo de carga =  $302/93 \quad 3 \frac{1}{2} \text{ horas}$

##### 6.- Transporte de material cortado durante la conformación.

Camión Volquete DT 466E

Capacidad colmado =  $13.7 \text{ m}^3$ .

Número de camiones = 4.

Tiempo de ciclo = 12.96 min

Volumen a transportar =  $576.62 * 1.15 = 663.11 \text{ m}^3$

Duración de transporte =  $\frac{663.11 \text{ m}^3}{13.7 \text{ m}^3/\text{camion}} \frac{12.96 \text{ min}}{4 \text{ camiones}} = 156.82 \text{ min} \quad 3 \text{ horas}$



## Maquinaria para terraplén.

### 1.- Explotación de banco de materiales.

Área transversal de la base =  $6.3 \text{ m} * 0.15 \text{ m} = 0.945 \text{ m}^2$

Volumen compacto de material selecto =  $0.945 \text{ m}^2 * 1516.422 \text{ m} = 1433 \text{ m}^3$

Volumen suelto de material selecto requerido =  $(1433 \text{ m}^3 * 1.15) / 3 = 549.32 \text{ m}^3$

Se ha multiplicado por 1.15 debido al factor de abundamiento y se divide entre 3 ya que la base se conformará en tres capas de 5cm cada una.

#### **Equipo a utilizar para la explotación de banco:**

1.-Excavadora 318B L<sup>29</sup>

Capacidad del cucharón colmado =  $1.2 \text{ m}^3$ .

Alcance máximo vertical = 8.53m

Alcance máximo horizontal = 8.21m

Velocidad máxima de desplazamiento = 4.6KPH

Factor de llenado a utilizar = 0.95

Eficiencia = 0.80;Tiempo de ciclo

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

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

*Producción real:*  $Pr = 1.58 * 0.95 * 0.80 = 120 \text{ m}^3 \text{ s/h}$

Duración de la extracción del material selecto =  $549.32 \text{ m}^3 / 120.75 = 5 \text{ horas}$

Duración de posesión = 1 día

Este valor de posesión se multiplicara por 3 debido a que son 3 capas de 5 cm la conforma la base, luego se multiplicara por 2 debido a la capa de sub-base, el cual tiene el mismo espesor.

<sup>29</sup> Ver Manual Caterpillar/ también ver anexos , tabla V.2-4.a, V.2-4b , V.2-4.c



## 2.- Transporte de material selecto.

Se utilizarán los mismos camiones que en el relleno.

$$\text{Distancia de acarreo} = 3\text{km} + \frac{1516.422}{(2 \cdot 1000)} = 3.76 \text{ km}$$

Velocidad de ida = 30KPH (Cargado)

Velocidad de regreso = 50KPH (Vacío)

Tiempo de ciclo:

$$\text{Tiempo de ida} = \frac{3.76 \text{ km}}{30} = 0.1253 \text{ h} \quad 7 \frac{1}{2} \text{ minutos}$$

$$\text{Tiempo de regreso} = \frac{3.76 \text{ km}}{50} = 0.0752 \text{ horas} = 4 \frac{1}{2} \text{ horas}$$

$$\text{Tiempo de carga} = 13.7/2.2 \cdot 0.52 \text{ min/ciclo} = 3.24 \text{ ciclos}$$

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

Tiempo de maniobra = 1.5min

Tiempo descarga = 1min

$$\text{Tiempo de ciclo del camión} = 3.24 + 1.5 + 1 + 4.5 + 7.5 = 17.74 \text{ min}$$

$$\text{Número de camiones} = \frac{17.74 \text{ min}}{3.24 \text{ min/camion}} \quad 6 \text{ camiones}$$

$$\text{Número total de viaje} = \frac{549.32 \text{ m}^3}{13.7 \text{ m}^3} \quad 40 \text{ viajes}$$

$$\text{Viajes por camión} = \frac{40 \text{ viajes}}{6 \text{ camiones}} \quad 7 \text{ viajes/camion}$$

$$\text{Tiempo transporte material} = (7 \text{ viajes/camión}) \cdot (17.74 \text{ min/viaje}) = 124.18 \text{ min/camión}$$

Tiempo transporte material 2 horas de 60min

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

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

$$\text{Producción de los camiones} = 6 \frac{13.7 \cdot 0.9}{17.74} = 4.17 \text{ m}^3/\text{min} \left\{ \frac{50 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right\} = 208.512 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Producción de los camiones} = 208.512 \text{ m}^3/\text{h} < 120 \text{ m}^3 \text{ s/h} \rightarrow \text{OK}$$

Duración de posesión = 1 día

Este valor de posesión se multiplicara por 3 debido a que son 3 capas de 5 cm la conforma la base, luego se multiplicara por 2 debido a la capa de sub-base, el cual tiene el mismo espesor.

**1.- Tendido y humectación de material selecto.**

Equipo a utilizar: Moto niveladora 120H

Espesor de la capa (e) = 5 cm compactados/ Velocidad de operación (V) = 4KPH

Eficiencia (E) = 0.7/ Número de pasadas a lo ancho de la base:

$$N = \frac{\text{Ancho del tramo}}{\text{Le traslape}} = \frac{6.3}{3.17m \cdot 0.8} = 2.48$$

Total de pasadas:

- Para Tender material 3 pasadas

- Para homogenizar 6 pasadas

- Para conformar 3 pasadas

Total 12 pasadas

$$\text{Producción: } \frac{V \cdot A \cdot e \cdot E}{N} = \frac{4000 (6.3)(0.05)(0.75)}{12} = 78.75 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Tiempos de retroceso: } Tr = \frac{\text{Distancia a conformar}}{V} \quad N = \frac{1516.422 \text{ m}}{4000 \text{ mph}} \cdot 12 = 4.55 \text{ horas}$$

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

$$\text{decir } \mathbf{0.67}. \text{ Entonces la Duración} = \frac{549.32 \text{ m}^3}{(78.75 \cdot 0.67)} + 4.55 = 14.96 \text{ horas}$$

**Compactación de la primera capa de la Base<sup>30</sup>.**

Equipo a utilizar: Compactador vibratorio CS 533D<sup>31</sup>

Ancho de tambor = 2.13m / Espesor de la capa (e) = 0.05 cm/ Velocidad de

operación = 5KPH/ Eficiencia (E) = 0.75/ Traslape o superposición = 15cm

Para alcanzar un grado de compactación del 95% Proctor Estándar se requiere de

6 pasadas sobre la misma banda. (N = 6)/ Ancho de compactación por pasada

$$(A): A = 2.13 \text{ m} - 0.15 \text{ m} = 1.98 \text{ m}$$

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

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

$$\text{Tiempo para compactar una banda} = \frac{549.32 / 1.15}{61.875} = 7.72 \text{ horas}$$

$$\text{Número de bandas} = \frac{6.3 \text{ m}}{1.98 \text{ m}} = 3 \text{ bandas}$$

$$\text{Duración total de compactación} = 3 \cdot 7.72 \text{ h} = 23.16 \text{ horas}$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{23.16}{4 \text{ h/d}} = 5.79 \quad 6 \text{ dia}$$

<sup>30</sup>Para el cálculo de la segunda y tercera capa se procede de forma análoga, también la subbase.

<sup>31</sup> Manual Caterpillar Pág. 12-15; 17-23



## **PLANEACIÓN Y PRESUPUESTO**

### **Costos de proyectos**

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

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

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

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

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

### **Costos indirectos por administración y utilidad:**

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



### **El proceso de planeación:**

La planeación no es una etapa independiente, es decir, no se puede hablar de un antes y un después al proceso de planificación puesto que según avance el proyecto será necesario modificar tareas, reasignar recursos, etc.

Durante la ejecución del proyecto, la planeación permite la revisión sistemática de situaciones actuales de forma que pueden concederse tolerancias en cuanto a los efectos de incertidumbres en la planeación original, a la vez que permite llevar a cabo una reevaluación de incertidumbres futuras y las medidas iniciadas como remedio para las operaciones que requieren corrección o aceleración.

Muchas de las grandes empresas elaboran la programación de los proyectos mediante el uso de software, sin embargo esto no significa que dicha planeación se halla elaborado en forma eficiente ya que ciertos datos digitados requieren de cálculos manuales, un ejemplo adecuado son las normas de rendimiento horarias.

### **Técnicas de programación:**

Las técnicas de planificación se ocupan de estructurar las tareas a realizar dentro del proyecto definiendo la duración y el orden de ejecución de las mismas, mientras que las técnicas de programación tratan de ordenar las actividades de forma que se pueden identificar las relaciones temporales lógicas entre ellas, determinando el calendario o los instantes de tiempo en que debe realizarse cada una. La programación debe ser coherente con los objetivos perseguidos y respetar las restricciones existentes (recursos, costos, cargas de trabajo, etc.).

La programación consiste por lo tanto en fijar, de modo aproximado, los instantes de inicio y terminación de cada actividad. Algunas actividades pueden tener holgura y otras no (actividades críticas).



## **Diagrama de Gantt**

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

## **Camino o ruta crítica**

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

## **Actividades críticas**

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

## **Microsoft Project**

Es un programa para planear tareas que facilita el seguimiento de las escalas de tiempo de los proyectos y la generación de los gráficos correspondientes. Este programa se utilizará en este trabajo con el fin agilizar el procedimiento de planeación del proyecto en estudio y que el lector pueda observar las actividades críticas que componen este proyecto, además, le pueda dar un seguimiento.

A continuación presentamos los cálculos de la cantidad de materiales que se van a utilizar para construir el Tramo de carretera Niquinohomo-Los Positos.



## Cantidad de materiales requeridos para la construcción del proyecto.

(Adoquines tipo tráfico)

### 1. Medio adoquines.

1.1-Se usarán adoquines de 0.10 x 0.24m para el eje central y ambos bordes de la

calzada  
1.2-Se utilizan 104 unidades por cada 10 metros lineales considerando ambos bordes de la calzada y los que se utilizan para la línea central.

Longitud = 1516.422 ml

$$\text{Medio adoquines} = \frac{104 (1516.422)}{10} + 5\% \text{ de desperdicio}$$

$$\boxed{\text{Medio adoquines} = 16560 \text{ unidades.}}$$

### 2. Adoquines

Para 1m<sup>2</sup> se utilizan la cantidad de 20 adoquines.

$$\text{Área a cubrir} = 2 \times 2.7 \times 1516.422 = 8188.68 \text{ m}^2$$

$$\text{Adoquines} = 20 \times 8188.68 - 16560/2 = 155493.60 + 5\% \text{ de desperdicio}$$

$$\boxed{\text{Adoquines} = 163269 \text{ unidades.}}$$

### 3. Piedra cantera

Se utilizarán piedras de 0.15 x 0.40 x 0.60 m

3.1- Mediana

Bordillo de piedras se colocarán en su lado más largo.

$$\text{Longitud total} = 2 \times 1052.93 \text{ ml} = 2105.86 \text{ ml}$$

$$\text{Cantidad. Piedras} = \frac{2105.86}{(0.6 + 0.025)} = 3370 \text{ unidades}$$

#### 3.1.- Cuneta ( junta de separación entre piedras de 10 mm a 25 mm, NIC 2000, Sección 905.04 : bordillos y cunetas)

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

$$\text{Longitud total} = 2 \times 1052.93 = 2105.86$$

$$\text{Cantidad de Piedras} = \frac{2105.86}{(0.4 + 0.025)} = 4955 \text{ unidades}$$

$$\text{Piedra cantera} = 3370 + 4955 = 8325 + 7\% \text{ desperdicio.}$$

$$\boxed{\text{Piedra cantera} = 8908 \text{ unidades.}}$$



#### 4. Concreto

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

##### 4.1.- Viga longitudinal

$$\text{Longitud} = 2 \times 1516.422 = 3032.844 \text{ m}$$

$$\text{Sección de viga} = 0.10 \times 0.10 = 0.01 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen del Concreto} = 0.01 \times 3032.844 = 30.33 \text{ m}^3$$

##### 4.2.- Vigas transversales

Se colocarán cada 300 metros, y al iniciar y terminar una curva vertical.

$$\text{Longitudes de las vigas transversales} = 5.4 \text{ m}$$

$$\text{Sección de vigas} = 0.10 \times 0.15 = 0.015 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen de concreto para una viga transversal} = 5.4 \text{ m} \times 0.015 \text{ m}^2 = 0.081 \text{ m}^3$$

$$\text{Cantidad de vigas transversales} = 18 \text{ vigas}$$

$$\text{Volumen concreto} = 18 \times 0.081 \text{ m}^3 = 1.458 \text{ m}^3$$

##### 4.3.- Vados

$$\text{Sección longitudinal} = (2 \times 2.006 \times 0.2) + (0.1 \times 0.1) = 0.823 \text{ m}^2$$

$$\text{Longitud de un vado} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Cantidad de vados} = 2$$

$$\text{Volumen Concreto} = 2 \times 0.823 \text{ m}^2 \times 4 \text{ m} = 6.59 \text{ m}^3$$

$$\boxed{\text{Concreto} = 38.38 \text{ m}^3}$$

Así, según la proporción de diseño se tiene:

$$\text{Cemento} = (9) (38.38) = 346 \text{ bolsas.}$$

$$\text{Arena} = (0.6) (38.38) = 23.03 \text{ m}^3.$$

$$\text{Grava} = (0.67) (38.38) = 25.72 \text{ m}^3$$

#### 5. Acero #3

##### 5.1.- Viga longitudinal

Se usará una varilla de refuerzo #3 a lo largo de toda la viga, traslapando 0.30m. Longitud = 1052.93 m.

$$\text{Cantidad de varillas} = \frac{1052.93}{(6-0.3)} = 185 \text{ varillas}$$



### 5.2.- Vigas transversales

$$\text{Longitud} = 5.4 \times 18 = 97.2 \text{ m}$$

$$\text{Cantidad de varillas} = \frac{97.2}{(6-0.3)} = 17 \text{ varillas}$$

### 5.3.- Vados

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

Var. #3 @ 0.20m A/D

Largo. = 5.4 m

Ancho = 4 m

$$\text{Cantidad de piezas de 5.4 m} = \frac{4}{0.2} = 20 + 1 = 21$$

$$\text{Cantidad de piezas de 4 m} = \frac{5.4}{0.2} = 27 + 1 = 28$$

$$\text{Longitud} = 5.4 \times 21 + 4 \times 28 = 225.4 \text{ ml}$$

Cantidad de vados = 2

$$\text{Cantidad de varillas} = 2 \times \left[ \frac{225.4}{6} \right] = 76 \text{ varillas}$$

$$\text{Acero \#3} \left[ \frac{185 + 17 + 76}{13} \right] = 21.38 \text{ qq} + 3\% \text{ desperdicio}$$

$$\boxed{\text{Acero \#3} = 22 \text{ qq}}$$

### 6. Alambre de amarra #18

$$\text{AA} = 5\% (\text{Acero \#3 vados}) = 0.05 \times \left( \frac{76}{13} \right) = 0.29 \text{ qq} \times 100 = 29 \text{ lbs} + 30\%$$

*desperdicio.*

$$\boxed{\text{AA} = 38 \text{ lbs}}$$

### 7. Mortero

Para esto se utilizará arena Motastepe.

#### 7.1.- Junta para cuneta

$$\text{Espesor de junta} = 25 \text{ mm} = 2.5 \text{ cm} = 0.025 \text{ m}$$

$$\text{Volumen por cada metro lineal de cuneta} = (0.025 \text{ m} \times 0.15 \text{ m} \times 1 \text{ m}) + (0.025 \text{ m} \times 0.15 \text{ m} \times 0.40 \text{ m}) = 0.00525 \text{ m}^3.$$

$$\text{Volumen del Mortero} = 0.00521 \text{ m}^3/\text{ml} \times 2105.86 \text{ ml} = 11.06 + 30\% = \underline{14.37 \text{ m}^3}.$$



## 7.2.- Junta para Mediana

$$\text{Volumen por piedra} = 0.15 \times 0.40 \times 0.025 = 0.0015 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Mortero} = 0.0015 \times 3370 = 5.06 + 30\% = \underline{6.57 \text{ m}^3}$$

$$\text{Mortero} = 14.37 + 6.57 = 20.94 \text{ m}^3$$

$$\boxed{\text{Mortero } 21 \text{ m}^3}$$

Luego, según la proporción 1:4 con un  $F'c = 3,100 \text{ psi}$  ( $220 \text{ Kg/cm}^2$ ) se tiene:

$$\text{Cemento} = (8.5) (21) = 179 \text{ bolsas}$$

$$\text{Arena} = (1.16) (21) = 25 \text{ m}^3.$$

## 8. Mortero para repello

Este mortero se utilizará para repellar la cuneta y el Mediana.

Se usará arena motastepe (colada en la malla 8x8)

Espesor de repello 1cm.

Área total a repellar.

$$\text{Área} = 2105.86 \times (0.15 + 0.25 + 0.45) = 1790 \text{ m}^2$$

$$\text{Mortero} = (0.01) (1790) = 17.90 + 7\% \text{ desperdicio} = 19.15$$

$$\boxed{\text{Mortero} = 19.15 \text{ m}^3}$$

Entonces:

$$\text{Cemento} = (8.5) (19.15) = 163 \text{ bolsas}$$

$$\text{Arena colada} = (1.16) (19.15) = 22.21 \text{ m}^3.$$

## 9. Arena motastepe.

### 9.1.- Para conformar la capa de arena.

Espesor de capa = 5cm, por tanto se tiene 0.05 m de espesor.

$$\text{Arena} = (0.05) (8188.68) = 409.434 + 30\% \text{ desperdicio}$$

$$\boxed{\text{Arena} = 532.26 \text{ m}^3}$$

### 9.2.- Para sello de adoquinado

Se necesitan  $0.0035 \text{ m}^3/\text{m}^2$ .

$$\text{Arena} = (0.0035) (8188.68) = 28.66 + 30\% \text{ desperdicio.}$$

$$\boxed{\text{Arena} = 37.26 \text{ m}^3}$$



10. Madera

11.1.- Reglas de 1"x 3"x 7vrs

Para formaletas de vados

Cantidad = 4 x vado 2 vado x 4= 8 reglas

Total = 8 piezas

11.2.- Reglas de 1"x 2"x 6vrs

Para niveletas u otros.

Cantidad = 4 por cada 100 metros

Total =  $4 \times \frac{1516.422}{100} = 60.66 + 20\% = 73 \text{ piezas}$

11.3.- Cuartones de 2"x 2" x 7 vrs

Para niveletas y codales usados en la conformación de la capa de arena. Cantidad = 3 por cuadrilla y 4 por cada 100 metros.

Total =  $(3) (3) + 4 \times \frac{1516.422}{100} = 69.66 + 20\% = 84 \text{ cuartones}$

Total = 157 piezas.

Para todo el tramo se tiene: Pintura retroreflectiva.

El uso de la pintura se usará de la siguiente manera:

- Raya continua amarilla = 243m (tramo 5 + 50m sobre tramo)
- Raya continua blanca =  $2(1421.947) = 2843.894\text{m}$  (Todo)
- Raya discontinua blanca =  $794.226/2 = 397.113\text{m}$  (Tramos 2, 3 y 4)
- Borde de cuneta y Mediana =  $720.779\text{m}^2$
- Otras.

Se estima una distribución de pintura como sigue:

- Pintura amarilla 15 galones
- Pintura blanca 8 galones
- Pintura = 23 galones.

11. Placa conmemorativa

Se construirán dos placas conmemorativas, una al iniciar la mediana y otra al final de esta.

