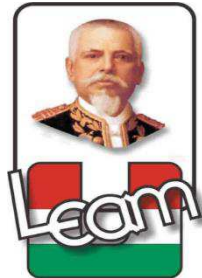


**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ**



**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

*TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERO CIVIL*

**TEMA:**

ANÁLISIS COMPARATIVO PARA EL DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA VIAL Y DRENAJE PLUVIAL PARA LA CALLE TARQUI, UBICADA EN LA CIUDAD DE PORTOVIEJO ENTRE LAS CALLES MEDARDO CEVALLOS Y 22 DE NOVIEMBRE; ENTRE PAVIMENTO RÍGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE

**AUTORES:**

CAROFILIS VÁSQUEZ ANDRÉS DEMETRIO  
CEVALLOS SANTANDER JAVIER MANUEL

**DIRECTOR DE TESIS:**

ING. RICARDO BARCIA VEINTIMILLA

**MANTA – MANABÍ – ECUADOR**

**2014**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo de investigación, fue realizado en su totalidad por los Egresados de la Escuela de Ingeniería Civil, el Sr. ANDRÉS DEMETRIO CAROFILIS VÁSQUEZ y el Sr. JAVIER MANUEL CEVALLOS SANTANDER como requerimiento parcial a la obtención del título de Ingeniero Civil.

Manta, Octubre del 2014

---

ING. RICARDO BARCIA VEINTIMILLA

## **AGRADECIMIENTO**

De manera muy especial agradecemos a Dios permitirnos vivir con salud y amor en nuestras vidas, a nuestras familias, compañeros y amigos por su presencia y compañía.

A la Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí”, por dejarnos la huella del progreso logrando un título profesional.

A la Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil por permitirnos obtener los conocimientos para poder ser profesionales de calidad e inculcarnos el deseo de superación.

Al Decano, Al Director de la Escuela de Ingeniería Civil y cada uno de los catedráticos que supieron ser ejemplo de superación, despertando en nosotros la alegría por la expresión y el conocimiento creativo reflejado en el éxito alcanzado.

A nuestro Director de tesis Ing. Ricardo Barcia y al Ing. Armando Flor, por el apoyo, guía y orientación en el desarrollo de nuestra tesis.

CEVALLOS SANTANDER JAVIER  
CAROFILIS VÁSQUEZ ANDRÉS

## **DEDICATORIA**

De forma muy especial dedico este trabajo a Dios, por ser el motor y el guía en mi vida.

A mi madre Victoria Carofilis, por dedicarse siempre a cuidarme y darme lo mejor.

A mi tía Anita Carofilis, por estar siempre a mi lado siendo una mamá más para mí.

A mi abuelos maternos Demetrio y Olga, por su amor y cariño.

A mi enamorada Ruth Bravo, por su comprensión, amor y paciencia que me brinda día a día.

A ellos les dedico este logro, ya que sin su apoyo jamás lo hubiese logrado.

CAROFILIS VÁSQUEZ ANDRÉS DEMETRIO

## **DEDICATORIA**

A Dios por cuidarme y bendecirme en cada momento y darme la sabiduría para poder culminar mis estudios, en esta gran carrera universitaria.

A mis padres Abg. Yury Cevallos y Mercedes Santander por haberme apoyado en todos los aspectos tanto psicológico, emocional, moral y económicamente a parte de su amor incondicional que día a día me ayudaron a desarrollarme como persona y a concluir con mi carrera.

A mi abuela Aura Cevallos que al igual que mis padres siempre estuvo pendiente de mis estudios dándome su apoyo y amor.

A mi amada esposa Dayanna Mera y a mi hija Danna Cevallos, por darme su amor día a día.

A mis hermanos Gabriel y Gema, tío Isauro, tía Blanca, tía Victoria.

A mis compañeros y amigos de la facultad, que directa e indirectamente aportaron mucho para este logro.

CEVALLOS SANTANDER JAVIER MANUEL

## **RESPONSABILIDAD AUTORES**

La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis correspondes exclusivamente al autor, y el patrimonio intelectual de la tesis de grado corresponderá a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

---

ANDRÉS DEMETRIO CAROFILIS V.

---

JAVIER MANUEL CEVALLOS S.

## RESUMEN

Para analizar y comparar el diseño de una estructura vial y drenaje pluvial de la calle Tarqui, ubicada en la ciudad de Portoviejo entre las calles Medardo Cevallos y 22 de Noviembre entre Pavimento Rígido y Pavimento Flexible; se realizó el ensayo de CBR determinándose que el suelo de la vía no cumple con los requisitos de subrasante establecidos por el MTOP<sup>1</sup>, porque es muy plástico y el CBR es menor al 5%, utilizando una mezcla mejorada del suelo de subrasante (suelo-cemento). El diseño de pavimento rígido y pavimento flexible se lo realizó mediante el método de diseño propuesto por La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte por sus siglas en inglés AASHTO, adoptándose el AASHTO 93. Los espesores del pavimento rígido; subrasante (suelo-cemento) e=16", subbase e= 6" y losa de hormigón e=6.5", los espesores del pavimento flexible; subrasante (suelo-cemento) e=16", base e= 6" y carpeta asfáltica e= 4.5". La calle tiene una longitud de 724.59 metros, una curva circular simple y una curva vertical. El estudio del drenaje pluvial refleja que en la vía en tiempos de lluvia drena gran caudal de aguas lluvias y queda empozada debido a que las cuadras aledañas están en cotas superiores y los extremos de la vía también ya que desde la abscisa 0+322.79 a la 0+472.79 queda la curva vertical cóncava.

Se eligió el pavimento rígido, por la construcción del Hospital de Especialidades, por tanto habrá un incremento importante de tráfico, necesitando mayor capacidad de soporte y durabilidad del pavimento.

---

<sup>1</sup> MTOP: Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
DEDICATORIA .....	v
RESPONSABILIDAD AUTORES.....	vi
RESUMEN.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
MARCO TEÓRICO .....	3
1.1. Pavimentos .....	3
1.1.1. Generalidades .....	3
1.1.2. Pavimento rígido.....	3
1.1.3. Pavimento flexible.....	4
1.1.4. Capas de un pavimento .....	5
1.1.4.1. Capa de rodadura .....	5
1.1.4.2. Base.....	6
1.1.4.3. Subbase .....	6
1.1.4.4. Subrasante.....	7
1.1.4.5. Subrasante mejorada .....	7
1.2. Factores de diseño de pavimento rígido.....	7
1.2.1. Período de diseño.....	8
1.2.2. Tránsito.....	9
1.2.3. Determinación del volumen del tráfico .....	9
1.2.3.1. Métodos de conteo.....	9
1.2.3.2. Composición del tráfico .....	10
1.2.3.3. Factor de crecimiento.....	11
1.2.3.4. Tráfico promedio diario anual (TPDA) .....	11