**Material a utilizar para cada placa conmemorativa.**

$$\text{Concreto} = (0.6^2)(0.06) + (0.2^2)(1.55) = 0.084 \text{ m}^3$$

$$\text{Cemento} = (8.5) (0.084) = 0.714 \text{ bls}$$

$$\text{Arena} = (0.478) (0.084) = 0.040 \text{ m}^3.$$

$$\text{Grava} = (0.717) (0.084) = 0.060 \text{ m}^3.$$

$$\text{Acero \#3} = 3(1.55 + 0.28) + 4 \times 2(0.6) = 10.29 \text{ m} \quad 2 \text{ varillas} \quad 0.15 \text{ qq}$$

$$\text{Área repello} = 4(1.2 \times 0.2) + 4(0.06 \times 0.6) + (0.6 \times 0.6) = 1.46 \text{ m}^2$$

$$\text{Mortero} = 1.46 \times 0.01 = 0.015 \text{ m}^3$$

$$\text{Cemento} = (8.5) (0.015) = 0.128 \text{ bls}$$

$$\text{Arena colada} = (1.16) (0.015) = 0.017 \text{ m}^3.$$

**RESUMEN DE LAS CANTIDADES DE MATERIALES**

DATOS	U/M	CANTIDAD
Longitud	M	1516.422
Ancho de calzada	M	5.400
Vigas Transversales	U	18.000
Vados	U	2.000
Cantera	U	8908.000
Cemento	BLS	784.000
Arena Motastepe	M3	653.000
Grava	M3	25.720
Acero No3	qq	22.000
Alambre de amarre	Lbs.	38.000
Adoquín	U	163269.000
Medio adoquín	U	16560.000
<b>Reglas de 1"x 2"x 6 vrs</b>	<b>U</b>	<b>73.000</b>
<b>Cuartones de 2"x 2"x 6</b>	<b>U</b>	<b>84.00</b>
<b>Cuerdas 100m</b>	<b>U</b>	<b>20.00</b>
<b>Clavos 1 1/2"</b>	<b>Lbs.</b>	<b>60.00</b>
<b>Reglas de 1"x 3"x 7 vrs</b>	<b>U</b>	<b>8.00</b>
<b>Rótulos viales</b>	<b>U</b>	<b>7</b>
<b>Pintura</b>	<b>GI</b>	<b>23.00</b>

Tabla V.2.2: Total de materiales a utilizar.



## ACTIVIDADES QUE COMPONEN UN PROYECTO

En este proyecto se ha considerado la siguiente estructura de actividades para la elaboración del presupuesto y de la planeación del proyecto:

CODIGO	ACTIVIDAD	UM
	<b>PRELIMINARES</b>	
1	Limpieza Inicial	
	Limpieza Inicial	M2
2	Trazo y Nivelación	
	Trazo para Adoquinado	M2
3	Otras Obras Preliminares	
	Rehabilitar conexiones domiciliars	C.U
	<b>MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION</b>	
1	Movilización y desmovilización de equipos	
	Movilización y desmovilización de equipos (ida y vuelta)	KM
	<b>MOVIMIMIENTO DE TIERRA</b>	
1	Acarreo de Materiales	
	Acarreo de Material selecto a 3 K /Inc. Der. Explm	M3
2	Corte	
	Corte o Excavación con Equipo	M3
3	Relleno	
	Relleno y Compactación con Equipo	M3
4	Escarificación, Conformar y Compactar	
	Escarificar y Compactar con Maquinaria hasta	M2
	Conformación y Compactación ( Para Adoquines)	M2
5	Botar Tierra Sobrante de Excavación	
	Botar Tierra Sobrante de Excavación a 2 Km c/Equipo.	M3
	Explotación de Bancos	
	Explotación de Bancos Con Tractor D-6	M3



<b>CODIGO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UM</b>
	<b>CARPETA DE RODAMIENTO</b>	
	Adoquinado	
1	Adoquinado de 3000 Psi ( con cama de arena de 5 cm)	M2
	<b>CUNETAS, ANDENES Y BORDILLOS</b>	
	Cunetas	
1	Cuneta de piedra cantera	
	Viga de remate para adoquines	
2	Viga transversal de concreto para adoquines	
	Viga de remate longitudinal	
3	Viga de remate longitudinal de concreto	
	<b>OBRAS DE DRENAJE</b>	
1	Vado de Concreto	
	Vado de Concreto de 3000 Psi, Ancho 4 m, Espesor 0.20, Ref. #3 inc. resalla	ML
	<b>SEÑALIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL</b>	
1	Señales de Prevención	
	Señales de Tránsito de Prevención (Estándar)	C.U
2	Señales Viales Permanente	
	Señalización Horizontal ( Pintada con Equipo)	ML
	<b>MEDIDAS DE MITIGACION</b>	
1	Medidas de Mitigación y Prevención	
	Riego de Agua Para Mitigar Tolvanera ( Con Camión Cisterna )	MES
	<b>LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA</b>	
1	Limpieza de Trabajos de Adoquinados	M2
	<b>PLACA CONMEMORATIVA</b>	
1	Pedestal Placa Conmemorativa	C.U
	Placa Conmemorativa de (PGC)	C.U

Tabla V.2.3: Estructura de actividades para la planeación.

**CALCULO DE LAS DURACIONES DE EQUIPOS PESADOS**

En base a las cantidades de obras obtenidas a partir de los diseños realizados y considerando la capacidad de trabajo de cada una de las maquinas a utilizar, las siguientes tablas muestran las duraciones de trabajo de cada una de los equipos a emplear.

<b>TRAMO TOTAL</b>					
<b>No</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tiempo ejecución</b>	<b>Duración posesión</b>
1	Tractor D7R LGP	1	Corte o excavación con equipo	33.24 h	9 d
2	Cargador frontal 928G	1	Cargar sobrante	53.93 h	13 ½ d
3	Camiones DT 466E	4	Botar	24.25 h	6 d
4	Moto niveladora 120H	1	Conform. bombeo s/ subrasante	2.39	1d
5	Cargador frontal 928G	1	Cargar material /bombeo	3 ½ h	1d
6	Camiones DT 466E	4	Botar material sobrante/bombeo	3 h	1d
7	Excavadora 318B L	1	Explotación de banco	30 h	8 d
8	Camiones DT 466E	4	Acarreo de material selecto	24 h	6 d
9	Moto niveladora 120H	1	Tendido de capas de Base	89.76 h	22 d
10	Compactador vibratorio CS 533D	1	Compactación de capas	138.96 h	35 d

Tabla V.2.4: Resumen de las duraciones.



## CALCULO DE LAS DURACIONES DE LAS ACTIVIDADES QUE SERAN REALIZADAS POR OBREROS

TRAMO TOTAL							
Nº	DESCRIPCIÓN	UM	NRH	9 HRS	CANTIDAD	FUERZA	DÍAS
I	<b>PRELIMINARES</b>						
1	Champa	M2	0.80	7.16	20.00	3 ayudantes	0.93
3	Niveletas	U	1.14	10.26	37.00	1oficial, 2 ayuda	3.6
	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>						
	Acarreo de Material selecto a 3 K /Inc.	--	--	--	--	--	6
	Corte o Excavación con Equipo	--	--	--	--	---	9
	Relleno y Compactación con	--	--	--	--	--	57
	Conformación y Compactación del	--	--	--	--	--	1
	Botar Tierra Sobrante de Excavación /a 2 Km	--	--	--	--	--	24 ½
	Explotación del Banco Con Tractor D-6	--	--	--	--	--	8
IV	<b>CUNETA, BORDILLO</b>						
1	Bordillo (mediana)	ML	3.12	28.08	2105.86	6 oficiales, 3 ayudantes	25
2	Caite	ML	3.12	28.08	2105.86	6 oficiales, 3 ayudantes	25
	Colar arena	M3	0.60	5.40	60.3	2 ayudantes	5.58
	Mortero (junta+repello)	M3	0.4	3.60	51.43	3 ayudantes	4.76



TRAMO TOTAL							
Nº	DESCRIPCIÓN	UM	NRH	9 HRS	CANTIDAD	FUERZA	DÍAS
V	<b>CARPETA DE RODAMIENTO</b>						
1	Colchón de arena	M2	24.82	223.38	8188.68	3 ayudantes	12.22
2	Adoquinado	M2	3.16	28.44	8188.68	3 oficiales, 6 ayudantes	95.98
3	Vigas transversales	ML	3.81	34.25	97.2	3 oficiales, 6	0.95
4	V.L de Remate de adoquín	ML	4.17	37.50	3032.844	3 oficiales, 6	26.96
	Colar arena para vigas	M3	0.60	5.40	37.26	2 ayudantes	3.45
	Sello con arena	M2	75.00	675.00	8188.68	2 ayudantes	6.07
	Compactación de adoquín	M2	90.00	810.00	8188.68	1 ayudantes	10.11
5	Reparaciones	M2	4.74	42.66	81.89	4 oficiales, 2 ayudantes	0.96
VI	<b>OBRAS DE DRENAJE</b>						
*	Armadura de vados	qq	0.19	1.71	22	2 oficiales, 4 ayudantes	6.43
1	Vados	M2	2.04	18.36	43.2	2 oficiales, 4 ayudantes	1.18
VI	<b>SEÑALIZACIÓN</b>						
I	Señalización horizontal	GLB	--	--	--	2 oficiales, 4 ayudantes	2.00

Tabla V.2.5: Calculo de las duraciones de actividades realizadas por obreros.



TRAMO TOTAL							
Nº	DESCRIPCIÓN	UM	NRH	9 HRS	CANTIDAD	FUERZA	DÍAS
VI	<b>LIMPIEZA Y ENTREGA</b>						
1	Limpieza	M2	8.42	75.78	8188.68	10 ayudantes	10.81
2	Entrega y detalles	DIA	1.00	9.00	--	--	2.00
3	Placa conmemorativa	U	--	--	2.00	2 oficial, 2 ayudantes	1.51
	Armadura	qq	0.08	0.69	0.30	2 oficial, 2 ayudantes	0.22
	Excavación para pedestal	M3	0.44	3.96	0.04	2 ayudantes	0.01
	Colocar formaleta	M2	1.60	14.40	0.26	2 oficial, 2 ayudantes	0.01
	Hacer concreto (A mano)	M3	0.47	4.25	0.17	2 ayudantes	0.02
	Fundir concreto	M3	0.19	1.68	0.17	2 oficial, 2 ayudantes	0.05
	Fragua	DIA	--	--	--	--	1.00
	Desencofre	M2	3.33	1.68	0.26	2 oficial, 2 ayudantes	0.08
	Colar arena	M3	0.60	5.40	0.02	2 ayudantes	0.00
	Mortero a mano	M3	0.4	3.60	0.03	2 ayudantes	0.00
	Repello	M2	3.75	33.75	2.92	2 oficial, 2 ayudantes	0.04
	Acabado integral	M2	2.00	18.00	2.92	2 oficial, 2 ayudantes	0.08

Una vez calculada las duraciones de actividades mediante las normas de rendimiento horarias se procedió a elaborar el diagrama de Gantt mediante el programa Microsoft Office Project 2000, obteniéndose el siguiente resultado:

PROYECTO: ADOQUINADO NIQUINOHOMO LOS POSITOS	INICIA	FINALIZA	DURACIÓN
	Lunes 6/08/2012	Viernes 30/02/13	7 meses

Tabla V.2.6: Fecha de ejecución del proyecto



## **Rutas de desvío**

Para evitar que los vehículos circulen sobre el tramo en construcción se presentan una única ruta alterna para la circulación vehicular, durante la construcción de todo el tramo. Esto por tratarse de un solo camino sin ningún desvío en los 1516.422 m de adoquinado. De esta manera se evitara en lo posible la destrucción en los avances de la obra así como las demoras para los usuarios del sector. Las trayectorias a tomar son: Ruta a tomar

Se utilizara el camino de tierra, conocido como las azucenas para la circulación de vehículos en todo el lapso de tiempo que dure la construcción de la carretera Niquinohomo-Los Positos.

El orden de cálculo para obtener el costo total de la obra será el siguiente:

### A.- Costos Directos (CD)

A.1.- Cálculo de costos de materiales

A.2.- Cálculo de costos en pago de alquiler de maquinaria

A.3.- Cálculo en pago de mano de obra

### B.- Costos Indirectos (CI)

B.1.- Costos indirectos de operación (administración)

B.2.- Costos indirectos de obra

B.3.- Imprevistos

B.4.- Financiamiento

B.5.- Fianzas

### C.- Costo Total de la obra (Precio Base)

#### **A.- Costos Directos.**

El orden del cálculo para obtener el costo total de la obra será el siguiente:

**A.1.- Costos en pago de materiales<sup>32</sup>.**

Los precios unitarios fueron consultados en diferentes ferreterías, priorizando un promedio entre los precios encontrados.

TRAMO TOTAL					
Nº	DESCRIPCIÓN	UM	CANTIDAD	PRECIO.U ( C\$)	TOTAL
<b>I</b>	<b>PRELIMINARES</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>24870.00</b>	<b>C\$ 24,870.00</b>
1	Nivelación	GLB	1.00	24870.00	24870.00
	<i>Reglas de 1"x2" x 6 vrs</i>	<i>U</i>	<i>73.00</i>	<i>70.00</i>	<i>5110.00</i>
	<i>Cuartones de 2"x 2"x 6 vrs</i>	<i>U</i>	<i>73.00</i>	<i>240.00</i>	<i>17520.00</i>
	<i>Clavos 1 1/2"</i>	<i>LBS</i>	<i>60.00</i>	<i>30.00</i>	<i>1800.00</i>
	<i>Cuerdas 100 m</i>	<i>U</i>	<i>20.00</i>	<i>22.00</i>	<i>440.00</i>
<b>II</b>	<b>CUNETA Y BORDILLO</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>381282.00</b>	<b>C\$ 381,282.00</b>
	Bordillo y Caite (con mediana)	ML	1,516.422	251.44	381282.00
	<i>Piedra cantera</i>	<i>U</i>	<i>8,908.000</i>	<i>23.00</i>	<i>204884.00</i>
	<i>Cemento</i>	<i>BLS</i>	<i>784.000</i>	<i>205.00</i>	<i>160720.00</i>
	<i>Arena Motastepe</i>	<i>M3</i>	<i>60.300</i>	<i>260.00</i>	<i>15678.00</i>
<b>III</b>	<b>CARPETA DE RODAMIENTO</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>4022254.86</b>	<b>C\$ 4,022,254.86</b>
1	Capa de arena	M3	532.260	264.96	141027.60
	<i>Arena Motastepe</i>	<i>M3</i>	<i>532.260</i>	<i>260.00</i>	<i>138387.60</i>
	<i>Cuartones de 2"x2"x 6 vrs</i>	<i>U</i>	<i>11.000</i>	<i>240.00</i>	<i>2640.00</i>
2	Adoquinado	M2	8188.680	463.08	C\$ 3,792,045.60
	<i>Medio adoquines</i>	<i>U</i>	<i>16560.000</i>	<i>11.50</i>	<i>190440.00</i>
	<i>Adoquines</i>	<i>U</i>	<i>163269.000</i>	<i>22.00</i>	<i>3591918.00</i>
	<i>Arena Motastepe (sello)</i>	<i>M3</i>	<i>37.260</i>	<i>260.00</i>	<i>9687.60</i>
3	Viga transversal	ML	97.200	47.92	C\$ 4,657.46
	<i>Cemento</i>	<i>BLS</i>	<i>13.000</i>	<i>205.00</i>	<i>2665.00</i>
	<i>Arena Motastepe</i>	<i>M3</i>	<i>0.875</i>	<i>260.00</i>	<i>227.50</i>
	<i>Grava</i>	<i>M3</i>	<i>0.977</i>	<i>480.00</i>	<i>468.96</i>
	<i>Acero #3</i>	<i>qq</i>	<i>1.350</i>	<i>960.00</i>	<i>1296.00</i>
4	Viga de remate	ML	3032.844	27.87	C\$ 84,524.20
	<i>Cemento</i>	<i>BLS</i>	<i>273.000</i>	<i>205.00</i>	<i>55965.00</i>
	<i>Arena Motastepe</i>	<i>M3</i>	<i>18.200</i>	<i>260.00</i>	<i>4732.00</i>
	<i>Grava</i>	<i>M3</i>	<i>20.320</i>	<i>480.00</i>	<i>9753.60</i>
	<i>Acero #3</i>	<i>qq</i>	<i>14.660</i>	<i>960.00</i>	<i>14073.60</i>

<sup>32</sup>Incluye IVA y acarreo



TRAMO TOTAL					
Nº	DESCRIPCIÓN	UM	CANTIDAD	PRECIO U. (C\$)	TOTAL
<b>VI</b>	<b>OBRAS DE DRENAJE</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>48505.60</b>	<b>C\$ 48,505.60</b>
	Vado de concreto	U	2.00	24252.80	48505.60
	<i>Cemento</i>	<i>BLS</i>	<i>60.00</i>	<i>205.00</i>	<i>12300.00</i>
	<i>Arena Motastepe</i>	<i>M3</i>	<i>3.95</i>	<i>260.00</i>	<i>1027.00</i>
	<i>Grava</i>	<i>M3</i>	<i>4.42</i>	<i>490.00</i>	<i>2165.80</i>
	<i>Acero #3</i>	<i>qq</i>	<i>6.00</i>	<i>960.00</i>	<i>5760.00</i>
	<i>Reglas de 1"x3"x 7 vrs</i>	<i>U</i>	<i>08.00</i>	<i>280.00</i>	<i>2240.00</i>
	<i>Alambre de amarra</i>	<i>LBS</i>	<i>38.000</i>	<i>20.00</i>	<i>760.00</i>
<b>V</b>	<b>SEÑALIZACIÓN</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>13,050.00</b>	<b>C\$ 17,350.00</b>
	Pintura retroreflectiva	GLN	23.00	450.00	10350.00
	Rótulos	GLB	1.00	7,000.00	7000.00
<b>VI</b>	<b>ENTREGA FINAL</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>2916.80</b>	<b>C\$ 2,916.80</b>
	Placa conmemorativa	U	2.00	1458.40	2916.80
	<i>Cemento</i>	<i>BLS</i>	<i>1.00</i>	<i>205.00</i>	<i>1025.00</i>
	<i>Arena motastepe</i>	<i>M3</i>	<i>1.00</i>	<i>260.00</i>	<i>260.00</i>
	<i>Grava</i>	<i>M3</i>	<i>0.06</i>	<i>490.00</i>	<i>29.40</i>
	<i>Acero #3</i>	<i>qq</i>	<i>0.15</i>	<i>960.00</i>	<i>144.00</i>
				<b>TOTAL</b>	<b>C\$ 4,497,179.26</b>

Tabla V.2.7: Costos en pago de materiales.