1.2.3.5. Distribución direccional del tráfico .....	11
1.2.3.6. Distribución por carril del tráfico .....	12
1.2.3.7. Factor de equivalencia de carga (FEC) .....	12
1.2.3.8. Determinación del número equivalente de ejes de cargas de 8.2 toneladas .....	14
1.2.4. Propiedades del concreto .....	14
1.2.4.1. Módulo de rotura del concreto ( $S'c$ ) .....	15
1.2.4.2. Módulo de elasticidad del concreto ( $E_c$ ) .....	15
1.2.5. Propiedades del terreno de apoyo .....	16
1.2.5.1. Módulo de reacción "K" de la subrasante .....	16
1.2.5.2. Módulo resiliente o módulo de elasticidad (MR) .....	20
1.2.6. Características estructurales.....	21
1.2.6.1. Coeficiente de transmisión de carga (J).....	21
1.2.6.2. Perdida de soporte ( $L_s$ ) .....	22
1.2.6.3. Coeficiente de drenaje ( $C_d$ ).....	23
1.2.7. Confiabilidad (R) .....	24
1.2.7.1. Desviación estándar ( $Z_r$ ) .....	25
1.2.8. Serviabilidad.....	25
1.2.8.1. Índice de serviabilidad inicial ( $P_o$ ) .....	25
1.2.8.2. Índice de serviabilidad final ( $P_t$ ) .....	26
1.2.9. Juntas y refuerzo .....	26
1.2.9.1. Juntas transversales.....	26
1.2.9.2. Juntas longitudinales .....	27
1.2.10. Características estructurales para el diseño de Pavimento Flexible .....	28
1.2.10.1. Número estructural (SN).....	28
1.2.10.2. Espesores de las capas .....	29
1.3. Estudio preliminar de campo .....	31
1.3.1. Planimetría.....	31
1.3.2. Altimetría .....	31
1.4. Diseño geométrico de carreteras.....	32
1.4.1. Sección transversal.....	32
1.4.1.1. Elementos de la sección transversal .....	32

1.4.2. Alineamiento horizontal.....	35
1.4.3. Alineamiento vertical.....	36
1.5. Estudio de suelos.....	37
1.5.1. Análisis granulométrico.....	37
1.5.2. Límites de consistencia.....	38
1.5.2.1. Límite líquido.....	38
1.5.2.2. Límite plástico.....	39
1.5.2.3. Índice plástico.....	39
1.5.3. Determinación del contenido de humedad.....	39
1.5.4. Ensayo de compactación (Proctor Modificado).....	39
1.5.5. Ensayo de C.B.R. ....	40
1.6. Drenaje pluvial.....	40
1.6.1. Normas de diseño.....	41
1.6.1.1. Velocidades mínimas y máximas.....	41
1.6.1.2. Profundidad de la tubería.....	42
1.6.1.3. Sumideros.....	42
1.6.1.4. Pozos de revisión.....	43
1.6.2. Diseño hidráulico.....	44
1.6.2.1. Intensidad de precipitación.....	44
1.6.2.2. Coeficiente de escorrentía.....	44
1.6.2.3. Áreas de drenaje.....	44
1.6.2.4. Tiempo de concentración.....	45
1.7. Impacto ambiental.....	45
1.7.1. Impactos producidos por la elaboración del proyecto.....	45
CAPÍTULO II.....	47
ESTUDIO DE CAMPO.....	47
2.1. Resumen de conteo y clasificación vehicular (método ASSHTO).....	47
2.2. Diseño estructural del pavimento rígido.....	48
2.2.1. Características del tránsito.....	48
2.2.2. Parámetros para el diseño estructural.....	48
2.2.3. Coeficientes.....	48
2.2.4. Módulos.....	48

2.2.5. Número de ejes equivalentes calculados .....	51
2.2.6. Determinación del espesor de la losa (D) .....	54
2.2.7. Espesores finales de diseño según el método AASHTO 93.....	55
2.2.8. Cálculo de juntas .....	55
2.3. Diseño estructural del pavimento flexible .....	57
2.3.1. Características del tránsito.....	57
2.3.2. Parámetros para el diseño estructural.....	57
2.3.3. Módulos .....	57
2.3.4. Coeficientes .....	58
2.3.5. Número de ejes equivalentes calculados .....	60
2.3.6. Determinación del número estructural (SN) .....	63
2.3.7. Espesores finales de diseño según el Método AASHTO 93.....	65
2.4. Diseño de curva horizontal y curva vertical.....	65
2.5. Diseño hidráulico.....	71
CAPÍTULO III.....	75
EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	75
3.1. Datos de la subrasante.....	75
3.1.1. Datos de la subrasante (suelo-cemento).....	76
3.2. Sección típica para Pavimento Rígido .....	78
3.3. Sección típica para Pavimento Flexible .....	79
3.4. Presupuesto del Pavimento Rígido .....	80
3.5. Presupuesto del Pavimento Flexible.....	81
3.6. Presupuesto del Alcantarillado Pluvial.....	82
CONCLUSIONES .....	83
RECOMENDACIONES.....	85
BIBLIOGRAFÍA.....	86
ANEXOS .....	88
ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	88
JUSTIFICACIÓN .....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.1.** Cálculo del Módulo de reacción de la subrasante, considerando fundación rígida a una profundidad semi-infinita.
- Figura 1.2.** Cálculo del Módulo de reacción de la subrasante, considerando fundación rígida cerca de la superficie.
- Figura 1.3.** Corrección del Módulo de reacción de la subrasante, considerando la pérdida de apoyo en la subbase.
- Figura 1.4.** Ábaco para calcular el módulo resiliente del material de base.
- Figura 1.5.** Capas de la estructura del pavimento
- Figura 1.6.** Sección típica de una vía.
- Figura 1.7.** Elementos de una curva horizontal simple.
- Figura 1.8.** Elementos de una curva vertical.
- Figura 1.9.** Áreas de aportación.
- Figura 2.1.** Especificaciones para la junta transversal.
- Figura 2.2.** Especificaciones para la junta longitudinal.
- Figura 2.3.** Cálculo del MR de la capa de base.
- Figura 2.4.** Representación gráfica de los coeficientes de la estructura.
- Figura 2.5.** Vista en planta de la curva circular simple del proyecto.
- Figura 2.6.** Transición del bombeo al peralte.
- Figura 2.7.** Transición del peralte al bombeo
- Figura 2.8.** Sobre ancho estipulado.
- Figura 2.9.** Elementos de la curva vertical del proyecto.
- Figura 3.1.** Espesores de las capas del pavimento rígido.
- Figura 3.2.** Espesores de las capas del pavimento flexible.

## ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1.1.** Períodos de diseño para el tipo de vía a utilizar.
- Tabla 1.2.** Factor por distribución de carril.
- Tabla 1.3.** Coeficiente de transferencia de cargas.
- Tabla 1.4.** Factor de pérdida de soporte en base al módulo de elasticidad del material.
- Tabla 1.5.** Calidad de drenaje.
- Tabla 1.6.** Coeficiente de drenaje.
- Tabla 1.7.** Confiabilidad en base al tipo de camino.
- Tabla 1.8.** Desviación estándar normal, valores que corresponden a los niveles seleccionados de confiabilidad.
- Tabla 1.9.** Detalles de pasa juntas.
- Tabla 1.10.** Coeficiente de rugosidad de Manning.
- Tabla 2.1.** Resumen de conteo vehicular.
- Tabla 2.2.** Cálculo de ESAL's de diseño para pavimento rígido.
- Tabla 2.3.** Cálculo de ESAL's de diseño para pavimento flexible.
- Tabla 2.4.** Datos de la curva vertical calculada.
- Tabla 3.1.** Tabla de porcentajes de agregados.
- Tabla 3.2.** Tabla de porcentajes de agregados.
- Tabla 3.3.** Clasificación de la subrasante.
- Tabla 3.4.** Presupuesto de la estructura vial para pavimento rígido.
- Tabla 3.5.** Presupuesto de la estructura vial para pavimento flexible.
- Tabla 3.6.** Presupuesto del alcantarillado pluvial.
- Tabla 4.1.** Resultados hidráulicos de la red pluvial.

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo No.-1.** Anteproyecto de tesis.

**Anexo No.-2.** Conteo vehicular.

**Anexo No.-3.** Ensayos de suelo.

**Anexo No.-4.** Nomogramas y ábacos para cálculos de diseño de pavimento rígido y pavimento flexible.

**Anexo No.-5.** Hojas de Cálculos del Diseño Hidráulico

**Anexo No.-6.** Análisis de precios unitarios.

**Anexo No.-7.** Planos topográficos, Perfiles, Áreas portantes, Detalles de obras de arte.

**Anexo No.-8.** Fotografías.

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial las vías de comunicación son una necesidad ya que con ellas se posibilita el traslado de todo tipo de mercancías, pertenencias, materia prima, productos elaborados, y el traslado de personas a través de los medios de transporte con el fin de generar desarrollo económico en cada país; para que esto se dé, la infraestructura de las vías deberán ser óptimas al igual que un buen drenaje para la preservación de las vías.

En el Ecuador las vías de comunicación terrestre y en particular las carreteras, constituyen un factor básico para posibilitar la competitividad.

Su calidad requiere de un diseño y mantenimiento adecuado, como cualquier otro activo económico, ya que el pavimento tiende a degradarse por el uso y por el clima, aunque su falla no es catastrófica.

El pavimento es la superficie de rodamiento para los diferentes tipos de vehículos, formada por el agrupamiento de capas de distintos materiales destinados a distribuir y transmitir las cargas aplicadas por el tránsito al cuerpo del terraplén.

Existen dos tipos de pavimentos los flexibles (de asfaltos) y los rígidos (de concreto hidráulico), la diferencia entre estos tipos de pavimentos es la resistencia que presentan a la flexión y su costo de construcción.

En general, están constituidos por una capa de mezcla asfáltica o concreto hidráulico construida sobre una capa de base y/o una capa de subbase las que usualmente son de material granular, estas capas descansan en una capa de suelo compactado, llamada subrasante.

La calle Tarqui ubicada en la ciudad de Portoviejo entre las calles Medardo Cevallos y 22 de Noviembre, necesita ser pavimentada y dotada de un alcantarillado pluvial, ya que es muy transitada por vehículos livianos y pesados porque se ha convertido en la vía alterna para descongestionar el tránsito que se genera en la Avenida 15 de Abril; este tránsito se ha

incrementado y seguirá en aumento por la Construcción del Hospital de Especialidades de Portoviejo; para lo cual haremos un análisis comparativo para elegir entre un pavimento flexible o un pavimento rígido, incluyendo en cada pavimento el diseño del alcantarillado pluvial.



# **CAPÍTULO I**

## **MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Pavimentos**

#### **1.1.1. Generalidades**

Se define como pavimento en Ingeniería vial a la capa o grupo de capas de materiales seleccionados que soportan de forma directa las cargas sometidas debido al tránsito, transmitiéndolas a las capas subyacentes y repartiéndolas disipadamente, proporcionando también la superficie de rodamiento, la misma que debe funcionar de manera eficiente brindando confort y seguridad (Hun, 2003). Según con las filosofías de esfuerzos y los datos de campo que se obtienen, los materiales y agregados con los cuales se diseña y elaboran los pavimentos deberán de proporcionar condiciones idóneas para soportar las cargas probables a las que serán sometidos. Por consiguiente, los estratos ubicados a mayor profundidad podrán ser construidos con materiales de menor calidad en relación al nivel de esfuerzos que soportaran, siempre y cuando cumplan los requisitos mínimos y especificaciones establecidos en las normas de diseño. Esto permite que los terraplenes se construyan con economía al utilizar los materiales procedentes de los cortes. La calidad y los espesores de las capas que conforman el pavimento deben estar íntimamente relacionados con los materiales de las capas inferiores; es decir, tanto los esfuerzos debido al tránsito como la calidad de la obra básica influyen en la estructuración del pavimento.

#### **1.1.2. Pavimento rígido**

En este tipo de pavimentos la superficie de rodamiento es proporcionada por losas de concreto hidráulico, las cuales distribuyen las cargas del tránsito hacia las capas inferiores por medio de toda el área de la losa que recibe

directamente las cargas. Este tipo de pavimento no puede adaptarse a las deformaciones de las capas inferiores porque se presentaría daños en su estructura, aunque en teoría las losas de concreto pueden cimentarse en forma directa sobre la obra básica o capa de subrasante pero esto depende de la calidad de la misma y de las propiedades que posea, por lo general nuestra subrasante siempre tendrá carencias y será necesaria mejorarla construyendo una capa de subbase para elevar la capacidad de soporte y prevenir que el material fino sea bombeado hacia la capa de rodamiento al ser sometido a cargas de tránsito, lo cual puede provocar agrietamientos o fallas en las esquinas o en las orillas de la losa.

### **1.1.3. Pavimento flexible**

La estructura de un pavimento flexible puede planificarse para que resista sin romperse o deformarse en forma perjudicial, cualquier intensidad de tránsito y cualquier carga por eje de los vehículos que se le aplique.