De esta manera se ha determinado los costos totales de los materiales para la construcción del tramo de 1516.422 ml de pavimento semiflexible, siendo esto de C\$ 4,497,179.26 (cuatro millones, cuatrocientos noventa y siete mil, ciento setenta y nueve, con veinte seis centavos)

**A.2.- Costos en pago de alquiler de maquinaria.**

ALQUILER DE MAQUINARIA				
TRAMO TOTAL				
Nº	ACTIVIDAD/EQUIPO	HRS	PRECIO HRS	TOTAL
<b>I</b>	<b>MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN</b>	--		<b>\$600.00</b>
	Todo el módulo	GLB		600.00
<b>II</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>			<b>\$28,541.00</b>
1	Corte			2958.00
	<i>Tractor D7R LGP (180HP)</i>	<i>33.24</i>	<i>87</i>	2958.00
2	Relleno			7645.00
	<i>Vibro compactadora de rodillo CS 533D</i>	<i>138.96</i>	<i>55</i>	7645.00
4	Botar material sobrante			5300.00
	<i>Cargadora frontal 930</i>	<i>53.93</i>	<i>75</i>	4050.00
	<i>Camión Volquete DT 466E</i>	<i>24.25</i>	<i>50</i>	1250.00
3	Conformación y compactación/bombeo			350.00
	<i>Moto niveladora 120H (180HP)</i>	<i>2.39</i>	<i>80</i>	240.00
	<i>Vibro compactadora de rodillo CS 533D</i>		<b>55</b>	110.00
5	Botar residuos de la conformación/bombeo			450.00
	<i>Cargadora frontal 930</i>	<i>3.5</i>	<i>75</i>	300.00
	<i>Camión Volquete DT 466E</i>	<i>3.00</i>	<i>50</i>	150.00
6	Explotación de banco			2850.00
	<i>Excavadora 318B L</i>	<i>30.00</i>	<b>95</b>	2850.00
7	Acarreo de material selecto			1200.00
	<i>Camión Volquete DT 466E</i>	<i>24.00</i>	<i>50</i>	1200.00
8	Todas las capas BASE			7788.00
	<i>Moto niveladora 120H (180HP)</i>	<i>89.76</i>	<i>80</i>	7200.00
	<i>Cisterna</i>	<i>13.67</i>	<i>42</i>	588
			<b>TOTAL</b>	<b>\$29,141.00</b>
		<b>Tipo de cambio =</b>	<b>23.15</b>	<b>C\$ 674,614.15</b>

Tabla V.2.8: Costos en pago de alquiler de maquinarias.

NOTA: Estos precios incluyen el pago del operador para cada equipo.



La empresa consultada para el alquiler de maquinaria (TRAYMA) establece precios mínimos de usos y precios por adelantado de la siguiente manera.

a.- Si la duración del uso de las maquinas es menor de 50 horas se paga el 100% del alquiler por adelantado.

b.- Si el alquiler del equipo supera las 50 horas de uso se paga por adelantado el 50% del costo total y el resto se paga según contrato de alquiler.

c.- Se establece una tarifa mínima de 4 horas diarias por equipo ya sea que éste trabaje o no, esto se verifica mediante un dispositivo llamado norómetro, el cual mide el tiempo de trabajo de la máquina.

### **A.3.- Costos en pago de mano de obra.**

El pago de planilla se determina mediante un salario base diario el cual es afectado por algunos factores que también intervienen, si el pago se realiza "por metro", los factores son:

Salario base = El correspondiente a cada tipo de trabajo

Prestaciones = 1.357

Seguro social 12.5%

Viáticos 15%

Aguinaldo 8.3%

Salario real = 1.36

Varios = 1.11

Herramientas 3%

Mano de obra 8%

Salario devengado = (Salario base) x 1.357x 1.36 x1.11

Considerando los factores anteriores, el salario base para cada tipo de especialidad queda como se indica en la columna "Pago por UM", cabe señalar que el salario devengado, descrito anteriormente se basa en las planillas de pago que la alcaldía de Niquinohomo nos facilitó para este fin.



A continuación presentamos los costos de mano de obra:

COSTOS EN PAGO DE MANO DE OBRA					
TRAMO TOTAL					
Nº	DESCRIPCIÓN	UM	CANTIDAD	Pago por UM	Total a pagar
<b>I</b>	<b>PRELIMINARES</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>40943.39</b>	<b>C\$ 40,943.39</b>
1	Nivelación	ML	1516.422	27.00	40943.39
<b>II</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>5476.75</b>	<b>C\$ 9,149.99</b>
1	Corte	HRS	33.24	47.50	1578.90
2	Relleno	HRS	138.96	20.91	2905.65
3	Conformación y compactación	HRS	89.72	52.00	4665.44
<b>IV</b>	<b>CUNETA Y BORDILLO</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>140302.23</b>	<b>C\$ 258,346.99</b>
1	Bordillo	ML	3032.844	22.00	66722.57
2	Caite	ML	3032.844	20.00	60656.88
3	Colar arena	M3	22.21	25.00	555.25
4	Repello( mediana y caite)	ML	3032.844	43.00	130412.29
<b>V</b>	<b>CARPETA DE RODAMIENTO</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>206468.56</b>	<b>C\$ 386,095.36</b>
2	Adoquinado	M2	3032.844	40.00	121313.76
	Colar arena	M3	37.26	45.00	1676.70
3	Viga transversal	ML	97.20	84.00	8164.80
4	Viga de remate	ML	3032.844	84.00	254758.90
5	Reparaciones	HRS	4.00	45.30	181.20
<b>VI</b>	<b>OBRAS DE DRENAJE</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>21886.67</b>	<b>C\$ 23,398.14</b>
1	Vado de concreto	M2	43.200	120.00	5184.00
	Armadura	qq	22.00	110.00	2420.00
	Hacer concreto	M3	38.38	240.87	9244.59
	Fundir concreto	M3	38.38	170.65	6549.55
<b>VII</b>	<b>SEÑALIZACIÓN</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>4967.68</b>	<b>C\$ 4,967.68</b>
	Todas	HRS	18.00	155.24	4967.68
<b>VIII</b>	<b>ENTREGA FINAL</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>26334.26</b>	<b>C\$ 52,768.35</b>
1	Limpieza final	M2	3032.844	17.00	51558.35
3	Placa conmemorativa	U	2.00	605.00	1210.00
<b>SUB TOTAL</b>					<b>C\$ 775,669.90</b>

Tabla V.2.9: Costos en pago de mano de obra.

**Resumen de Costos Directos.**

Tramo	Costos en materiales	Costos en maquinaria	Costos en mano de obra	Costos Total
	<b>C\$ 4,497,179.26</b>	<b>C\$ 674,614.15</b>	<b>C\$ 775,669.90</b>	<b>C\$ 5,947,463.31</b>

Tabla V.2.10: Detalles de costos directos del tramo total

La suma de los totales representan los costos directos (CD) de la obra, es decir los COSTOS DIRECTOS C\$ 5, 947,463.31 (CINCO MILLONES NOVECIENTOS CUARENTA Y SIETE MIL CUATROCIENTO SESENTA Y TRES MIL, CON TREINTA Y UNO CENTAVOS.

**B.- Costos Indirectos.****B.1.- Costos indirectos de operación (administración)**

B.1.1.- Organización de la empresa

B.1.2.- Costos de la oficina central

Se considerará un 3% sobre los costos directos.

**B.2.- Costos indirectos de obra**

B.2.1.- Organización de la obra

B.2.2.- Costos de oficina de obra

Se considerará un 7% sobre los costos directos.

**B.3.- Imprevistos:**

Para los imprevistos se tomará un 1%

**B.4.- Financiamiento de garantías****Mantenimiento de oferta.**

Se considera 1% de costos directos mientras dure el proceso de licitación

(2 meses máximos)



### Cumplimiento de contrato

Se considera 20% de los costos directos

### Adelantos

Se considera 40% de los costos directos

### Vicios ocultos

Se considera 5% anual

$$\text{Financiamiento} = \frac{3\%}{\text{mes}} \quad \text{Total de fianzas} \quad \text{Costos directos}$$

$$\text{Financiamiento} = \frac{3\%}{\text{mes}} \quad (66\%) \quad \text{Costos directos}$$

$$\text{Financiamiento} = \frac{1.98\%}{\text{mes}} \quad \text{Costos directos}$$

$$\text{Duración} = 227.1 \text{ dias} \quad \frac{\text{mes}}{30 \text{ dias}} = 7.57 \text{ meses} \quad 8 \text{ meses}$$

$$\text{Financiamiento} = \frac{3\%}{\text{mes}} \quad 8 \text{ meses} \quad \text{Costos directos} = 24\% \quad \text{Costos directos}$$

Entonces, el factor de sobre costo (Fsc) se estima así:

Costos indirectos de operación C\$ 3%

Costos indirectos de obra C\$ 7%

Imprevistos C\$ 1%

Financiamiento C\$ 24%

Fsc C\$ 25%

Costos indirectos =  $CD \times Fsc$

Costos indirectos = C\$ 5, 947,463.31 X 0.25

Costos indirectos = C\$ 1, 486,865.82



**C.- Costo Total de la obra (Precio Base)**

Costos Directos	C\$ 5, 947,463.31
<u>Costos Indirectos</u>	<u>C\$ 1, 486,865.82</u>
<b>Sub total</b>	<b>C\$ 7, 434,329.13</b>
<u>Utilidades (7%)</u>	<u>C\$ 520,403.04</u>
<b>Total sin impuestos</b>	<b>C\$ 7, 954,732.17</b>
Impuesto municipal (1%)	C\$ 79,547.32
<u>Retención pos servicio de construcción (2%)</u>	<u>C\$ 159,094.64</u>
<b>Total sin IVA</b>	<b>C\$ 9, 193,374.13</b>
<u>IVA (15%)</u>	<u>C\$ 1,229.006.20</u>
<b>TOTAL</b>	<b>C\$ 10, 422,380.24</b>



### V.3-CRONOGRAMA DE EJECUCION FISICA

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																														
NOMBRE DEL PROYECTO: ADOQUINADO DE TRAMO NIQUINOHOMO LOS POSITOS																														
ACTIVIDAD EN SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PRELIMINARES	█																													
MOVILIZACION		█	█																											
MOVIMIENTO DE TIERRA			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
CUNETAS					█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
ADOQUINADO						█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
OBRAS DE DRENAJE				█	█																									
MEDIDAS DE MITIGACION				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
SEÑALIZACION , LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL																														

Tabla V.3.1: Cronograma de ejecución física del proyecto adoquinado de tramo Niquinohomo-Los Positos.





















**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA  
UNAN-MANAGUA**

**SECCION FINAL**

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

GLOSARIO

ANEXOS

**FORMULACION DEL PROYECTO**

**ESTUDIO TECNICO DE 1.5 KM DE ADOQUINADO PARA EL TRAMO DE  
CAMINO "NIQUINOHOMO-LOS POSITOS"**

**DEPARTAMENTO DE MASAYA**



## CONCLUSIONES

El presente trabajo monográfico titulado "formulación del estudio técnico de 1.5 kilómetros de adoquinado para el tramo de camino Niquinohomo-Los Positos", ha quedado concluido satisfactoriamente, debido esencialmente a los diferentes estudios realizados (Topográfico, Geotécnico, Transito, Hidrológico, Impacto ambiental), los cuales permitieron diseñar una estructura de pavimento semiflexible (Adoquinado) con la calidad de funcionar correctamente, en las situaciones más críticas que puedan presentarse.

Los estudios tales como: topográfico, geotécnico e hidrológico principalmente definieron un diseño capaz de soportar la embestida de la naturaleza ante fenómenos naturales (terremotos, inundaciones etc.), muy comunes en la zona de estudio. De igual manera su diseño estructural, basado en el estudio de tránsito, está en condiciones de soportar las cargas móviles de vehículos, y poder funcionar con un buen nivel de servicio aun, hasta un tiempo futuro de 20 años (vida útil considerada para este tipo de carretera), cuando se produzca un incremento del tránsito vehicular en este tramo de carretera.

También no podemos pasar por alto la evaluación de impacto ambiental, la cual permitirá desde el mismo comienzo de los trabajos de construcción (ejecución de la obra) un cuidado especial por la afectación del medio ambiente, ya que cualquier impacto negativo sobre él, incidirá directa o indirectamente en el ser humano. Por eso de acuerdo al análisis ambiental en los trabajos de movimiento de tierra, se deberá regar con cisterna el área, con el fin de provocar la menor cantidad de polvo, y proteger la salud, tanto de los trabajadores como de las familias que habitan cerca de la zona en cuestión. También es necesario instalar letrinas móviles para los trabajadores, de esa forma estaremos previniendo la contaminación de las fuentes de agua superficiales y cuidando la salud.



## RECOMENDACIONES

### **Aspectos de drenaje**

Como aspecto importante se señala lo siguiente: se deberá mantener un buen sistema de drenaje longitudinal en la vía y no permitir estancamientos de agua que saturen los suelos.

En este sentido, la sección deberá mantener un bombeo transversal de al menos 2.5 %, y la construcción de cunetas laterales, que es donde debería escurrir las aguas pluviales, deberá mantener al menos una pendiente de 0.5 %.

### **Aspecto constructivo**

Se deberá vigilar que el procedimiento de escarificado y compactación cumpla con Las normas NIC 2000. Así mismo se deberá vigilar que el material proveniente del banco, no sea contaminado con otro material que no sea el A-1-a (0).

Por cualquier circunstancia que se presentase sobre la calidad del tipo de suelo del material de relleno, ya sea por mezcla o contaminación con otro tipo de suelo, partículas con tamaño excesivo, u otra razón donde se advierta incertidumbre sobre las cualidades y calidad del mismo este deberá ser evaluado por un laboratorio para su aprobación.

Antes de la colocación de la capa de arena y adoquín, deberá ser retirado todo material de origen orgánico o partículas mayores a 2 pulgadas.

Una vez finalizado los rellenos se procederá a colocar una capa de 5 centímetros de arena (Motastepe o Nandaime) para finalmente se coloque los adoquines

La capa de arena que servirá de colchón a los adoquines deberá ser lavada, dura angular y uniforme y deberá no mantener más de 4% de limo o arcilla en peso. La granulometría deberá ser tal que pase totalmente por el tamiz N° 4, y no más del 15% sea retenido por el tamiz N° 10. La capa no deberá ser mayor a 5 cm ni menor a 3 cm.



Las unidades de adoquín deberán ser tipo tráfico. No deben tener fisuras en las superficies ni cavidades y su resistencia a la compresión deberá ser mayor de 350 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Aspecto de mantenimiento**

Conservar una cuadrilla de mantenimiento preventivo que se encargue de restaurar las deficiencias que se puedan presentar en la construcción y preserven la geometría transversal de la vía.

Se deberá reponer la arena que por alguna circunstancia se pierda o se contamina con otros suelos por sedimentación. Este mantenimiento deberá hacerse regularmente cada seis meses.

Se deberá vigilar las sobrecargas en vehículos pesados. Los tipos de vehículos con su respectiva carga que circulen en la vía deberán ajustarse a la normativa de transporte regulada por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

### **Aspecto ambiental**

En general el diseño de las nuevas obras son orientadas a la construcción de adoquines sobre una calle en las que se prevé obras de protección contra la erosión. En ese sentido deberán tomarse todas las medidas de prevención y mitigación que sean necesarias.

### **Aspecto de Factibilidad**

Se puede afirmar que desde el punto de vista institucional existe factibilidad, ya que el casco urbano del municipio cuenta, cuenta con los servicios de alcantarillado sanitario, Agua potable, Energía eléctrica etc. Además el proyecto cuenta con el apoyo comunitario e institucional para su ejecución.

Desde el punto de vista económico se puede evaluar que según las líneas de corte para adoquinado municipales el costo de inversión total por metro cuadrado de rodamiento oscila entre los \$45 y \$70, siendo el costo para nuestro proyecto de \$47 (dólares), lo cual indica estar dentro del rango para dicha inversión.



## BIBLIOGRAFIA

- *AASHTO 93. Diseño de Pavimento, basado en La 3<sup>ra</sup> Edición del Manual de Diseño de Pavimento. Traducido en La Paz Bolivia, Junio de 2006.*
- *Carlos Kraemer, José María Pardillo Mcgranhill. Ingeniería de Carreteras, Volumen I.*
- *Elmer Bervis. Diseño hidráulico para caminos rurales de Nicaragua (PAST-DANIDA), Documento del programa de apoyo al sector transporte, Septiembre de 2004.*
- *Juárez Badillo Eulalio, Rico Rodríguez Alfonso. Fundamentos de mecánica de suelos, tomo I. Editorial: Limusa. México 2007.*
- *José Antonio Milán Pérez. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de tecnología de la construcción Maestría en Vías terrestres, I modulo. Enero de 2009.*
- *Raúl Benítez. Topografía para ingenieros Civiles, tomo II. Editorial: Pueblo y educación 1978.*
- *Secretaría de Integración Económica Centroamericana SIECA, Consultor: Raúl Leclair. PROALCA II. Manual Centroamericano de Normas para el Diseño de Las Carreteras Regionales SIECA, Marzo 2004.*
- *Ministerio de Transporte e Infraestructura. Red Vial de Nicaragua 2008, Oficina de Inventario Vial. Abril de 2009.*
- *PAST- DANIDA. Estructuras de drenaje, Documento del programa de apoyo al sector transporte, versión 3, Mayo de 2005.*

## Web grafía

- [Hptt://www.monografias.com](http://www.monografias.com)



## GLOSARIO TECNICO

**Rasante:** Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical, el desarrollo del eje de la corona de la carretera. En la sección transversal está representada por un punto

**Subrasante:** La subrasante se refiere a la capa de suelo situada debajo del pavimento. El material de esta capa, además, del material natural puede incluir su mezcla con material de banco o con aditivos; así como también el material agregado a esta capa de material nuevo u obtenido de las cunetas y taludes de las bermas laterales.

**Pavimento:** es el conjunto de subbase, base y superficie de rodamiento colocada sobre la subrasante, cuya función es la de soportar los esfuerzos que les transmiten las cargas directas del tráfico, distribuir las a las subrasante, y a la vez resistir el desgaste y proveer una superficie que permita una circulación cómoda y segura.

**Sub-base:** parte de la carretera destinado para conformar y servir de soporte a la base y a la superficie de rodamiento. Puede ser del terreno natural o de un material seleccionado. Una de las funciones principales de la sub base es de carácter económico, ya que se usa para disminuir el espesor del material de base y desde el punto de vista estructural su función es similar a la de la base.

**Base:** Es la capa o capas de cierto material que se construye sobre la subbase o a falta de esta sobre la terracería, debiendo estar formada por materiales de mejor calidad que el de la subbase. Su función es proporcionar resistencia de los vehículos sobre el lecho de la carretera.

**Superficie de rodamiento:** Es la capa superior de la estructura de un pavimento diseñada para soportar las cargas de tránsito y resistir los efectos abrasivos del tránsito, así como el intemperismo. Además, debe ser una capa prácticamente impermeable, constituyendo una protección para la base.



**Terracería:** Es el volumen de material que hay que cortar o terraplenar para formar el camino hasta la subcorona. La diferencia de cotas entre el terreno natural y la subcorona define los espesores de corte o terraplén.

**Corona:** Es la superficie de la carretera terminada, que queda comprendida entre los hombros de la carretera, o sea las aristas superiores de los taludes del terraplén y/o los interiores de la cuneta. Los elementos que definen la corona son: la rasante, la pendiente transversal, la calzada y los acotamientos.

**Subcorona:** Es la superficie que limita las terracerías y sobre las que se apoyan las capas de pavimento. En la sección transversal es una línea.

**Calzada:** Es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por una o más carriles. Se entiende por carril, cualquier subdivisión de la superficie de rodamiento que tenga el ancho suficiente para permitir circulación de una hilera de vehículos.

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

**Sobre elevación o peralte:** Es la pendiente transversal que se le da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal.

**Cuneta:** Las cunetas son zanjas que se construyen en los tramos en corte a uno o ambos lados de la corona contiguas a los hombros con el objeto de recibir en ellas el agua que escurre por la corona y los taludes del corte.

**Badén:** Es una estructura simple que sirve para proteger caminos o calles contra la erosión. Generalmente se construyen en cruces de escorrentías superficiales de invierno, su diseño se adecua al tipo de tráfico y cargas que por el van a pasar.

**Mampostería:** Es la mezcla de piedra bolón, arena, cemento y agua; que se utiliza para construir estructuras simples sin refuerzo.



## INDICE DE ANEXOS

### CAPITULO III

TABLA III.2-1: RESULTADOS DE ENSAYE DE LABORATORIO SOBRE LA SUBRASANTE Y AL BANCO DE MATERIAL SELECTO (GRANULOMETRIA, ESTADOS DE CONSISTENCIAS, CBR ETC.)

TABLA III.2-2: ESTATIGRAFIA DE LOS SONDEOS MANUALES SOBRE LA SUBRASANTE.

TABLA III.2-3: PORCENTAJE DE INCREMENTO DE LOS ESPESORES SEGÚN LLUVIA

TABLA III.2-4: HUMEDAD ÓPTIMA DE ALGUNOS TIPOS DE SUELOS

TABLA III.3-1: FACTORES DE AGUSTE POR EFECTO COMBINADO DE CARRILES ANGOSTOS

TABLA III.3-2: AUTOMOVILES EQUIVALENTES POR CAMIONES Y AUTOBUSES EN FUNCION DEL TIPO DE TERRENO

TABLA III.3-3: NIVEL DE SERVICIO V/C PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES

TABLA III.3-4: FACTORES DE AGUSTE POR DISTRIBUCCION DIRECCIONAL DEL TRANSITO PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES

TABLA III.3-5: CLASIFICACION DE LOS TERRENOS EN FUNCION DE LAS PENDIENTES NATURALES

TABLA III.3-6: RELACION TEORICA U-T, SEGÚN A.W SKEMTON

TABLA III.5-1: VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE IMPACTOS PARA REALIZAR LA EVALACION AMBIENTAL CUALITATIVA

### CAPITULO IV

TABLA IV.1-1: DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE PARA CARGA MAXIMA.

TABLA IV.1-2: INCLINACIONES TIPICAS PARA MATERIALES UTILIZADOS EN RELLENOS

TABLA IV.1-3: DETERMINACION DE CBR, SEGÚN EL TIPO DE SUELO

TABLA IV.2-1: COEFICIENTE DE ESCORRENTIA SEGÚN EL TIPO DE SUPERFICIE

TABLA IV.2-2: COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANING

TABLA IV.2-3: EFICIENCIA HIDRALICA EN CANALES

TABLA IV.3-1: LONGITUD DE TRANCION PARA CAMINOS DE DOS CARRILES CON E=10%

TABLA IV.3-2: SOBRECARGOS EN CURVAS DE CARRETERAS DE DOS CARRILES

TABLA IV.3-3: DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA Y DE ADELANTAMIENTO

TABLA IV.3-4: CUERDA MAXIMA A UTILIZAR EN EL REPLANTEO DE CURVAS CIRCULARES.

### CAPITULO V

TABLA V.2-1: CLASIFICACION DE SUELOS EN FUNCION DE SU COMPORTAMIENTO ANTE EL EQUIPO DE CONSTRUCCION

TABLA V.2-2: PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE ALGUNOS MATERIALES.

TABLA V.2-3: PROPORCIONES PARA EL CONCRETO

TABLA V.2-4: PROPORCIONES PARA EL MORTERO

TABLA V.2-5: PRODUCCION TEORICA DE LA EXCAVADORA DE CADENA.

TABLA V.2-6: PRODUCCION DE COMPACTADORAS VIBRATORIAS

FIGURA V.2-1.a: DETALLES DE LA MOTO NIVELADORA 120H

FIGURA V.2-1.b: MOTO NIVELADORA

FIGURA V.2-1.c: LONGITUD EFECTIVA DE LA HOJA DE LA MOTO NIVELADORA

FIGURA V.2-2.a: TRACTOR D7-R LGP

FIGURA V.2-2.b PRODUCCION VS DISTANCIA PROMEDIO DEL TRACTOR D-7R .

FIGURA V.2-3.a: CARGADOR FRONTAL DE RUEDAS 928 G

FIGURA V.2-3.b: PRODUCCION TEORICA DEL CARGADOR FRONTAL DE RUEDAS 928 G

FIGURA V.2-4.a: EXCAVADORA EN CADENA

FIGURA V.2-4.b: CARGA UTIL DE LA EXCAVADORA EN CADENA

FIGURA V.2-4.c: PRODUCCION TEORICA DE LA EXCAVADORA EN CADENA

FIGURA V.2-5.a: COMPACTADOR VIBRATORIO

FIGURA V.2-5.b: CALCULOS DE PRODUCCION DEL COMPACTADOR VIBRATORIO

FOTOS DEL ESTUDIO GEOTECNICO

FOTOS DEL ESTUDIO HIDROLOGICO



**Tablas III.2-1/DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA**

**PROYECTO:** Adoquinado / Niquinohomo los Positos

**MUESTRA** : # 1

**ENSAYE** : # 1

**SONDEO** : # 1

**PROFUNDIDAD (CM):** 0-35

**PROCEDENCIA DEL MATERIAL:** EST. 0 + 020

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4**

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	90.7	9.4	9.4	90.6
3/8"	64.7	6.7	16.1	83.9
N° 4	184.4	19.1	35.2	64.8
PASA N° 4	624.6	64.8	100	
SUMA	964.4	100		

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)**

MALLA	PESO RET.	% RETENIDO	% RET.	%QUE PASA LA
10	17.4	11.1	46.3	53.7
40	20.7	13.3	59.6	40.4
200	19.3	12.4	72	28
PASA 200	43.7	28	100	
SUMA	101.1	64.8		

**LAVADO**

	FORMULA	VALOR
TARA		B-22
PESO SECO (grs)	(1)	101.1
PESO SECO LAVADO (gr )	(2)	57.4
PASA LA N° 200 (grs)	(1)-(2)=(3)	43.7

$f_c = \frac{\%Q_{p\#4}}{M_{chica}} = 0.641$       % RP =  $f_c * PRP$       **Material N.P**

Clasificación HRB:  $\%Q_{P\#200} = 35$        $a=0;$        $b= \%Q_{P\#200}-15 = 28-15=13$

LL 40       $c=0;$       IP 10       $d=0$

$IG= 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$        $IG=0$       **A-2-4(0)**

Clasificación SUCS:      **SM**



### DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA

PROYECTO: Adoquinado / Niquinohomo los Positos

MUESTRA : # 2

ENSAYE : # 1

SONDEO : # 1

PROFUNDIDAD (CM): 35-120

PROCEDENCIA DEL MATERIAL: EST. 0 + 020

#### COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	0	0	0	100
3/8"	24	2.9	2.9	97.1
N° 4	37	4.5	7.4	92.6
PASA N° 4	762	92.6	100	
SUMA	823	100		

#### COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)

MALLA	PESO RET.	% RETENIDO	% RET.	%QUE PASA LA
10	12.5	12.8	20.2	79.8
40	18.4	18.8	39	61
200	17.2	17.6	56.6	43.4
PASA 200	42.5	43.4	100	
SUMA	90.6	92.6		

#### LAVADO

	FORMULA	VALOR
TARA		H-15
PESO SECO (grs)	(1)	90.6
PESO SECO LAVADO (gr )	(2)	48.1
PASA LA N° 200 (grs)	(1)-(2)=(3)	42.5

$$fc = \frac{\%Q_{p\#4}}{\%Mchica} = 1.022 \quad \% RP = fc * PRP \quad \text{Material N.P}$$

#### Clasificación HRB:

$$a = \%Q_{P\#200} - 35 = 43.4 - 35 = 8.4 \quad a \ 8$$

$$b = \%Q_{P\#200} - 15 = 43.4 - 15 = 28.4 \quad b \ 28$$

$$LL \ 40 \quad c=0; \quad IP \ 10 \quad d=0$$

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd \quad IG = 0.2a = 0.2 * 8 = 1.6 \ 2 \quad A-4(2)$$

Clasificación SUCS: SM



**DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA**

**PROYECTO:** Adoquinado / Niquinohomo los Positos

**MUESTRA** : # 1

**ENSAYE** : # 1

**SONDEO** : # 2

**PROFUNDIDAD (CM):** 0-30

**PROCEDENCIA DEL MATERIAL:** EST. 0 + 020

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4**

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	0	0	0	100
3/8"	15.3	1.8	1.8	98.2
N° 4	114.3	13.2	15	85
PASA N° 4	738.2	85	100	
SUMA	867.8	100		

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)**

MALLA	PESO RET.	% RETENIDO	% RET.	%QUE PASA LA
10	6.8	5.7	20.7	79.3
40	24.6	20.7	41.4	58.6
200	29.2	24.6	66	34
PASA	40.4	34	100	
SUMA	101.1	85		

**LAVADO**

	FORMULA	VALOR
TARA		D-33
PESO SECO (grs)	(1)	101
PESO SECO LAVADO (gr )	(2)	60.6
PASA LA N° 200 (grs)	(1)-(2)=(3)	40.4

$$fc = \frac{\%Qp\#4}{Mchica} = 0.841\% \text{ RP} = fc * \text{PRP} \quad \text{Material N.P}$$

**Clasificación HRB:**

$\%Q_{P\#200} = 35 \quad a=0$

$b = \%Q_{P\#200} - 15 = 34 - 15 = 19 \quad b = 19$

$LL = 40 \quad c=0; \quad IP = 10 \quad d=0$

$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd \quad IG=0 \quad A-2-4(0)$

**Clasificación SUCS:** SM

**DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA**PROYECTO: Adoquinado / Niquinohomo los Positos

MUESTRA : # 2

ENSAYE : # 1

SONDEO : # 2

PROFUNDIDAD (CM): 30-120PROCEDENCIA DEL MATERIAL: EST. 0 + 170**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4**

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	0	0	0	100
3/8"	0	0	0	100
N° 4	90.7	14.8	14.8	85.2
PASA N° 4	522.3	85.2	100	
SUMA	613	100		

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)**

MALLA	PESO RET.	% RETENIDO	% RET.	%QUE PASA LA
10	8.8	7.3	22.1	77.9
40	15.5	12.9	35	65
200	20.5	17	52	48
PASA	57.9	48	100	
SUMA	102.7	85.2		

**LAVADO**

	FORMULA	VALOR
TARA		B-189
PESO SECO (grs)	(1)	102.7
PESO SECO LAVADO (gr )	(2)	44.8
PASA LA N° 200 (grs)	(1)-(2)=(3)	57.9

$$fc = \frac{\%Q_{p\#4}}{Mchica} = 0.83 \quad \% RP = fc * PRP \quad \text{Material N.}$$

**Clasificación HRB:**

$$a = \%Q_{P\#200} - 35 = 48 - 35 = 13 \quad a = 13$$

$$b = \%Q_{P\#200} - 15 = 48 - 15 = 33 \quad b = 33$$

$$LL \ 40 \quad c = 0; \quad IP \ 10 \quad d = 0$$

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd \quad IG = 0.2a = 0.2 * 13 = 2.6 \quad A-4(3)$$

**Clasificación SUCS: SM**



**DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA**

**PROYECTO:** Adoquinado / Niquinohomo los Positos

**MUESTRA** : # 1

**ENSAYE** : # 1

**SONDEO** : # 3

**PROFUNDIDAD (CM):** 0-70

**PROCEDENCIA DEL MATERIAL:** EST. 0 + 260

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4**

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	0	0	0	100
3/8"	0	0	0	100
N° 4	70.1	7.5	7.5	92.5
PASA N° 4	858.7	92.5	100	
SUMA	928.8	100		

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)**

MALLA	PESO RET.	% RETENIDO	% RET.	%QUE PASA LA
10	13.9	11.8	19.3	80.7
40	41	34.7	54	46
200	37.3	31.6	85.6	14.4
PASA 200	17	14.4	100	
SUMA	109.2	92.5		

**LAVADO**

	FORMULA	VALOR
TARA		A-11
PESO SECO (grs)	(1)	109.2
PESO SECO LAVADO (gr )	(2)	92.2
PASA LA N° 200 (grs)	(1)-(2)=(3)	17

$fc = \frac{\%Q_{p\#4}}{\%Mchica} = 0.847$       % RP = fc \* PRP      **Material N.P**

**Clasificación HRB:**

$\%Q_{P\#200} \leq 35$       a=0

$\%Q_{P\#200} \leq 15$       b

LL 40      c=0;      IP 10      d=0

IG= 0.2a + 0.005ac + 0.01bd      IG=0      A-1-b (0)

**Clasificación SUCS:**      SM



### DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA

PROYECTO: Adoquinado / Niquinohomo los Positos

MUESTRA : # 2

ENSAYE : # 1

SONDEO : # 3

PROFUNDIDAD (CM): 70-120

PROCEDENCIA DEL MATERIAL: EST. 0 + 260

#### COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	0	0	0	100
3/8"	0	0	0	100
N° 4	79.9	8.6	8.6	91.4
PASA N° 4	850	91.4	100	
SUMA	929.9	100		

#### COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)

MALLA	PESO RET.	% RETENIDO	% RET.	%QUE PASA LA
10	10.5	9	17.6	82.4
40	35.5	30.5	48.1	51.9
200	37.6	32.2	80.3	19.7
PASA 200	23	19.7	100	
SUMA	106.6	91.4		

#### LAVADO

	FORMULA	VALOR
TARA		A-16
PESO SECO (grs)	(1)	106.6
PESO SECO LAVADO (gr )	(2)	83.6
PASA LA N° 200 (grs)	(1)-(2)=(3)	23

$$fc = \frac{\%Q_{p\#4}}{Mchica} = 0.857 \quad \% RP = fc * PRP \quad \text{Material N.P}$$

#### Clasificación HRB:

$$\%Q_{P\#200} \quad 35 \quad a=0$$

$$b = \%Q_{P\#200} - 15 = 19.7 - 15 = 4.7 \quad b \quad 5$$

$$LL \quad 40 \quad c=0; \quad IP \quad 10 \quad d=0$$

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd \quad IG=0 \quad A-2-4 (0)$$

#### Clasificación SUCS: SM



**DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA**

**PROYECTO:** Adoquinado / Niquinohomo los Positos

**MUESTRA** : # 1

**ENSAYE** : # 1

**SONDEO** : # 4

**PROFUNDIDAD (CM):** 0-70

**PROCEDENCIA DEL MATERIAL:** EST. 0 + 370

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4**

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	14.5	1.6	1.6	98.4
3/8"	6.2	0.7	2.3	97.7
N° 4	36.8	4	6.3	93.7
PASA N° 4	855.9	93.7	100	
SUMA	913.4	100		

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)**

MALLA	PESO RET.	% RETENIDO	% RET.	%QUE PASA LA
10	7.1	6.3	12.6	87.4
40	35.2	31.3	43.9	56.1
200	38.8	34.4	78.3	21.7
PASA	24.4	21.7	100	
SUMA	105.5			

**LAVADO**

	FORMULA	VALOR
TARA		A-20
PESO SECO (grs)	(1)	105.5
PESO SECO LAVADO (gr )	(2)	81.1
PASA LA N° 200 (grs)	(1)-(2)=(3)	24.4

$$fc = \frac{\%Qp\#4}{Mchica} = 0.888\% \text{ RP} = fc * \text{PRP} \quad \text{Material N.P}$$

**Clasificación HRB:**

$$\%Q_{P\#200} \quad 35 \quad a=0$$

$$b= \%Q_{P\#200}-15 = 21.7 - 15= 6.7 \quad b \quad 7$$

$$LL \quad 40 \quad c=0; \quad IP \quad 10 \quad d=0$$

$$IG= 0.2a + 0.005ac + 0.01bd \quad IG=0 \quad A-2-4 (0)$$

**Clasificación SUCS:** SM



### DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA

PROYECTO: Adoquinado / Niquinohomo los Positos

MUESTRA : # 2

ENSAYE : # 1

SONDEO : # 4

PROFUNDIDAD (CM): 70-120

PROCEDENCIA DEL MATERIAL: EST. 0 + 260

#### COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	7.5	0.8	0.8	99.2
3/8"	8.2	0.9	1.7	98.3
N° 4	60.5	6.8	8.5	91.5
PASA N° 4	815.7	91.5	100	
SUMA	891.9	100		

#### COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)

MALLA	PESO RET. PARCIAL (PR P)gr	% RETENIDO PARCIAL (%RP)	% RET. ACOMULADO	%QUE PASA LA MALLA
10	12.2	9.8	18.3	81.7
40	40.5	32.4	50.7	49.3
200	36.4	29.2	79.9	20.1
PASA 200	25.1	20.1	100	
SUMA	114.2	91.5		

#### LAVADO

	FORMULA	VALOR
TARA		A-30
PESO SECO (grs)	(1)	114.2
PESO SECO LAVADO (gr )	(2)	89.1
PASA LA N° 200 (grs)	(1)-(2)=(3)	25.1

$$f_c = \frac{\%Q_{p\#4}}{M_{chica}} = 0.801\% \text{ RP} = f_c * \text{PRP} \quad \text{Material N.P}$$

#### Clasificación HRB:

$$\%Q_{P\#200} \quad 35 \quad a=0$$

$$b = \%Q_{P\#200} - 15 = 20.1 - 15 = 5.1 \quad b \quad 5$$

$$LL \quad 40 \quad c=0; \quad IP \quad 10 \quad d=0$$

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd \quad IG=0 \quad A-1-b \quad (0)$$

Clasificación SUCS: SM



### DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA

PROYECTO: Adoquinado / Niquinohomo los Positos

MUESTRA : # 1

ENSAYE : # 1

SONDEO : # 5

PROFUNDIDAD (CM): 0-60

PROCEDENCIA DEL MATERIAL: EST. 0 + 510

#### COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	0	0	0	100
3/8"	0	0	0	100
N° 4	55.40	7.7	7.7	92.3
PASA N° 4	668.3	92.3	100	
SUMA	723.7	100		

#### COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)

MALLA	PESO RET.	% RETENIDO	% RET.	%QUE PASA LA
10	12.8	11.5	19.2	80.8
40	32.7	29.4	48.6	51.4
200	25.9	23.2	71.80	28.2
PASA	31.4	28.2	100	
SUMA	102.8	92.3		

#### LAVADO

	FORMULA	VALOR
TARA		A-100
PESO SECO (qrs)	(1)	102.8
PESO SECO LAVADO (qr )	(2)	71.4
PASA LA N° 200 (qrs)	(1)-(2)=(3)	31.4

$$fc = \frac{\%Qp\#4}{Mchica} = 0.898 \quad \% RP = fc * PRP \quad \text{Material N.P}$$

#### Clasificación HRB:

$$\%Q_{P\#200} = 35 \quad a=0$$

$$b = \%Q_{P\#200} - 15 = 35 - 15 = 20 \quad b = 13$$

$$LL = 40 \quad c=0; \quad IP = 10 \quad d=0$$

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd \quad IG=0 \quad A-2-4 (0)$$

Clasificación SUCS: SM



### DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA

PROYECTO: Adoquinado / Niquinohomo los Positos

MUESTRA : # 2

ENSAYE : # 1

SONDEO : # 5

PROFUNDIDAD (CM): 60-120

PROCEDENCIA DEL MATERIAL: EST. 0 + 510

#### COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	0	0	0	100
3/8"	0	0	0	100
N° 4	26.1	3.1	3.1	96.9
PASA N° 4	815	96.9	100	
SUMA	841.1	100		

#### COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)

MALLA	PESO RET.	% RETENIDO	% RET.	%QUE PASA LA
10	8.1	7.6	10.7	89.3
40	38.7	36.3	47	53
200	31.5	29.5	76.5	23.5
PASA	25	23.5	100	
SUMA	103.3	96.9		