Cuando una carga se aplica, mediante una superficie de contacto, a la superficie del pavimento flexible, se desarrollan dos resistencias fundamentales, una de corte perimetral que es en función de la longitud del perímetro del área de apoyo de la carga, y la otra es la resistencia interna a compresión que es en función del área afectada por la carga (Torres, 2007). La idoneidad de los pavimentos flexibles para transferir las cargas en forma más eficaz por medio de elevados valores de resistencia al corte, obedecerá de la densidad del pavimento y de la fricción interna entre las partículas del mismo, por lo tanto una cuidadosa compactación de la estructura, una granulometría adecuada de los materiales y un buen drenaje de las aguas son los entes esenciales en un pavimento asfáltico bien proyectado y bien construido.

## **1.1.4. Capas de un pavimento**

### **1.1.4.1. Capa de rodadura**

En general, están constituidos por una capa de mezcla asfáltica o concreto hidráulico construida sobre una capa de base y/o una capa de subbase las que usualmente son de material granular, estas capas descansan en una capa de suelo compactado, llamada subrasante. La capa superficial de cemento portland: denominada losa es la parte superior de un pavimento rígido, cuyas funciones son:

- Dotar un valor de soporte alto, para que sea capaz de resistir adecuadamente las cargas concentradas que proceden de los neumáticos pesados, trabajando a flexión, y lo reparta bien al material existente debajo.
- Estructura exterior poco deslizante, incluso cuando se encuentre húmeda, exceptuando que esté recubierta con lodo, aceite u otro material escurridizo.
- Preservar de los efectos destructivos del tránsito la superficie sobre la cual fue construido el pavimento.
- Impermeabilizar la superficie.
- Gran resistencia al desgaste.

La carpeta asfáltica: es la parte superior de un pavimento flexible, es una capa de material pétreo cementado con asfalto que se coloca sobre la base y cuyas funciones son:

- Conceder una superficie de rodamiento que faculte un tránsito fácil y cómodo para los vehículos.
- Imposibilitar la penetración de agua hacia las capas inferiores.
- Tolerar la acción destructora del paso de los vehículos y de los agentes externos del clima.

#### **1.1.4.2. Base**

Capa o capas de espesor definido de materiales sujetos a determinadas especificaciones que se colocan sobre la subbase para soportar las cargas de superficie o rodadura (Hun, 2003). Estas bases pueden ser de materiales granulares tales como piedra o grava triturada, de arena y grava, de mezcla o estabilizaciones mecánicas de suelos o agregados, suelo-cemento e inclusive de productos bituminosos y agregados pétreos. Sus funciones son las siguientes:

- Evitar el bombeo.
- Dotar de una superficie uniforme para la colocación de la capa de rodadura.
- Incrementar la capacidad de soporte de la estructura vial.
- Previenen los cambios de volumen (hinchamiento y encogimiento), en suelos que presenten estas características.

#### **1.1.4.3. Subbase**

En un pavimento la subbase es la capa que se construye directamente sobre la terracería o subrasante y está conformada por un material de mejor calidad que la subrasante. La subbase tiene como función:

- Reducir el costo del pavimento disminuyendo los espesores de las otras capas.
- Proteger a la base aislándola de la terracería.
- En carreteras la subbase construida frecuentemente es un revestimiento provisional, el cual facilita el tráfico vehicular antes de que se coloque la base o la carpeta de rodadura.
- Dotar de una superficie uniforme y estable para la colocación de la base o la carpeta de rodadura.
- Aumentar el módulo de reacción K de la subrasante.

#### **1.1.4.4. Subrasante**

Es la superficie sobre la que se apoya el pavimento. Su capacidad de soporte, es decir, su resistencia a la deformación bajo la acción de las cargas, es uno de los factores que influyen decididamente en el comportamiento estructural de los pavimentos, junto con el tráfico, las características de los materiales empleados en la construcción y las condiciones ambientales o clima.

#### **1.1.4.5. Subrasante mejorada**

Su capacidad de soporte, es decir, su resistencia a la deformación bajo la acción de las cargas, es incrementada bajo el efecto de aditivos químicos para nuestro caso se utilizó cemento portland. Y para reducir su plasticidad se procedió a la utilización de un porcentaje de arena.

### **1.2. Factores de diseño de pavimento rígido**

En todo diseño de pavimentos rígidos los factores esenciales son los siguientes:

- Período de diseño.
- Tránsito vehicular.
- Propiedades del concreto.
- Propiedades del terreno de apoyo.
- Características estructurales.
- Confiabilidad.
- Serviciabilidad.

Cuando se analiza un pavimento se establece siempre las condiciones más desfavorables para el diseño del mismo.

La fórmula de diseño utilizada por la AASHTO para determinar el espesor de la losa es la siguiente:

$$\text{Log}_{10}W_{82} = Z_r S_o + 7.35 \text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10} \left( \frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \text{Log}_{10} \left( \frac{M_r C_{dx} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left( 0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}} \right)} \right)$$

[Ec. 1.1]

Donde:

$W_{82}$  = Número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas previstos.

$Z_r$  = Desviación normal estándar.

$S_o$  = Error estándar.

$D$  = Espesor asumido de la losa, en milímetros.

$\Delta \text{PSI}$  = Diferencia entre los índices de serviciabilidad.

$P_t$  = Índice de serviciabilidad final.

$M_r$  o  $S'c$  = Módulo de rotura del concreto.

$C_d$  = Coeficiente de drenaje.

$J$  = Coeficiente de transferencia de cargas.

$E_c$  = Módulo de elasticidad del concreto.

$K$  = Módulo de reacción  $k$  de la subrasante.

### 1.2.1. Período de diseño

Es el tiempo escogido al empezar el diseño, y con este se definen las características del pavimento, analizando su comportamiento para las diferentes opciones a largo plazo, con el propósito de cumplir con los parámetros de servicio en todo el período de diseño escogido, a un costo prudente. Los períodos de diseño recomendados por la AASHTO se los puede visualizar en la tabla 1.1:

<b>Tipo de Carretera</b>	<b>Período de Diseño (Años)</b>
Urbana de tránsito elevado	30 - 50
Interurbana de tránsito elevado	20 - 50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15 - 25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10 - 20

**Tabla 1.1.** Períodos de diseño para el tipo de vía a utilizar.

**Fuente:** AASHTO, 1993.

### **1.2.2. Tránsito**

Probablemente este sea el indicador más importante a tomar en cuenta en el diseño de pavimentos, el factor tránsito debe analizar tanto la configuración de los vehículos o la geometría de las cargas, como la intensidad y repartición de cargas.

Al proyectar una carretera, la selección del tipo de camino, las intersecciones, los accesos y los servicios dependen fundamentalmente de la demanda, es decir del volumen de tráfico que circulará en un intervalo de tiempo dado, de su variación, de su tasa de crecimiento y de su composición. Un error en la determinación de estos datos ocasionará que la carretera funcione durante el período de previsión o diseño bien con columnas de tráfico muy inferiores a aquellas para la que se proyectó o bien que se presenten problemas de congestionamiento.