#### LAVADO

	FORMULA	VALOR
TARA		P- 12
PESO SECO (grs)	(1)	103.3
PESO SECO LAVADO (gr )	(2)	78.3
PASA LA N° 200 (grs)	(1)-(2)=(3)	25

$$fc = \frac{\%Q_{p\#4}}{Mchica} = 0.938 \quad \% RP = fc * PRP \quad \text{Material N.P}$$

#### Clasificación HRB:

$$\%Q_{P\#200} \quad 35 \quad a=0$$

$$b = \%Q_{P\#200} - 15 = 23.5 - 15 = 8.5 \quad b \quad 9$$

$$LL \quad 40 \quad c=0; \quad IP \quad 10 \quad d=0$$

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd \quad IG=0 \quad A-2-4 (0)$$

Clasificación SUCS: SM



**DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA**

**PROYECTO:** Adoquinado / Niquinohomo los Positos

**MUESTRA** : # 1

**ENSAYE** : # 1

**SONDEO** : # 6

**PROFUNDIDAD (CM):** 0-120

**PROCEDENCIA DEL MATERIAL:** 0+640

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4**

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	0	0	0	100
3/8"	12.3	1.2	1.2	98.8
N° 4	55.8	5.6	6.8	93.2
PASA N° 4	930.2	93.2	100	
SUMA	998.3	100		

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)**

MALLA	PESO RET. PARCIAL(PR P)gr	% RETENIDO PARCIAL (%RP)	% RET. ACOMULADO	%QUE PASA LA MALLA
10	15.2	11.6	18.4	81.6
40	32.3	24.6	43	57
200	47.5	36.1	79.1	20.9
PASA 200	27.5	20.9	100	
SUMA	122.5	93.2		

**LAVADO**

	FORMULA	VALOR
TARA		N-40
PESO SECO (grs)	(1)	122.5
PESO SECO LAVADO (gr )	(2)	95
PASA LA N° 200 (grs)	(1)-(2)=(3)	27.5

$f_c = \frac{\%Q_{p\#4}}{\%Mchica} = 0.761$       % RP =  $f_c * PRP$       **Material N.P**

Clasificación HRB:

$\%Q_{P\#200} = 35$        $a=0$

$b = \%Q_{P\#200} - 15 = 20.9 - 15 = 5.9$        $b = 6$

LL 40       $c=0$ ;      IP 10       $d=0$

$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$        $IG=0$       **A-2-4 (0)**

Clasificación SUCS:      **SM**



**DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA**

**PROYECTO:** Adoquinado / Niquinohomo los Positos

**MUESTRA** : # 1

**ENSAYE** : # 1

**SONDEO** : # 7

**PROFUNDIDAD (CM):** 0-25

**PROCEDENCIA DEL MATERIAL:** EST. 0 + 760

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4**

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	19.9	1.8	1.8	98.2
3/8"	50.2	4.7	6.5	93.5
N° 4	188.9	17.5	24	76
PASA N° 4	819.3	7.6	100	
SUMA	1078.3	100		

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)**

MALLA	PESO RET.	% RETENIDO	% RET.	%QUE PASA LA
10	10.8	7.9	31.9	68.1
40	27.1	19.8	51.7	48.3
200	26.6	19.5	71.2	28.8
PASA 200	39.3	28.8	100	
SUMA	103.8	76		

**LAVADO**

	FORMULA	VALOR
TARA		A-10
PESO SECO (grs)	(1)	103.8
PESO SECO LAVADO (gr )	(2)	64.5
PASA LA N° 200 (grs)	(1)-(2)=(3)	36.3

$fc = \frac{\%Q_{p\#4}}{Mchica} = 0.732$       % RP = fc \*PRP      **Material N.P**

Clasificación HRB:

$\%Q_{P\#200} = 35$       a=0

$b = \%Q_{P\#200} - 15 = 28.8 - 15 = 13.8$       b 14

LL 40      c=0;      IP 10      d=0

$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$       IG=0      A-2-4 (0)

Clasificación SUCS:      SM



**DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA**

**PROYECTO:** Adoquinado / Niquinohomo los Positos

**MUESTRA** : # 2

**ENSAYE** : # 1

**SONDEO** : # 7

**PROFUNDIDAD (CM):** 25-120

**PROCEDENCIA DEL MATERIAL:** EST. 0 + 760

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4**

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	0	0	0	100
3/8"	0	0	0	100
N° 4	9.6	1.2	1.2	98.8
PASA N° 4	816	98.8	100	
SUMA	825.6	100		

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)**

MALLA	PESO RET.	% RETENIDO	% RET.	%QUE PASA LA
10	0.5	0.5	1.7	98.3
40	6.7	6.3	8	92
200	34.3	32.2	40.2	59.8
PASA 200	63.6	59.8	100	
SUMA	105.1	98.8		

**LAVADO**

	FORMULA	VALOR
TARA		A-50
PESO SECO (grs)	(1)	105.1
PESO SECO LAVADO (gr )	(2)	41.5
PASA LA N° 200 (grs)	(1)-(2)=(3)	63.3

$f_c = \frac{\%Q_{p\#4}}{\%Mchica} = 0.94$       % RP =  $f_c * PRP$       **Material plástico: LL 26.6;**

LP 24.25; IP 2.4

**Clasificación HRB:**

$a = \%Q_{P\#200} - 35 = 59.8 - 35 = 24.8$       a 25

$\%Q_{P\#200}$     55      b 40

LL 40    c=0;      IP 10    d=0

$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$        $IG = 0.2a = 0.2 * 25 = 5$       A-4 (5)

**Clasificación SUCS:**      ML



**DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA**

**PROYECTO:** Adoquinado / Niquinohomo los Positos

**MUESTRA** : # 1

**ENSAYE** : # 1

**SONDEO** : # 8

**PROFUNDIDAD (CM):** 0-65

**PROCEDENCIA DEL MATERIAL:** EST. 1 + 010

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4**

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	0.5	0.7	0.7	99.3
3/8"	5.3	0.6	1.3	98.7
N° 4	50.4	5.8	7.1	92.9
PASA N° 4	808.9	92.9	100	
SUMA	871	100		

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)**

MALLA	PESO RET.	% RETENIDO	% RET.	%QUE PASA LA
10	11	9.6	16.7	83.3
40	39.7	34.6	51.3	48.7
200	33.3	29.1	80.4	19.6
PASA 200	22.5	19.6	100	
SUMA	106.5	92.9		

**LAVADO**

	FORMULA	VALOR
TARA		A-70
PESO SECO (grs)	(1)	106.5
PESO SECO LAVADO (gr )	(2)	84
PASA LA N° 200 (grs)	(1)-(2)=(3)	22.5

$fc = \frac{\%Qp\#4}{Mchica} = 0.872$       % RP = fc \* PRP      **Material N.P**

**Clasificación HRB:**

$\%Q_{P\#200} = 35$       a=0

$b = \%Q_{P\#200} - 15 = 35 - 15 = 20$       b 5

LL 40      c=0;      IP 10      d=0

$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$       IG=0      A-1-b (0)

**Clasificación SUCS:**      SM



### DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA

PROYECTO: Adoquinado / Niquinohomo los Positos

MUESTRA : # 2

ENSAYE : # 1

SONDEO : # 8

PROFUNDIDAD (CM): 65-90

PROCEDENCIA DEL MATERIAL: EST. 1 + 010

#### COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	7	0.7	0.7	99.3
3/8"	3.1	0.3	1	99
N° 4	70	6.4	7.4	92.6
PASA N° 4	1007.9	92.6	100	
SUMA	1088	100		

#### COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)

MALLA	PESO RET.	% RETENIDO	% RET.	%QUE PASA LA
10	14.9	12.8	20.2	79.8
40	60.6	52.1	72.3	27.7
200	30.9	22.5	98.8	1.2
PASA 200	1.4	1.2	100	
SUMA	107.8	92.6		

#### LAVADO

	FORMULA	VALOR
TARA		N-27
PESO SECO (grs)	(1)	107.8
PESO SECO LAVADO (gr )	(2)	106.4
PASA LA N° 200 (grs)	(1)-(2)=(3)	1.4

$$fc = \frac{\%Q_{p\#4}}{Mchica} = 0.59 \quad \% RP = fc * PRP \quad \text{Material N.P}$$

#### Clasificación HRB:

$$\%Q_{P\#200} \quad 35 \quad a=0; \quad b = \%Q_{P\#200} \quad 15 \quad b=0; \quad LL \quad 40 \quad c=0; \quad IP \quad 10 \quad d=0$$

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd \quad IG=0 \quad A-2-4 (0)$$

#### Clasificación SUCS: (SW)

$$cu = D60/D10 = 0.92/0.13 = 7 \quad cu = 7 \quad 6 \quad \text{Arenas bien graduadas}$$

$$cc = (D30)^2 / (D10 * D60) = (0.35)^2 / (0.13 * 0.92) = 1 \quad 1 \quad cc \quad 3 \quad \text{Suelos bien graduados}$$



**DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA**

**PROYECTO:** Adoquinado / Niquinohomo los Positos

**MUESTRA** : # 3

**ENSAYE** : # 1

**SONDEO** : # 8

**PROFUNDIDAD (CM):** 90-120

**PROCEDENCIA DEL MATERIAL:** EST. 1 + 010

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4**

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	0	0	0	100
3/8"	2.3	0.3	0.3	99.7
N° 4	47	6.2	6.5	93.5
PASA N° 4	713.9	93.5	100	
SUMA	763.2	100		

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)**

MALLA	PESO RET.	% RETENIDO	% RET.	%QUE PASA LA
10	7.5	6.4	12.9	87.1
40	25.1	21.4	34.3	65.7
200	20.7	17.7	52	48
PASA	56.3	48	100	
SUMA	109.6	93.5		

**LAVADO**

	FORMULA	VALOR
TARA		A-54
PESO SECO (grs)	(1)	109.6
PESO SECO LAVADO (gr )	(2)	53.3
PASA LA N° 200 (grs)	(1)-(2)=(3)	56.3

$fc = \frac{\%Q_{p\#4}}{\%Mchica} = 0.853$       % RP = fc \*PRP      **Material plástico: LL 26.6;**

LP 14.5; IP 12

Clasificación HRB:

a = %Q<sub>P#200</sub> - 35 =48-35=13      a 13

b= %Q<sub>P#200</sub> - 15=48-15=33      b 33

LL 40      c=0;      IP 10      d=0

IG= 0.2a + 0.005ac + 0.01bd      IG=0.2a = 0.2\*13 3      A-6 (3)

Clasificación SUCS:      SC



### DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA

PROYECTO: Adoquinado / Niquinohomo los Positos

MUESTRA : # 1

ENSAYE : # 1

SONDEO : # 9

PROFUNDIDAD (CM): 0-60

PROCEDENCIA DEL MATERIAL: EST. 0 + 250

COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA

MALLA N° 4

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	14.6	1.6	1.6	98.4
3/8"	7.5	0.8	2.4	97.6
N° 4	37.4	4.1	6.5	93.5
PASA N° 4	856.8	93.5	100	
SUMA	916.3	100		

COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)

MALLA	PESO RET.	% RETENIDO	% RET.	%QUE PASA LA
10	9.1	8.3	14.8	85.2
40	32.9	29.9	44.7	55.3
200	36.9	33.5	78.2	21.8
PASA	24	21.8	100	
SUMA	102.9	93.5		

LAVADO

	FORMULA	VALOR
TARA		A-6
PESO SECO (grs)	(1)	102.9
PESO SECO LAVADO (gr )	(2)	78.9
PASA LA N° 200 (grs)	(1)-(2)=(3)	24

$$f_c = \frac{\%Q_{p\#4}}{M_{chica}} = 0.909 \quad \% RP = f_c * PRP \quad \text{Material N.P}$$

Clasificación HRB:

$$\%Q_{P\#200} \quad 35 \quad a=0$$

$$b = \%Q_{P\#200} - 15 = 21.8 - 15 = 6.8 \quad b \quad 7$$

$$LL \quad 40 \quad c=0; \quad IP \quad 10 \quad d=0$$

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd \quad IG=0 \quad A-2-4 (0)$$

Clasificación SUCS: SM



### DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA

PROYECTO: Adoquinado / Niquinohomo los Positos

MUESTRA : # 2

ENSAYE : # 1

SONDEO : # 9

PROFUNDIDAD (CM): 60-120

PROCEDENCIA DEL MATERIAL: EST. 1 + 250

#### COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	0	0	0	100
3/8"	4.4	0.5	0.5	99.5
N° 4	44.7	5.1	5.6	94.4
PASA N° 4	871.4	94.4	100	
SUMA	880.5	100		

#### COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)

MALLA	PESO RET.	% RETENIDO	% RET.	%QUE PASA LA
10	10.2	9	14.6	85.4
40	38.7	34.2	48.8	51.2
200	36.6	32.3	81.1	18.9
PASA 200	21.4	18.9	100	
SUMA	106.9	94.4		

#### LAVADO

	FORMULA	VALOR
TARA		A-05
PESO SECO (grs)	(1)	51.2
PESO SECO LAVADO (gr )	(2)	18.9
PASA LA N° 200 (grs)	(1)-(2)=(3)	21.4

$$fc = \frac{\%Q_{p\#4}}{Mchica} = 0.883 \quad \% RP = fc * PRP \quad \text{Material N.P}$$

#### Clasificación HRB:

$$\%Q_{P\#200} \quad 35 \quad a=0$$

$$b = \%Q_{P\#200} - 15 = 18.9 - 15 = 3.9 \quad b \quad 4$$

$$LL \quad 40 \quad c=0; \quad IP \quad 10 \quad d=0$$

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd \quad IG=0 \quad A-2-4 (0)$$

Clasificación SUCS: SM



### DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA

PROYECTO: Adoquinado / Niquinohomo los Positos

MUESTRA : # 1

ENSAYE : # 1

SONDEO : # 10

PROFUNDIDAD (CM): 0-120

PROCEDENCIA DEL MATERIAL: EST. 1 + 480

#### COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	0	0	0	100
3/8"	10.4	1.1	1.1	98.9
N° 4	50.2	5.1	6.2	93.8
PASA N° 4	920.4	93.8	100	
SUMA	981	100		

#### COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)

MALLA	PESO RET.	% RETENIDO	% RET.	%QUE PASA LA
10	10.5	9.8	16	84
40	39.2	36.7	52.7	47.3
200	30.4	28.5	81.2	18.8
PASA 200	20.9	18.8	100	
SUMA	100.2	93.8		

#### LAVADO

	FORMULA	VALOR
TARA		G-15
PESO SECO (grs)	(1)	100.2
PESO SECO LAVADO (gr )	(2)	80.1
PASA LA N° 200 (grs)	(1)-(2)=(3)	20.1

$$fc = \frac{\%Q_{p\#4}}{Mchica} = 0.936 \quad \% RP = fc * PRP \quad \text{Material N.P}$$

#### Clasificación HRB:

$$\%Q_{P\#200} \quad 35 \quad a=0$$

$$b = \%Q_{P\#200} - 15 = 18.8 - 15 = 3.8 \quad b \quad 4$$

$$LL \quad 40 \quad c=0; \quad IP \quad 10 \quad d=0$$

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd \quad IG=0 \quad A-1-b \quad (0)$$

Clasificación SUCS: SM



**DETERMINACION DE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA**

**PROYECTO:** Adoquinado / Niquinohomo los Positos

**MUESTRA** : # 1

**ENSAYE** : # 1

**SONDEO** : #1

**PROFUNDIDAD (CM):** 0-20

**PROCEDENCIA DEL MATERIAL:** Banco de material selecto Rufo Arévalo

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4**

MALLA	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	%QUE PASA
1/2"	284	9.4	9.4	90.6
3/8"	203	6.7	16.1	83.9
N° 4	577.3	19.2	35.3	64.7
PASA N° 4	1953	64.7	100	
SUMA	3017.3	100		

**COMPOSICION GRANULOMETRICA DEL MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°4 (POR LAVADO)**

MALLA	PESO RET.	% RETENIDO	% RET.	%QUE PASA LA
10	25.6	16.3	51.6	48.4
40	36.2	23.1	74.7	25.3
200	22.4	14.3	89	11
PASA 200	17.3	11	100	
SUMA	101.5	64.7		

**LAVADO**

	FORMULA	VALOR
TARA		v-46
PESO SECO (grs)	(1)	101.5
PESO SECO LAVADO (gr )	(2)	84.2
PASA LA N° 200 (grs)	(1)-(2)=(3)	17.3

$fc = \frac{\%Qp\#4}{Mchica} = 0.637$       % RP = fc \*PRP      **Material N.P**

Clasificación HRB:

$\%Q_{P\#200} = 35$       a=0

$\%Q_{P\#200} = 15$       b 5

LL 40      c=0;      IP 10      d=0

IG= 0.2a + 0.005ac + 0.01bd      IG=0      A-1-a (0)

Clasificación SUCS:      SW-SM

**DETERMINACION DE LOS ESTADOS DE CONSISTENCIAS****PROYECTO:** Adoquinado / Niquinohomo los Positos**MUESTRA** : 3**ENSAYE** : # 2**SONDEO** : 8**PROFUNDIDAD (CM):**90-120**PROCEDENCIA DEL MATERIAL:**

LIMITE LIQUIDO						
		1	2	3	4	5
TARA N°		A-40	B-9	A-24	A-38	
N° GOLPES		14	18	26	32	
PESO HUMEDO + T	(1)	39.4	37.1	40.1	36.3	
PESO SECO + T	(2)	35	33.6	36.2	33.8	
PESO DEL AGUA	(1)-(2)=(3)	4.4	3.5	3.9	2.5	
PESO DE TARA (T)	(4)	21.8	21.6	21.7	21.5	
PESO SECO	(2)-(4)=(5)	13.2	12	14.5	12.3	
% HUMEDAD	$[(3)/(5)*100]=6$	33.3	29.2	26.9	20.3	
FACTOR K		0.932	0.961	1.005	1.030	
LIMITE LIQUIDO	(6)*K	31	28.1	27	20.1	
LIMITE PLASTICO				LIMITE DE CONTRACCION		
	FORMULA	1	2			
TARA N°		A-46	R-107	MOLDE N°		
PESO HUMEDO + T	(7)	36	38.4	LONG. MOLDE		
PESO SECO + T	(8)	34.2	36.2	LONG. MAT.SE		
PESO DEL AGUA	(7)-(8)=(9)	1.8	2.2	CONTRACCION		
PESO DE TARA (T)	(10)	21.9	21.5			
PESO SECO	(8)-(10)=11	12.9	14.7			
LIMITE PLASTICO	$[(9)/(11)]*100$	14	15			

**RESULTADOS**

LIMITE LIQUIDO (%)	LIMITE PLASTICO (%)	INDICE DE PLASTICIDAD (%)	CONTRACCION LINIAL (%)
26.55	14.5	12.05	

**FACTOR K**

N	K	N	K	N	K	N	K	N	K	N	K
10	0.895	15	0.940	20	0.973	25	1	30	1.022	35	1.042
11	0.906	16	0.947	21	0.979	26	1.005	31	1.026	36	1.045
12	0.915	17	0.954	22	0.985	27	1.009	32	1.030	37	1.048
13	0.924	18	0.961	23	0.990	28	1.014	33	1.034	38	1.051
14	0.932	19	0.967	24	0.995	29	1.018	34	1.038	39	1.054



### DETERMINACION DE LOS ESTADOS DE CONSISTENCIAS

**PROYECTO:** Adoquinado / Niquinohomo los Positos

**MUESTRA : 2**

**ENSAYE : # 2**

**SONDEO : 7**

**PROFUNDIDAD (CM):25-120**

**PROCEDENCIA DEL MATERIAL:**

LIMITE LIQUIDO						
		1	2	3	4	5
TARA N°		R-128	R-129	H-26	A-R	
N° GOLPES		11	17	28	35	
PESO HUMEDO + T	(1)	40.6	36.5	37.6	41.5	
PESO SECO + T	(2)	36.3	33.2	34.3	37.5	
PESO DEL AGUA	(1)-(2)=(3)	4.3	3.3	3.3	4	
PESO DE TARA (T)	(4)	21.5	21.4	21.7	21.8	
PESO SECO	(2)-(4)=(5)	14.8	11.8	12.6	15.7	
% HUMEDAD	[(3)/(5)*100]=6	29.1	28	26.2	25.5	
FACTOR K		0.906	0.954	1.014	1.042	
LIMITE LIQUIDO	(6)*K	26.4	26.7	26.6	26.6	
LIMITE PLASTICO				LIMITE DE CONTRACCION		
	FORMULA	1	2			
TARA N°		A-05	A-20	MOLDE N°		
PESO HUMEDO + T	(7)	56.7	55.3	LONG. MOLDE		
PESO SECO + T	(8)	49.9	48.8	LONG. MAT.SE		
PESO DEL AGUA	(7)-(8)=(9)	6.8	6.5	CONTRACCION		
PESO DE TARA (T)	(10)	21.9	21.9			
PESO SECO	(8)-(10)=11	28	26.9			
LIMITE PLASTICO	[(9)/(11)]*100	24.3	24.2			

### RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO (%)	LIMITE PLASTICO (%)	INDICE DE PLASTICIDAD (%)	CONTRACCION LINIAL (%)
26.60	24.25	2.4	

### FACTOR K

N	K	N	K	N	K	N	K	N	K	N	K
10	0.895	15	0.940	20	0.973	25	1	30	1.022	35	1.042
11	0.906	16	0.947	21	0.979	26	1.005	31	1.026	36	1.045
12	0.915	17	0.954	22	0.985	27	1.009	32	1.030	37	1.048
13	0.924	18	0.961	23	0.990	28	1.014	33	1.034	38	1.051
14	0.932	19	0.967	24	0.995	29	1.018	34	1.038	39	1.054

**DETERMINACION DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA****PROYECTO:** Adoquinado / Niquinohomo los Positos**GRUPO DE MUESTRA** : A-1-b; A-2-4; A-4    **ENSAYE** : # 3

<b>GRUPO DE MUESTRA</b>	<b>A-1-b</b>	<b>A-2-4</b>	<b>A-4</b>
PESO DEL FRASCO (Wf)	<b>182.90 (gr)</b>	<b>182.90 (gr)</b>	<b>182.90 (gr)</b>
VOLUMEN DEL FRASCO (Vf)	<b>500 (cc)</b>	<b>500 (cc)</b>	<b>500 (cc)</b>
COEF. DE EXP.DE PYREX (E)	<b>0.1 10<sup>-4</sup>/°c</b>	<b>0.1 10<sup>-4</sup>/°c</b>	<b>0.1 10<sup>-4</sup>/°c</b>
TEMPERATURA DE ENSAYE (T)	<b>36 °c</b>	<b>36 °c</b>	<b>36 °c</b>
TEMPERATURA DE CALIBRACION (Tc)	<b>20 °c</b>	<b>20 °c</b>	<b>20 °c</b>
t=T-Tc	<b>16 °c</b>	<b>16 °c</b>	<b>16 °c</b>
PESO UNITARIO DEL AGUA ( w) †	<b>0.9965 gr/cm3</b>	<b>0.9965 gr/cm3</b>	<b>0.9965 gr/cm3</b>
PESO UNITARIO DEL AIRE ( a) *	<b>0.001 gr/cm3</b>	<b>0.001 gr/cm3</b>	<b>0.001 gr/cm3</b>
PESO MUESTRA SECA (Ws)	<b>94.37 gr</b>	<b>92.43 gr</b>	<b>84.26 gr</b>
PESO DEL FRASCO+AGUA+SUELO (Wfws)	<b>736.91 gr</b>	<b>735.50 gr</b>	<b>730.39 gr</b>
PESO DEL FRASCO+AGUA (Wfw)	<b>679.17 gr</b>	<b>679.17 gr</b>	<b>679.17 gr</b>
GRAVEDAD ESPECIFICA (Gs)	<b>2.57</b>	<b>2.56</b>	<b>2.55</b>

$$G_s = \frac{W_s}{W_{fw} + W_s - W_{fws}}$$

$$W_{fw} = W_f + V_f(1 - t \cdot E)(w - a)$$

† - A temperatura de ensaye.

\* - A temperatura de ensaye y presión atmosférica.



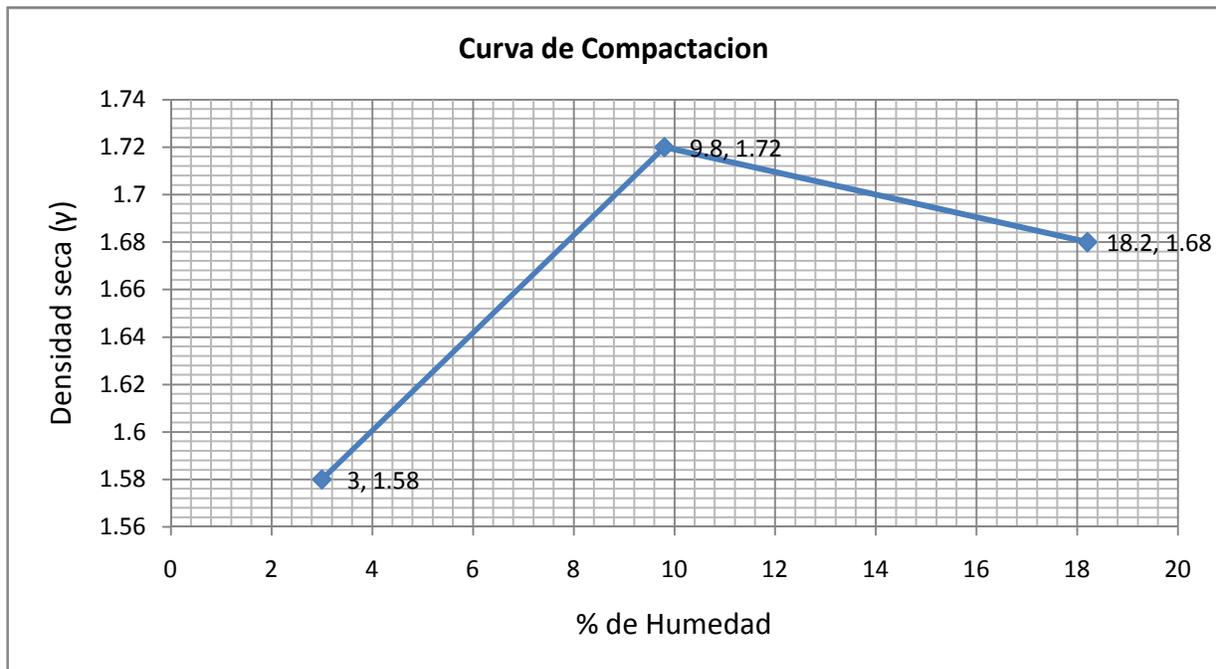
### ENSAYE DE COMPACTACION DE SUELO (PROCTOR MODIFICADO)

PROYECTO: Adoquinado / Niquinohomo los Positos

TIPO DE SUELO: A-2-4(0)

ENSAYE : # 3

		1	2	3	4	5
VOL. CILINDRO	(1)	926.7	926.7	926.7	926.7	926.7
PESO CILINDRO(PC)	(2)	42.11	42.11	42.11	42.11	42.11
P. M. + PC	(3)	5726	5843	5966	5963	6055
PESO MATERIAL(PM)	(3)-(2)=(4)	1515	1632	1755	1752	1844
TARA		CH-13	A-170	A-03	E-MR	A-11
PESO DE TARA(PT)	(5)	32.6	31.4	41.2	32.1	40.7
PESO SECO + PT	(7)	182.8 3	184.7 3	205.2	170.3 6	203.5 4
PESO HUMEDO + PT	(8)	187.4 0	196.1	221.3	185.5	233.1
% HUMEDAD	$\frac{\{(8)-(7)\}}{\{(7)-(5)\}} * 100 = (9)$	3 %	7.4 %	9.8 %	11%	18.2 %
PVH ( h)	(4)/(1)=(10)	1.63	1.76	1.89	1.89	1.99
PVS ( dmax)	$\frac{(10)}{\{1 + \frac{(9)}{100}\}}$	1.58	1.64	1.72	1.70	1.68
PVS ( dz)	$\frac{\{S_s / (1 + \frac{(9)}{100} * S_s)\} * w}{w}$	2.23	2.03	1.99	1.89	1.75





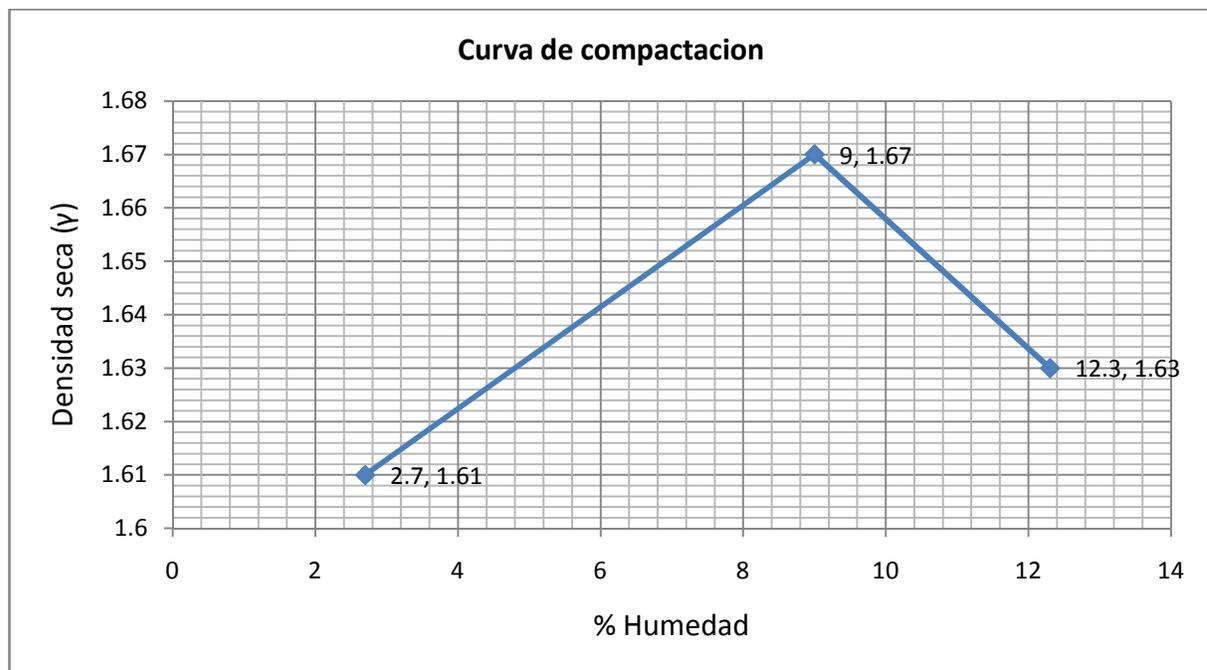
### ENSAYE DE COMPATACION DE SUELO (PROCTOR MODIFICADO)

PROYECTO: Adoquinado / Niquinohomo los Positos

TIPO DE SUELO: A-1-b(0)

ENSAYE : # 3

		1	2	3	4	5
VOL. CILINDRO	(1)	926.7	926.7	926.7	926.7	926.7
PESO CILINDRO(PC)	(2)	4210	4210	4210	4210	4210
P. M. + PC	(3)	5740	5826	5897	5902	6025
PESO MATERIAL(PM)	(3)-(2)=(4)	1530	1616	1687	1692	1815
TARA		A-100	A-6	A-54	N-27	A-05
PESO DE TARA(PT)	(5)	32.5	32.5	32	48.9	42.1
PESO SECO + PT	(7)	208.3	175.3	158.2	204.8	260.5
PESO HUMEDO + PT	(8)	213.1	184.7	169.5	223.9	293.1
% HUMEDAD	$\frac{\{(8)-(7)\}}{\{(7)-(5)\}} * 100 = (9)$	2.7 %	6.6 %	9 %	12.3 %	14.9 %
PVH ( h)	$(4)/(1) = (10)$	1.65	1.74	1.82	1.83	1.96
PVS ( dmax)	$(10)/\{1+[(9)/100]\}$	1.61	1.63	1.67	1.63	1.71
PVS ( dz)	$\{Ss/(1+[(9)/100]*Ss)\} * w$	2.40	2.20	2.08	1.95	1.86





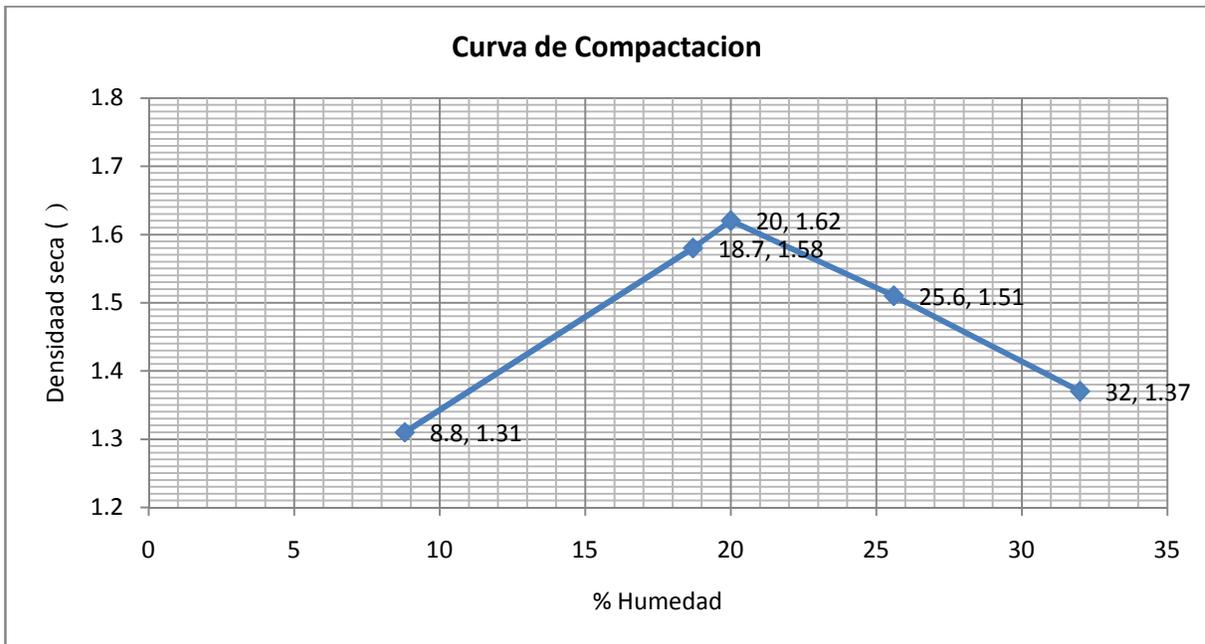
### ENSAYE DE COMPATACION DE SUELO (PROCTOR MODIFICADO)

PROYECTO: Adoquinado / Niquinohomo los Positos

TIPO DE SUELO: A-4

ENSAYE : # 3

		1	2	3	4	5
VOL. CILINDRO	(1)	926.7	926.7	926.7	926.7	926.7
PESO CILINDRO(PC)	(2)	4215	4215	4215	4215	4215
P. M. + PC	(3)	5542	5752	5961	5968	5896
PESO MATERIAL(PM)	(3)-(2)=(4)	1327	1537	1746	1753	1681
TARA		A-70	A-170	G-64	R-12	B-189
PESO DE TARA(PT)	(5)	41	31.3	46.4	54.1	54.2
PESO SECO + PT	(7)	189.1	173.3	224.3	203.5	220.6
PESO HUMEDO + PT	(8)	202.2	193.6	257.6	241.7	273.9
% HUMEDAD	$\frac{\{(8)-(7)\}}{\{(7)-(5)\}} * 100 = (9)$	8.8 %	14.3 %	18.7 %	25.6 %	32 %
PVH ( h)	$(4)/(1) = (10)$	1.43	1.66	1.88	1.89	1.81
PVS ( dmax)	$(10)/\{1+[(9)/100]\}$	1.31	1.45	1.58	1.51	1.37
PVS ( dz)	$\{Ss/(1+[(9)/100]*Ss)\} * w$	2.08	1.87	1.73	1.54	1.40



**ENSAYE DE CBR- (VALOR RELATIVO SOPORTE DE LOS SUELOS)**PROYECTO: Adoquinado / Niquinohomo los PositosENSAYE #: 4

MUESTR A	Numero de molde	Peso del cilindro (Pc) gr	Pm*P m gr	Peso del materia l (Pm)gr	Volume n del Cilindro Cm3	Numero de Golpes	Densida d húmeda gr/cm3	W(%) )
A-2-4	A-1	7157	11120	3963	2137.58	56	1.85	9.6
	M	7172	10725	3553	"	25	1.66	9.5
	R-1	7200	10397	3197	"	10	1.50	9.6
A-1-b	A-1	7157	10955	3798	"	56	1.78	8.2
	R-1	7200	10750	3550	"	25	1.66	8.6
	M	7172	10450	3278	"	10	1.53	8.4

Densidad seca (gr/cm3)					
A-2-4			A-1-b		
1.69	1.52	1.37	1.65	1.53	1.41

**CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA ALCANZADA**

MUESTRA	# molde	A-1	M	R-1
A-2-4	# Tara	A-0	E-1	I-C
	P. Tara	41.6	42.1	41.3
	P <sub>w</sub> + Tara	202.7	199.4	215.9
	P <sub>s</sub> + Tara	188.6	185.7	200.6
	P <sub>s</sub>	147	143.6	150.3
	% W	9.6	9.5	9.6
A-1-b	# Tara	R-3	H-7	A-07
	P. Tara	41.4	40.2	42.2
	P <sub>w</sub> + Tara	190.3	155.2	182.3
	P <sub>s</sub> + Tara	179.0	146.3	171.2
	P <sub>s</sub>	137.6	106.1	129
	% W	8.2	8.4	8.6