### **1.2.3. Determinación del volumen del tráfico**

#### **1.2.3.1. Métodos de conteo**

La determinación del vehículo de tráfico se realiza por medio de contadores instalados en estaciones ubicadas convenientemente. Los hay de tipos automáticos para sistemas continuos que establecen los volúmenes de tráfico en años, en meses o en semanas determinadas con lo cual se puede calcular un promedio diario. Los de tipo manual son para conteos cortos destinados a efectuar medidas rápidas del tráfico.

Los métodos de conteo rápido que son realizados en forma manual se fundamentan en una matemática estadística. Se establecen una serie de estaciones con mayor o menor frecuencia en la toma de datos a lo largo de una red de carretera con los datos obtenidos se extrapola los resultados para obtener una idea aproximada del volumen de tráfico. Se pueden contar los vehículos por hora para obtener el tráfico por hora y repetir la operación en días y horas determinadas.

Para una aproximación mayor puede estimarse el conteo en una semana completa de un mes cualquiera y repetirse en otros meses.

### **1.2.3.2. Composición del tráfico**

La diferencia en tamaño y peso de los vehículos hacen que estos posean distintas funciones de operación. Los camiones a más de ser pesados son siempre más lentos y ocupan una mayor ubicación en la vía, por tanto representan mayor carga que los automóviles. Dos clases de vehículos se distinguen por su influencia en la operación del tráfico de acuerdo con su peso y tamaño:

- Vehículos livianos o de pasajeros, tales como automóviles, taxis, jeep, pick up y otros que tengan características similares.
- Vehículos pesados o comerciales, tales como buses, camiones, y remolques provistos con doble y triple llantas en la parte trasera.

Para fines de diseño se debe conocer el número de vehículos pesados que pasan por una misma estación de conteo y expresado en porcentajes del volumen horario que se adopte en el proyecto de la vía.

Los factores del peso y frecuencia en la circulación de vehículos pesados sirven de base para diseñar el espesor del pavimento requerido en una carretera.



### 1.2.3.3. Factor de crecimiento

En el proyecto de nuevas vías o mejoramiento de las existentes su diseño no debe basarse en los volúmenes actuales del tráfico sino en la proyección del tráfico futuro. Como período de diseño se usa generalmente 20 años, lapso adecuado para considerarlo como vida útil de una vía (Carciente, 1985).

$$G. Y = \frac{(1+r)^Y - 1}{r} \quad [\text{Ec. 1.2}]$$

Dónde:

$r$  = Índice de crecimiento.

$Y$  = Período de diseño.

### 1.2.3.4. Tráfico promedio diario anual (TPDA)

Es la cantidad de vehículos que pasan por un punto o estación determinada de una carretera durante las 24 horas del día, ya sea en un sentido o en ambos sentidos. Para tener una mejor estadística se deberán realizar conteos automáticos o manuales durante varios meses del año y diferentes días, con lo cual se obtendrán varios valores del tráfico los cuales se promedian para conocer con mayor exactitud la verdadera composición del tráfico (TPDA).

### 1.2.3.5. Distribución direccional del tráfico

En las vías de dos carriles el volumen horario es el tráfico total en ambas direcciones. Para el diseño es importante el conocimiento del tráfico en cada una de las direcciones lo cual puede lograrse especificando el sentido de los conteos, estableciendo por lo general como factor de distribución direccional del tráfico 0.5 del total del tráfico vehicular censado.

### 1.2.3.6. Distribución por carril del tráfico

En la tabla 1.2 se muestran los valores recomendados por la AASTHO como factor de distribución por carril, dependiendo del número de carril y de cuál sea el más cargado:

Número de carriles por dirección	LD
1	1.00
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

**Tabla 1.2.** Factor por distribución de carril.  
Fuente: AASTHO, 1993.

### 1.2.3.7. Factor de equivalencia de carga (FEC)

El factor de equivalencia de carga es un valor numérico que expone el resultado de la pérdida de serviciabilidad que origina la carga de un eje estándar de 8.2 toneladas y la carga actuante de otro tipo de eje. Dichos valores fueron productos de estudios experimentales de la “AASHO ROAD TEST”, establecido de esta manera mediante las siguientes expresiones:

$$FEC = \frac{W_{t18}}{W_{tx}} \quad [\text{Ec. 1.3}]$$

El cálculo del factor de equivalencia de carga (FEC), va a estar en función del número estructural (SN) de la capa de rodadura para pavimento flexible y del espesor de la losa para el pavimento rígido, al igual que de su nivel de serviciabilidad, por este motivo el cálculo de ESAL's para cada pavimento va a ser diferente y van a tener diferentes FECs.

Para pavimento rígido:

$$\text{LOG}\left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}}\right) = 4.62\text{LOG}(18 + 1) - 4.62\text{LOG}(L_x + L_2) + 3.28\text{LOG}(L_2) + \frac{G_t}{B_x} - \frac{G_t}{B_{18}} \quad [\text{Ec. 1.4}]$$

$$G_t = \text{LOG}\left(\frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5}\right) \quad [\text{Ec. 1.5}]$$

$$B_x = 1 + \frac{3.63 (L_x + L_2)^{5.2}}{(D+1)^{8.46} L_2^{3.52}} \quad [\text{Ec. 1.6}]$$

$$B_x = 1 + \frac{3.63 (18+1)^{5.2}}{(D+1)^{8.46}} \quad [\text{Ec. 1.7}]$$

Donde:

$W_{t18}$  = Número de aplicaciones de carga definida al final del tiempo t.

$W_{tx}$  = Número de aplicaciones de carga equivalente al final del tiempo t.

D = Espesor de la losa asumida.

$P_t$  = Serviciabilidad final.

$L_x$  = Carga en Kips<sup>2</sup> sobre un eje simple, tándem o tridem.

$L_2$  = Código de eje (eje simple=1, eje tándem=2, eje tridem=3).

Para pavimento flexible:

$$\text{LOG}\left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}}\right) = 4.79\text{LOG}(18 + 1) - 4.79\text{LOG}(L_x + L_2) + 4.33\text{LOG}(L_2) + \frac{G_t}{B_x} - \frac{G_t}{B_{18}} \quad [\text{Ec. 1.8}]$$

$$B_{18} = 0.4 + \frac{0.08 (18+1)^{3.23}}{(SN+1)^{5.19}} \quad [\text{Ec. 1.9}]$$

$$B_x = 0.4 + \frac{0.08 (L_x + L_2)^{3.23}}{(SN+1)^{5.19} L_2^{3.23}} \quad [\text{Ec. 1.10}]$$

Donde:

SN = Número estructural asumido.

---

<sup>2</sup> Kips: Kilopondio-fuerza

### 1.2.3.8. Determinación del número equivalente de ejes de cargas de 8.2 toneladas

Cabe acotar que una de las condiciones principales del método AASHTO para la transformación de las cargas de ejes de todo tipo de vehículos a cargas por ejes sencillos equivalentes de 8.2 toneladas de peso, denominados *ESAL's* por sus siglas en inglés.