### ENSAYE DE CBR (VALOR RELATIVO SOPORTE DE LOS SUELOS)

PROYECTO: Adoquinado / Niquinohomo los Positos

ENSAYE #: 4

Muestra	Penetración		Molde R-1		Esf psi	CBR	Molde M		Esf psi	CBR	Molde A-1		Esf psi	CBR
	mm	plg	Lect	Carg(lbs)			Lect	Carg(lbs)			Lect	Carg(lbs)		
A-2-4	0.64	0.025	0	0	0		1	52.95	17.65		5	264.75	88.25	
	1.27	0.05	0	0	0		2	105.9	35.3		9	476.55	158.85	
	1.91	0.075	2	105.9	35.3		3	158.85	52.95		20	1059	353	
	2.54	0.1	3	158.85	52.95	5.30	4	211.8	70.6	7.06	26	1376.7	458.9	45.89
	3.81	0.15	4	211.8	70.6		7	370.65	123.55		36	1906.2	635.4	
	5.08	0.2	6	317.7	105.9	7.06	9	476.55	158.85	10.59	44	2329.8	776.6	51.77
	7.62	0.3	7	370.65	123.55	6.50	11	582.45	194.15	10.22	52	2753.4	917.8	48.31
	10.16	0.4	8	423.6	141.2	6.14	13	688.35	229.45	9.98	58	3071.1	1023.7	44.51
	12.70	0.5	9	476.55	158.85	6.11	14	741.3	247.1	9.50	63	3335.85	1111.95	42.77
A-1-b	0.64	0.025	2	105.9	35.3		1	52.95	17.65		1	52.95	17.65	
	1.27	0.05	3	158.85	52.95		1	52.95	17.65		3	158.85	52.95	
	1.91	0.075	5	264.75	88.25		2	105.9	35.3		6	317.7	105.9	
	2.54	0.1	7	370.65	123.55	12.36	2	105.9	35.3	3.53	10	529.5	176.5	17.65
	3.81	0.15	12	435.4	211.8		3	158.85	52.95		19	1006.05	335.35	
	5.08	0.2	16	847.2	282.4	18.83	3	158.85	52.95	3.53	27	1429.65	476.55	31.77
	7.62	0.3	17	900.15	300.05	15.79	3	158.85	52.95	2.79	33	1747.35	582.45	30.66
	10.16	0.4	19	1006.05	335.35	14.58	3	158.85	52.95	2.30	39	2065.05	688.35	29.93
	12.70	0.5	20	1059	353	13.58	3	158.85	52.95	2.04	42	2223.9	741.3	28.51



### ESTRATIGRAFIA DE LOS SONDEOS MANUALES REALIZADOS A LO LARGO DEL TRAMO DE CARRETERA "LOS POSITOS-NIQUINOHOMO"

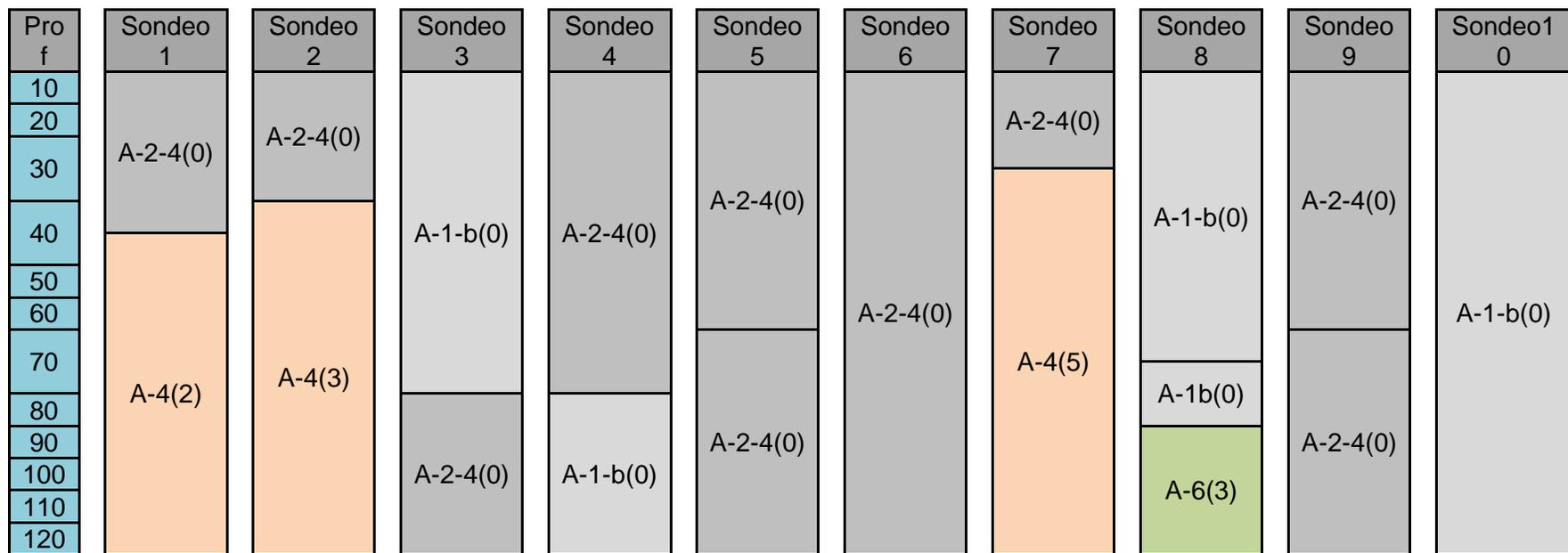


Tabla III.2-2/ Estratigrafía de los sondeos manuales sobre la subrasante.

Intensidad media anual de lluvia	Incremento
Poca lluvia 800	0
Lluviosa 800 a 1500	10
Muy lluviosa más de 1500	20

Tabla: III.2-3/ Porcentaje de incremento de los espesores según lluvia.



Suelo	Humedad Óptima (%)
Arcilla pesada	17.5
Arcilla Limosa	15
Arcilla arenosa	13
Arena	10
Mezcla de grava, arena Y arcilla	7

Tabla III.2-4: Humedad óptima de algunos los suelos.

Hombro (m)	Carril 3.65m		Carril 3.35		Carril 3.05m		Carril 2.75m	
	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E
1.8	1.00	1.00	0.93	0.94	0.83	0.87	0.70	0.76
1.2	0.92	0.97	0.85	0.92	0.77	0.85	0.65	0.74
0.6	0.81	0.93	0.75	0.88	0.68	0.81	0.57	0.70
0.0	0.70	0.88	0.65	0.82	0.58	0.75	0.49	0.66

Tabla III.3-1: Factores de ajuste por efecto combinado de carriles angostos

Tipo de vehículo	NS	Tipo de terreno		
		Plano	Ondulado	Montañoso
Camiones, Et	A	2.0	4.0	7.0
	B - C	2.2	5.0	10.0
	D - E	2.0	5.0	12.0
Buses, Eb	A	1.8	3.0	5.7
	B - C	2.0	3.4	6.0
	D - E	1.6	2.9	6.5

Tabla III.3-2: automóviles equivalentes por camiones y autobuses en función del tipo de terreno. Carretera de dos carriles.



Nivel de servicio (NS)	Terreno plano						Terreno ondulado						Terreno montañoso					
	Restricción de paso (%)						Restricción de paso (%)						Restricción de paso (%)					
	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
A	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03	0.14	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01
B	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.26	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.25	0.20	0.16	0.13	0.12	0.10
C	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32	0.42	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28	0.39	0.33	0.28	0.23	0.20	0.16
D	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58	0.57	0.62	0.57	0.52	0.48	0.46	0.43	0.58	0.50	0.45	0.40	0.37	0.33
E	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.94	0.92	0.91	0.90	0.90	0.91	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78

Tabla III.3-3: Nivel de servicio v/c, para carreteras de dos carriles

Separación direccional (%/%)	Factor
50/50	1.00
60/40	0.94
70/30	0.89
80/20	0.83
90/10	0.75
100/0	0.71

Tabla III.3-4: Factores de ajuste por distribución direccional del tránsito para carreteras de dos carriles



Tipo de terreno	Pendientes (%)
Llano o plano	$p \leq 5$
Ondulado	$5 > p \geq 15$
Montañoso	$15 > p \geq 30$

Tabla III.3-5: Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales

Asentamiento U (%)	Factor de tiempo T	Asentamiento U (%)	Factor de tiempo T
0	0.000	55	0.238
10	0.008	60	0.287
15	0.018	65	0.342
20	0.031	70	0.405
25	0.049	75	0.477
30	0.071	80	0.565
35	0.096	85	0.684
40	0.126	90	0.848
45	0.159	95	1.127
50	0.197	100	

Tabla IV.1-3: Relación teórica U – T Según A. W. Skempton



Valores de los atributos de impactos para realizar la evaluación cualitativa (fuente Vicente Conesa, 1995, modificado por Milan, 1998)

<p><b>NATURALEZA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Impacto beneficioso +</i></li> <li>• <i>Impacto perjudicial -</i></li> </ul>	<p><b>INTENSIDAD(IN)</b> (Grado de destrucción)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Baja1</i></li> <li>• <i>Media2</i></li> <li>• <i>Alta4</i></li> <li>• <i>Muy alta8</i></li> </ul>
<p><b>EXTENCION(EX)</b> (Área de influencia)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Puntual1</i></li> <li>• <i>Parcial 2</i></li> <li>• <i>Extenso4</i></li> <li>• <i>Total8</i></li> </ul>	<p><b>MOMENTO(MO)</b> (Plazo de manifestación)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Largo plazo 1</i></li> <li>• <i>Medio plazo 2</i></li> <li>• <i>Inmediato 4</i></li> </ul>
<p><b>PRESISTENCIA(PE)</b> (Permanencia del efecto)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fugaz 1</i></li> <li>• <i>Temporal 2</i></li> <li>• <i>Permanente 4</i></li> </ul>	<p><b>REVERSIBILIDAD(RV)</b> (Recuperabilidad)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Recuperable a corto plazo1</i></li> <li>• <i>Recuperable a mediano plazo 2</i></li> </ul>
<p><b>ACUMULACION(AC)</b> (incremento progresivo)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Simple (sin sinergismo) 1</i></li> <li>• <i>Sinérgico 2</i></li> <li>• <i>Acumulativo 4</i></li> </ul>	<p><b>PROBABILIDAD(PB)</b> (Certidumbre de aparición)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Probable 1</i></li> <li>• <i>Dudoso 2</i></li> <li>• <i>Cierto 4</i></li> </ul>
<p><b>EFEECTO(EF)</b> (Por relación causa-efecto)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Indirecto 1</i></li> <li>• <i>Directo 4</i></li> </ul>	<p><b>PERIODICIDAD(PR)</b> (Regularidad de manifestación)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Irregular y discontinuo 1</i></li> <li>• <i>Periódico 2</i></li> <li>• <i>Continuo 4</i></li> </ul>
<p><b>PERCEPCION SOCIAL(PS)</b> (Grado de percepción del impacto por la población)</p> <p>Mínima (25%) Media (50 %) Alta (75%)</p>	<p><b>IMPORTANCIA</b> (Valor total)</p> <p><math>I = - (3IN+2EX</math> <math>MO+PE+RV+AC+PB+EF+PR+PS)</math></p>

Tabla III.5-1/ Valores de los atributos de impactos para realizar la evaluación ambiental.



Índice de soporte	Tránsito liviano			Tránsito medio			Tránsito pesado		
	9000 lb/rueda, menos de 250 veh comerciales por día, 20% con carga máx.			11,000 lb/rueda, menos de 750 veh com. por día, 20% con carga máx.			14,000 lb/rueda, más de 750 veh com. por día.		
IS	A	B	C	A	B	C	A	B	C
2	61	67	73	68	75	82	76	84	91
3	50	55	60	55	61	66	60	66	71
4	43	47	52	47	52	57	51	56	61
5	38	42	46	42	46	50	46	51	55
6	35	39	42	38	42	46	41	45	49
7	32	35	38	35	39	42	38	42	46
8	30	33	36	32	35	38	35	39	42
9	28	31	24	30	33	36	32	35	38
10	26	29	31	28	31	34	30	33	36
11	25	28	30	27	30	33	29	32	35
12	24	26	39	26	29	31	28	31	34
13	29	25	28	25	28	30	27	30	33
14	22	24	26	24	27	29	26	29	31
15	21	23	25	23	25	28	25	28	30
16	20	22	24	22	24	27	24	26	29
17	19	21	23	21	23	25	23	25	28
18	18	20	22	20	22	24	22	24	26
19	18	20	22	19	21	23	21	23	25
20	17	19	21	18	20	22	20	22	24

Tabla VI.1-1: Diseño de espesores de pavimento flexible para carga máxima por rueda de 5 Tonelada.

**Espesores en Centímetros:**

**Espesores A:** para una intensidad media anual de lluvia hasta 800 mm.

**Espesores B:** para una intensidad media anual de lluvia hasta 800 - 1500 mm.

**Espesores C:** para una intensidad media anual de lluvia mayor de 1500 mm.



<b>ALTURA DEL RELLENO</b>	<b>INCLINACIÓN DEL TALUD: DIST HORIZONTAL x DIST. VERTICAL</b>
Hasta 1.20m	4x1
Hasta 2.00 m	3x1
Hasta 4.00 m	2x1
Más de 4.00 m	1.50x1

Tabla IV.1-2: Inclinaciones típicas para materiales utilizados en rellenos.

<b>Grupo</b>	<b>Sub grupo</b>	<b>Índice grupo</b>	<b>CBR</b>
A-1	A-1-a	0	37-80
	A-1-b	0	20-60
A-2	A-2-4	0	27-80
	A-2-5	0	27-80
	A-2-6	0-4	9-30
	A-2-7	0-4	9-30
A-3		0	10-30
A-4		0-8	3-27
A-5		0-12	2-7
A-6		0-16	2-13
A-7	A-7-5	0-20	2-13
	A-7-6	0-20	2-13

Tabla IV.1-3 Determinación del CBR según tipo de suelo.



Área	C
Pavimentos asfáltico	0.8 – 0.95
Pavimentos de hormigón	0.7 – 0.9
Pavimentos de piedra o ladrillo	0.35 – 0.7
Suelos impermeables con pendientes de 1 – 2%	0.4 – 0.65
Suelos ligeramente impermeables	0.1 – 0.3
Suelos moderadamente permeables	0.05 – 0.2
Terrenos agrícolas ondulados	0.33
Zonas planas no afectadas por inundaciones	0.2
Suelos arenosos, planos	0.05 – 0.1
Suelos arcilloso plano	0.13 – 0.17
Suelos arenoso inclinado	0.15 - 0.2
Suelos arcilloso inclinado	0.25 – 0.35

Tabla IV.2-1: Coeficiente de escorrentía según el Tipo de superficie.

Naturaleza de la superficie		
	Mín.	Máx.
Superficie de cemento limpio	0.01	0.013
Tubería de madera.	0.01	0.013
Tubería de alcantarillado	0.01	0.017
Canales de metal liso	0.011	0.015
Concreto precolado	0.011	0.013
Superficie con mortero – cemento	0.011	0.015
Drenaje de barro común	0.011	0.017
Concreto monolítico	0.012	0.016
Ladrillo con mortero cemento	0.012	0.017
Hierro forjado	0.013	0.017
Acero remachado	0.017	0.020
Canales y surcos, tierra lisa	0.017	0.025
Canales de metal corrugado	0.022	0.03
Canales excavado en tierra, lisos	0.025	0.033
Canales cortados en roca, lisos	0.025	0.035
Canales lechos rugosos y hiervas a los lados	0.025	0.04
Canales cortados en rocas, irregulares	0.035	0.045
Corrientes naturales muy lisas	0.025	0.033
Corrientes naturales muy rugosas	0.045	0.06
Corrientes naturales muy enyerbadas.	0.075	0.15

Tabla IV.2-2: Valores del coeficiente de Manning.



Sección transversal	Área	Perímetro mojado	Radio hidráulico
<b>Triangular</b>	$Y^2$	$2 \ 2Y$	$\frac{1}{4} \ 2Y$
<b>Rectangular</b>	$2 \ Y^2$	$4Y$	$Y/2$
<b>Trapezoidal</b>	$3 \ Y^2$	$2Y \ 3$	$Y/2$
<b>Circular</b>	$Y^2/2$	$Y$	$Y/2$

Tabla IV.2-3: Eficiencia hidráulica en canales

VEL DE PROY KPH	$L_T = m * a * e$			
	$m = 1.5625V + 75$			
	a=2.75	a=3.05	a=3.35	a=3.65
30	34	37	41	44
40	38	42	46	50
50	42	47	51	56
60	46	51	57	62
70	51	56	62	67
80	55	61	67	73
90	59	66	72	79
100	64	71	77	84
110	68	75	83	90

Tabla IV.3-1: Longitud de transición para caminos de dos carriles con e = 10%

**Cuadro No. 4.16 Sobrancho en Curvas de Carreteras de dos Carriles**

Ancho Calzada	7.2 metros							6.6 metros							6.0 metros						
Radio de Curva (m)	Velocidad de diseño (Km/h)							Velocidad de diseño (Km/h)							Velocidad de diseño (Km/h)						
	50	60	70	80	90	100	110	50	60	70	80	90	100	110	50	60	70	80	90	100	110
1500	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6
1000	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6
750	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
500	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
400	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
300	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
250	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2
200	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4
150	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
140	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
130	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
120	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
110	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
100	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
90	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
80	1	1	1	1	1	1	1	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
70	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p. 217.

Tabla IV.3-2: Sobre ancho en curvas de carreteras de dos carriles



### Controles de Diseño de Curvas Verticales en Cresta basados en las Distancias de Visibilidad de Parada y de Adelantamiento

Velocidad de Diseño Km/h	Velocidad de marcha Km/h	Distancia de parada para diseño (m)	Tasa de curvatura vertical K, long (m) por % de G <sup>+</sup>	Distancia mínima de adelantam. para Diseño (m)*	Tasa de curvatura vertical, K, long (m) por % de G <sup>+</sup>
30	30-30	30-30	3-3	217	50
40	40-40	45-45	5-5	285	90
50	47-50	80-85	9-10	345	130
60	55-80	75-85	14-18	407	180
70	67-70	95-110	22-31	482	250
80	70-80	115-140	32-49	541	310
90	77-90	130-170	43-71	605	390
100	85-100	180-205	62-105	670	480
110	91-110	180-245	80-151	728	570

\* Valores redondeados

Tabla IV.3-3: Distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento.

Grado de curvatura	0° – 6°	6° - 15°	15° - 32°
Longitud de cuerda	20m	10m	5m

Tabla VI.3-4: Cuerda máxima a utilizar en el replanteo de Curvas circulares



Tipo	Suelos que lo componen	Potencia del Equipo requerido
I	Suelos sueltos 1.- Arenas 2.- Arcillas blandas 3.- Gravas 4.- Limos 5.- Capa vegetal	36 – 65 HP
II	Suelos compactos o rocas Blandas. 1.- Arcilla compacta 2.- Areniscas blandas 3.- Calizas blandas 4.- Rocas fisuradas	100 – 150 HP
III	Suelos de dureza media. 1.- Calizas duras 2.- Areniscas 3.- Duras 4.- Masas de rocas medianamente alteradas.	150 – 180 HP
IV	Roca dura 1.- Calizas muy compactas 2.- Rocas ígneas blandas 3.- Rocas metamórficas blandas	180 – 350 HP
V	Rocas muy duras 1.- Granitos 2.- Basaltos 3.- Mármoles	350 HP y explosivos

Tabla V.4-1: Clasificación de los suelos en función de su comportamiento ante el equipo de construcción.