Los pesos en ejes de automóviles y camiones pesados se transforman a ejes sencillos equivalentes normalizados (*ESAL's*), de esta manera se homogenizan o normalizan todos los ejes de una distribución de tránsito particular (Salazar, 1998). La AASTHO para determinar el número total de ejes equivalentes establece la siguiente expresión:

$$ESAL's = TPDA \times G.Y \times F_d \times L_D \times 365 \times FEC \quad [Ec. 1.11]$$

Donde:

TPDA = Tráfico promedio diario anual.

G.Y = Factor de crecimiento.

F<sub>d</sub> = Factor de distribución direccional del tráfico.

L<sub>D</sub> = Factor de distribución por carril del tráfico.

FEC = Factor de equivalencia de carga.

### 1.2.4. Propiedades del concreto

Son dos las propiedades del concreto que intervienen en el diseño y en el comportamiento del pavimento rígido a lo largo de su vida útil.

- Módulo de Rotura del concreto (*S'c*).
- Módulo de elasticidad del concreto (*Ec*).

#### 1.2.4.1. Módulo de rotura del concreto ( $S'c$ )

Este factor sirve para establecer la resistencia a la tracción del concreto por flexión, que será aplicable en el diseño para los criterios de fatiga (controlar los agrietamientos sufridos a causa de las cargas repetitivas de camiones o vehículos pesados) y erosión (determinar el desgaste del terreno de soporte, bombeo y disparidad de elevación de juntas).

El módulo de rotura establecido según la norma de diseño ASTM C-78 es el valor medio determinado pasado los 28 días utilizando el ensayo de carga en los tercios, que es comúnmente usado para el diseño de carreteras y calles.

El módulo de rotura también se puede determinar en base a la resistencia a compresión del concreto estimando el valor a partir de la siguiente correlación:

$$S'c = k(f'c)^{0.5} \quad [\text{Ec. 1.12}]$$

Donde:

$f'c$  = Resistencia a compresión del concreto en  $\text{psi}^3$ .

$K$  = Valor comprendido  $7 < k < 12$ .

#### 1.2.4.2. Módulo de elasticidad del concreto ( $E_c$ )

Es un factor que establece la rigidez y la capacidad de repartir cargas de una losa de pavimento rígido, está relacionado con su módulo de rotura y se determina mediante la norma de diseño ASTM C469, en su defecto el Instituto de Concreto Americano (ACI), por sus siglas en inglés, para concreto de peso normal sugirió la siguiente correlación en base a la resistencia a compresión del concreto:

$$E_c = 57000 (f'c)^{0.5} \quad [\text{Ec. 1.13}]$$

---

<sup>3</sup> Psi: Libras por pulgada cuadrada.

Donde:  $E_c$  y  $f'_c$  se establecen en psi.

### **1.2.5. Propiedades del terreno de apoyo**

#### **1.2.5.1. Módulo de reacción “K” de la subrasante**

El Módulo de reacción “k” de la superficie en que se apoya el pavimento de concreto, es el valor de la capacidad de soporte del suelo, la cual depende del Módulo de Resiliencia de la subrasante y la subbase, así como el Módulo de elasticidad de la subbase (Coronado, 2002).

Este factor nos indica el asentamiento producto de un esfuerzo de compresión que sufre la subrasante. Numéricamente, es igual a la carga en libras por pulgada cuadrada en un área cargada, dividida entre la deflexión, en pulgadas, para dicha carga.

A continuación se presentan los nomogramas de la AASTHO para el cálculo del módulo de reacción compuesto de la subrasante y su corrección por la pérdida de apoyo, dependiendo del tipo de material utilizado como capa de fundación.

El valor de “k” está determinado en libras por pulgada cúbica (PCI).

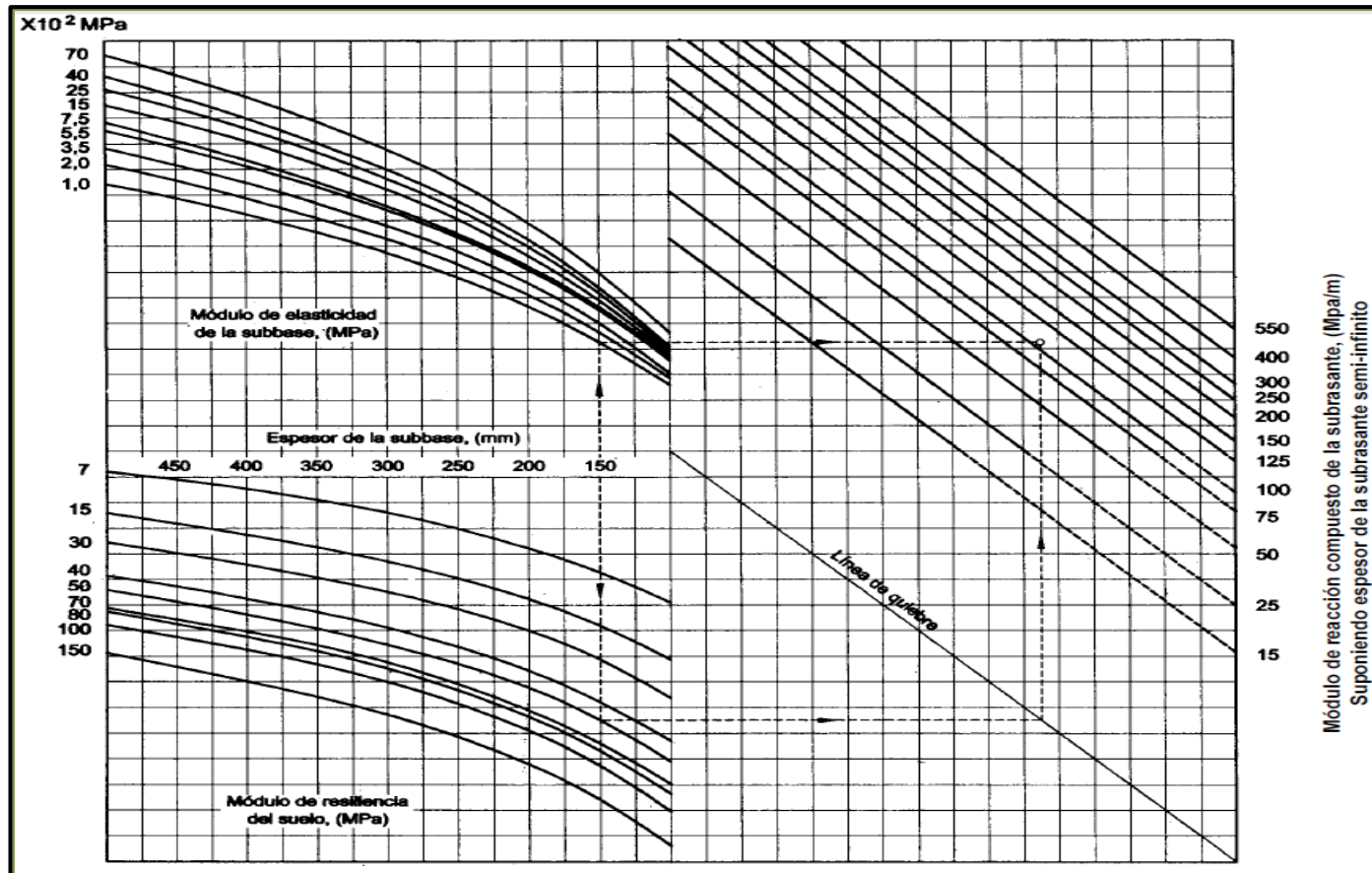
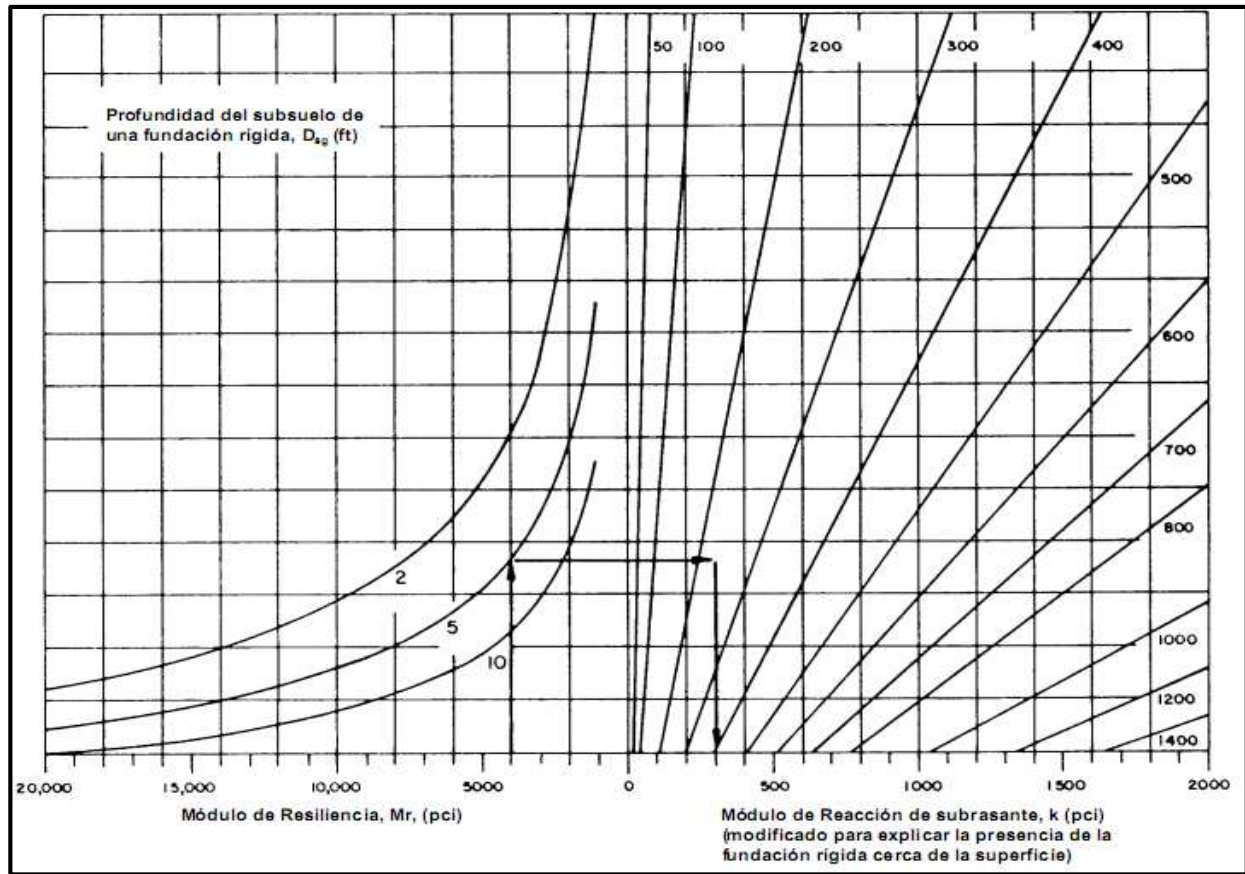
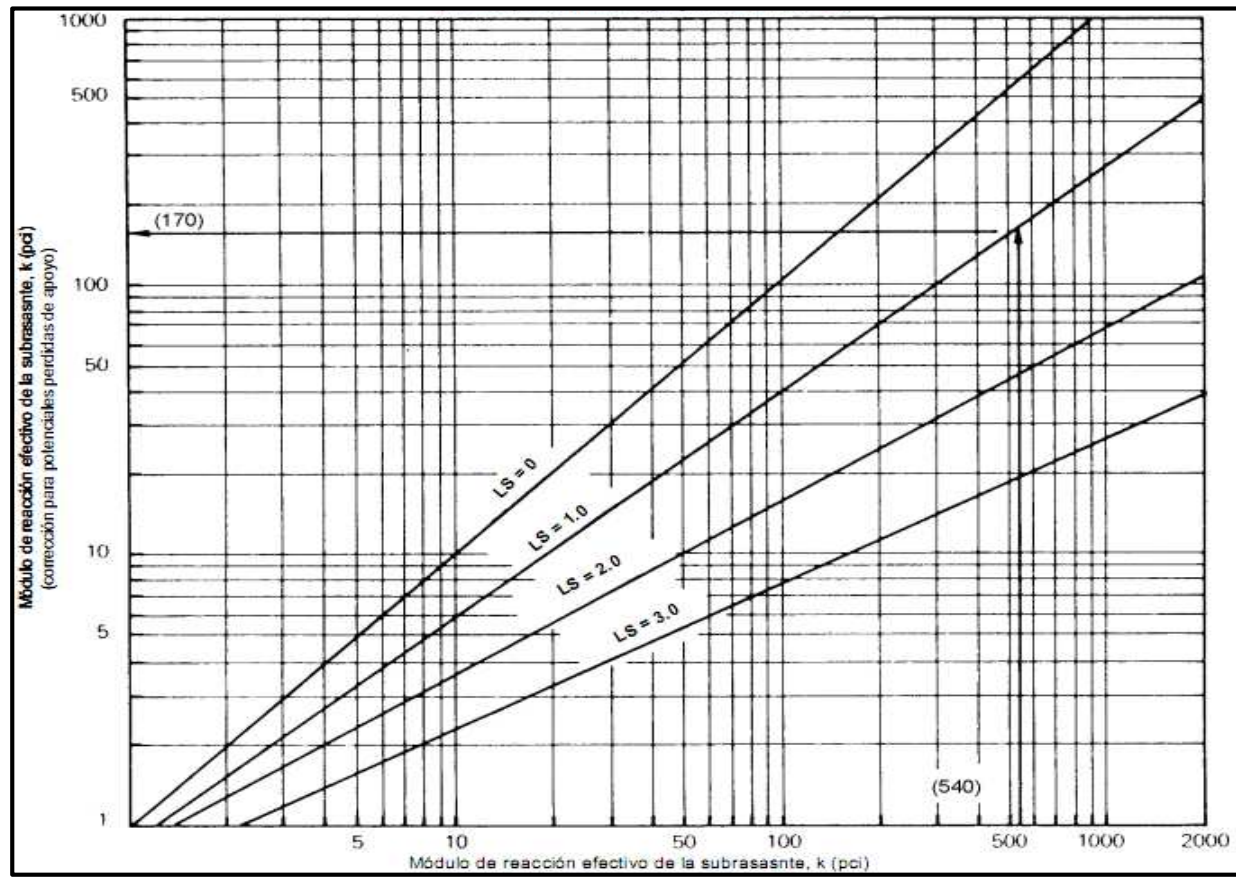