Descripción	%	Descripción	%
Agua	30	Adoquines	5
Arena	30	Alambre de amarre	10
Cemento	5	Azulejos	5
Concreto para columnas y muros	4	Bloques	7
Concreto para fundaciones	5	Cerámica	5
Concreto para losas	3	Clavos	30
Concreto para vigas intermedias	5	Formaletas	20
Estribos	2	Gypsum	5
Grava	15	Ladrillo cuarterón	10
Lechada cemento blanco	15	Láminas de zinc	2
Mortero para acabados	7	Piedra cantera	7
Mortero para juntas	30	Plycem	10
Mortero para pisos	10	Varillas corrugadas	3

Tabla V.4-2: Porcentajes de desperdicio de algunos materiales

Proporción	Usar para 1m <sup>3</sup> .			F'c a los 28 días (KG/cm <sup>2</sup> )
	Cemento (BLS)	Arena (M <sup>3</sup> )	Grava (M <sup>3</sup> )	
1:1.5:1.5	12.5	0.527	0.527	288
1:1.5:2	11.3	0.475	0.634	270
1:1.5:2.5	10.2	0.430	0.716	245
1:1.5:3	9.4	0.396	0.792	230
1:2:2	9.8	0.552	0.552	205
1:2:3	8.5	0.478	0.717	185
1:2:4	7.4	0.413	0.827	147

Tabla V.4-3: Proporciones para el concreto



Proporción	Usar para 1m <sup>3</sup>		F'c a los 28 días
	Cemento (BLS)	Arena (M <sup>3</sup> )	
1:3	10.66	1.09	250
1:4	8.5	1.16	220
1:5	7.13	1.20	180
1:6	6.14	1.20	140
1:7	5.33	1.25	120
1:8	4.75	1.25	90

Tabla V.4-4: Proporciones para el mortero

### Moto niveladora Cat 120H

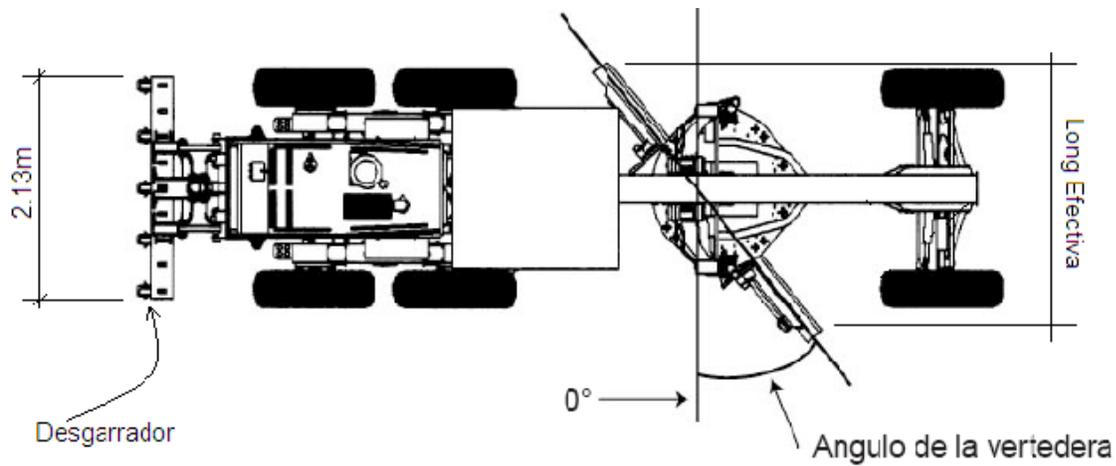


Figura V.2-1.a/ Detalles de la Moto niveladora 120 H.

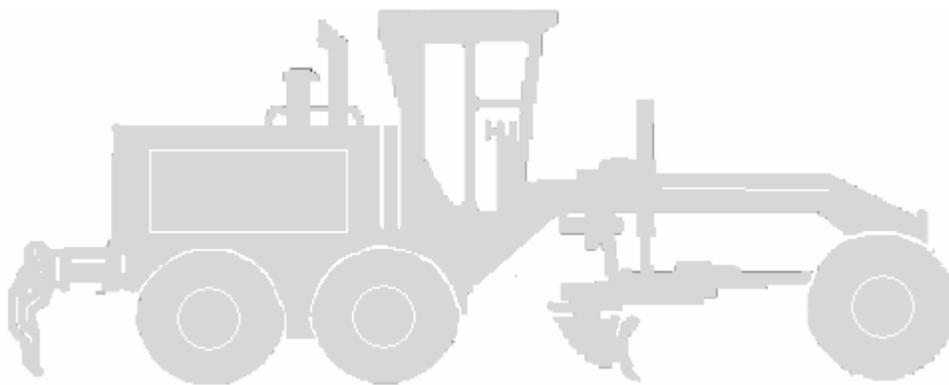


Figura V.2-1.b/ Moto niveladora.



		Longitud efectiva de la hoja*							
		Vertedera							
Angulo°		3,66 m (12')		4,27 m (14')		4,88 m (16')		7,32 m (24')	
		m	pies	m	pies	m	pies	m	pies
0°		3,66	12,00	4,27	14,00	4,88	16,00	7,32	24,00
5°		3,64	11,95	4,25	13,95	4,86	15,94	7,29	23,91
10°		3,60	11,82	4,20	13,79	4,80	15,76	7,21	23,64
15°		3,53	11,59	4,12	13,52	4,71	15,45	7,07	23,18
20°		3,44	11,28	4,01	13,16	4,58	15,04	6,87	22,55
25°		3,32	10,88	3,87	12,69	4,42	14,50	6,63	21,75
30°		3,17	10,39	3,69	12,12	4,22	13,86	6,33	20,78
35°		3,00	9,83	3,50	11,47	4,00	13,11	5,99	19,66
40°		2,80	9,19	3,27	10,72	3,74	12,26	5,61	18,39
45°		2,59	8,49	3,02	9,90	3,45	11,31	5,17	16,97

\*La longitud efectiva de la hoja es la cobertura de la hoja que se puede obtener cuando la hoja está a un ángulo determinado.

Figura V.2-1.c / Longitud efectiva de la hoja de la Moto niveladora.

Tractor D-7R LGP

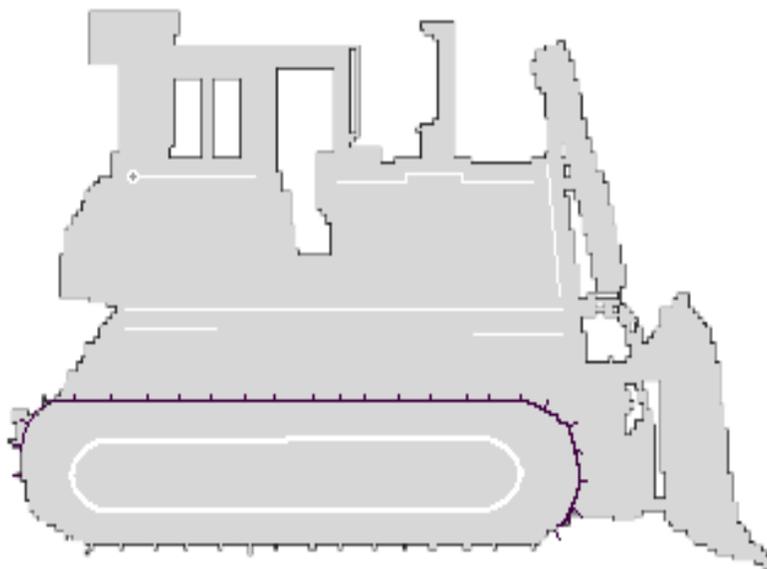


Figura V.2-2.a/ Tractor D-7R LGP.

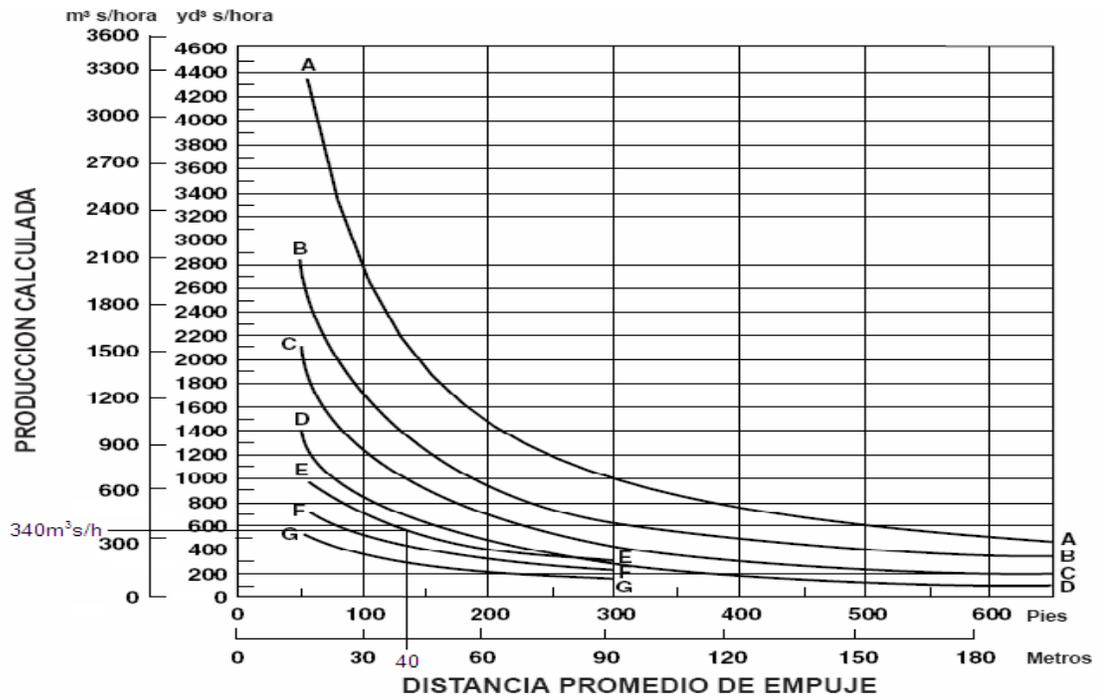
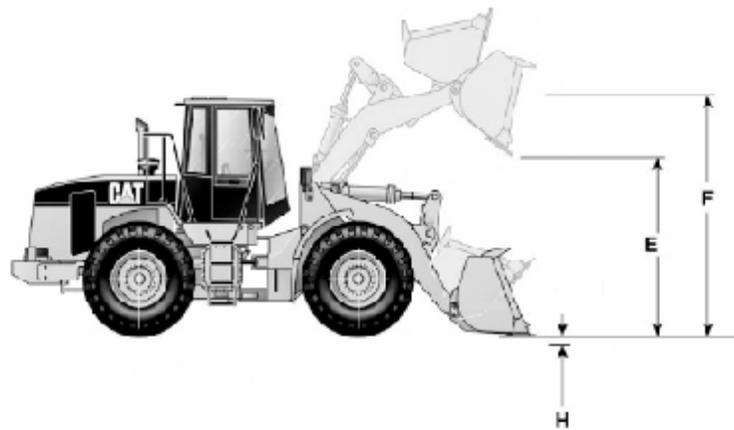


Figura V.2-2.b / Producción vs distancia promedio del tractor D-7R LGP.

### Cargador Frontal de Ruedas Cat 928G



E	Altura de descarga a 45°, a levantamiento máximo	2,84 m	9'4"
F	Altura al pasador del cucharón en levantamiento máximo	3,87 m	12'8"
H	Profundidad máxima de excavación	86 mm	3,4"

Figura V.2-3.a/ Cargador frontal de ruedas 928G.



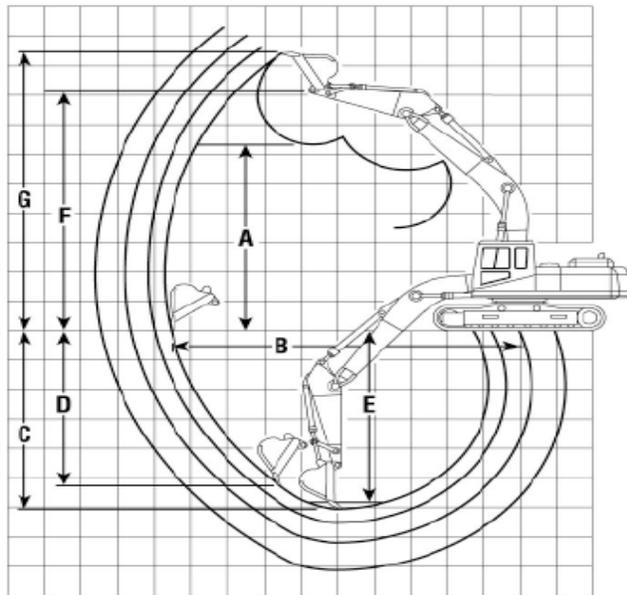
Producción teórica de tractores D7R utilizando hoja semiuniversal (SU)

	<i>Minutos a sumar (+) o a restar (-) del ciclo básico</i>
<i>Máquina</i>	
— Manipulador de materiales.....	-0,05
<i>Materiales</i>	
— Mezclados.....	+0,02
— Hasta 3 mm (1/8 pulg).....	+0,02
— De 3 mm (1/8 pulg) a 20 mm (3/4 pulg).....	-0,02
— De 20 mm (3/4 pulg) a 150 mm (6 pulg).....	0,00
— Más de 150 mm (6 pulg).....	+0,03 y más
— Banco o fracturado.....	+0,04 y más
<i>Pila</i>	
— Apilado por Transportador o Topadora a más de 3 m (10 pies).....	0,00
— Apilado por Transportador o Topadora a menos de 3 m (10 pies).....	+0,01
— Descargado por camión.....	+0,02
<i>Varios</i>	
— Mismo propietario de camiones y cargadores.....	Hasta - 0,04
— Propietario independiente de camiones.....	Hasta + 0,04
— Operación constante.....	Hasta - 0,04
— Operación intermitente.....	Hasta + 0,04
— Punto de carga pequeño.....	Hasta + 0,04
— Punto de carga frágil.....	Hasta + 0,05
Utilizando las condiciones reales del trabajo y los factores indicados, se puede estimar el tiempo de ciclo total.	

Figura V.2-3.b/ Producción teórica del Cargador frontal de ruedas 928G.



## Excavadora de Cadena 318B L



### Pluma de una pieza Límites de excavación

- Zapatas y tren de rodaje estándar

#### CLAVE:

- A** Altura máxima de carga del cucharón con dientes.
- B** Alcance máximo a nivel del suelo.
- C** Profundidad máxima de excavación.
- D** Excavación vertical máxima.
- E** Profundidad máxima de excavación con fondo plano de 2,44 m (8'0").
- F** Altura máxima del pasador de articulación del cucharón.
- G** Altura máxima a los dientes del cucharón en la cima del arco.

#### Fabricadas en Japón

Brazo	1,8 m
<b>A</b>	5,88
<b>B</b>	8,21
<b>C</b>	5,47
<b>D</b>	3,45
<b>E</b>	5,46
<b>F</b>	7,30
<b>G</b>	8,53

Figura V.2-4.a/ Excavadora en cadena.

### CARGA UTIL DEL CUCHARON

Material	Factor de llenado (Porcentaje de la capacidad colmada del cucharón)
Marga mojada o arcilla arenosa	A — 100-110%
Arena y grava	B — 95-110%
Arcilla dura y compacta	C — 80-90%
Roca bien fragmentada por voladura	60-75%
Roca mal fragmentada por voladura	40-50%

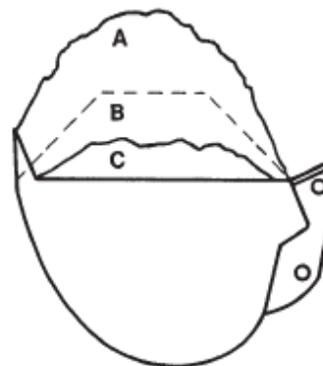


Figura V.2-4.b/ Carga útil de la Excavadora en cadena.



Producción teórica de la excavadora de cadena

**Metros cúbicos por hora de 60 minutos**

Tiempos de Ciclo Calculados		CARGA UTIL CALCULADA DEL CUCHARON — METROS CUBICOS SUELTOS																			Tiempos de Ciclo Calculados		
Tiempo en		0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	4,0	Ciclos por min.	Ciclos por seg.	
Seg.	Min.																						
10,0	0,17																					6,0	360
11,0	0,18																					5,5	330
12,0	0,20	60	90	150	210	270																5,0	300
13,3	0,22	54	81	135	189	243	297	351	405	459	513	567	621	675	729	783	837	891	945	1080	4,5	270	
15,0	0,25	48	72	120	168	216	264	312	360	408	456	504	552	600	648	696	744	792	840	960	4,0	240	
17,1	0,29	42	63	105	147	189	231	273	315	357	399	441	483	525	567	609	651	693	735	840	3,5	210	
20,0	0,33	36	54	90	126	162	198	234	270	306	342	378	414	450	486	522	558	544	630	720	3,0	180	
24,0	0,40	30	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	375	405	435	465	495	525	600	2,5	150	
30,0	0,50	24	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324	348	372	396	420	480	2,0	120	
35,0	0,58	20	31	51	71	92	112	133	153	173	194	214	235	255	275	296	316	337	357	408	1,7	102	
40,0	0,67					81	99	177	135	153	171	189	207	225	243	261	279	297	315	360	1,5	90	
45,0	0,75									133	148	164	179	195	211	226	242	257	273	312	1,3	78	
50,0	0,83																				1,2	72	

Figura V.2-4.c/ Producción teórica de la excavadora en cadena.



**Compactador vibratorio Cat CS 533D**

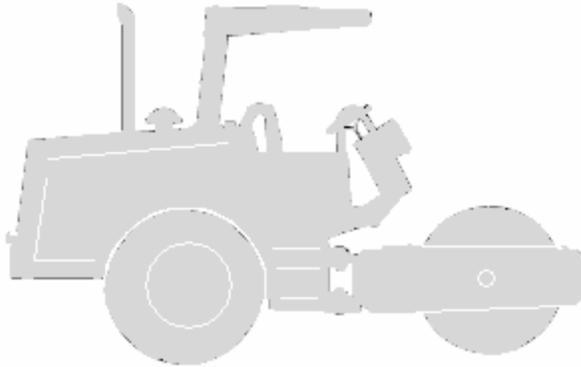


Figura V.2-5.a/ Compactador vibratorio.

Las tablas en esta sección indican los cálculos de producción suponiendo las siguientes condiciones:

Velocidad nominal de desplazamiento de la máquina: 6,4 km/h (4,0 mph)  
 Ancho de superposición de compactación: 15,2 cm (6,0 pulgadas)

Modelo	Ancho del tambor		Espesor de la capa		Pasadas necesarias	Cálculos de producción			
	cm	pulg	cm	pulg			Zanja de 3,7 m (12 pies)	Base de carretera 9,15 m (30 pies)	Areas abiertas
CS-323C	127	50	10,2	4	6	m³/hr yds³/hr	80 104	111 145	122 159
CS-431C, CS-433C	167,6	66	10,2	4	4	m³/hr yds³/hr	159 209	249 326	249 326
CS-531D, CS-533D	213,4	84	15,2	6	6	m³/hr yds³/hr	239 313	299 391	324 424
CS-563D									
CS-583D	213,4	84	15,2	6	4	m³/hr yds³/hr	— —	448 587	486 636
CP-323C	127	50	15,2	6	6	m³/hr yds³/hr	120 156	133 174	183 239
CP-433C	167,6	66	15,2	6	6	m³/hr yds³/hr	159 209	199 261	249 326
CP-533D, CP-563D	213,4	84	30,5	12	6	m³/hr yds³/hr	478 626	478 626	647 847

Figura V.2-5.b/ cálculos de producción del compactador vibratorio.



FOTOS DE ENSAYES Y SONDEOS MANUALES



Extracción de muestras en el campo (método: sondeo manual/ cada 150 metros de distancia, 1.2 m de profundidad, 15 cm de diámetro)



Selección y rotulación de muestras en el laboratorio de suelo, para su posterior análisis granulométrico.



Ensayo de gravedad especifica de los suelos (basada en las normas ASTM D-558; AASHTO T 93-86)



Ensayo de compactación a grupos de muestras (basada en las normas ASTM D 1557-91; AASHTO T 180-90)



Ensaye de CBR, compactación del material para su posterior saturación (basada en las normas ASTM D 1883-73; AASHTO T 193-63)



Ensaye de análisis granulométrico para determinar el tamaño de las partículas (basada en las normas ASTM D-422; AASHTO T 27-88)



FOTOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO



Desagüe en la estación 0+870 del tramo (lado derecho)



Desagüe en la estacion 0 + 1500 (lado izquierdo, al final del tramo)