Figura 1.1. Cálculo del Módulo de reacción de la subrasante, considerando fundación rígida a una profundidad semi-infinita.  
Fuente: AASHTO, 1993.



**Figura 1.2.** Cálculo del Módulo de reacción de la subrasante, considerando fundación rígida cerca de la superficie.  
**Fuente:** AASHTO, 1993.





**Figura 1.3.** Corrección del Módulo de reacción de la subrasante, considerando la pérdida de apoyo en la subbase.  
**Fuente:** AASHTO, 1993.

### 1.2.5.2. Módulo resiliente o módulo de elasticidad (MR)

Por lo general para el diseño de pavimentos utilizamos el método AASHTO, en donde se establece el concepto de módulo resiliente (MR) para describir la capacidad de soporte de la subrasante, materiales de base, subbase y su determinación se realiza según lo indicado en el procedimiento AASTHO-T294.

Cuando no exista la forma tecnológica de determinar directamente el módulo resiliente (MR), su valor se puede representar mediante correlaciones aceptadas por organismos internacionales como nacionales.

Estas correlaciones están basadas en la determinación del CBR y se detallan a continuación y podrán ser usadas tanto como para la capa de subrasante como la capa de subbase:

Si  $CBR < 10 \%$ , entonces:

$$MR = 1500 (CBR) \quad [Ec. 1.14]$$

Si  $10 < CBR < 20 \%$ , entonces:

$$MR = 3000 (CBR)^{0.65} \quad [Ec. 1.15]$$

Si  $CBR > 20 \%$ , entonces:

$$MR = 4326 \ln (CBR) + 241 \quad [Ec. 1.16]$$

Para determinar el módulo de elasticidad de la capa de base usaremos un ábaco que se muestra en la figura 1.4., proporcionado por la AASTHO, en donde se prolonga una línea perpendicular a la línea vertical en donde están ubicados los valores de C.B.R.

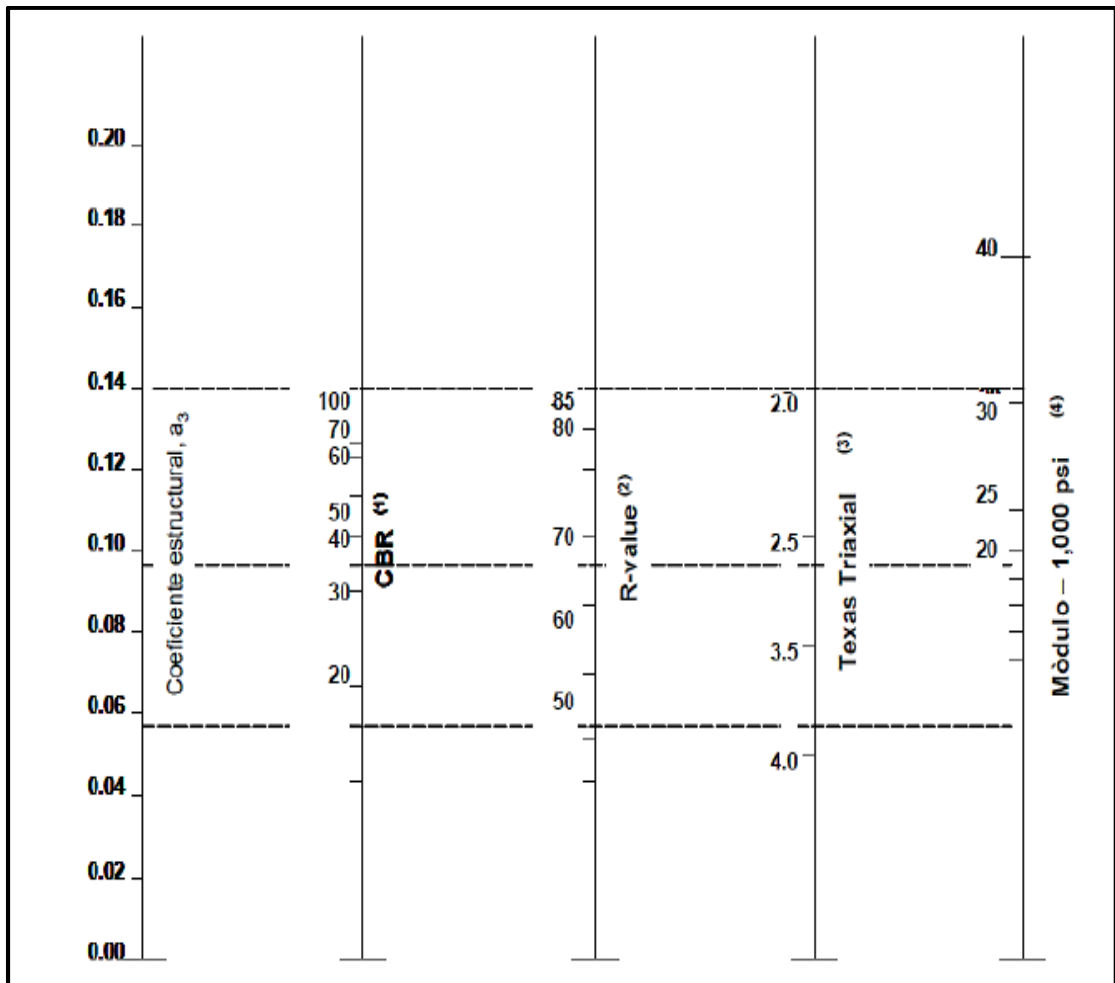


Figura 1.4. Ábaco para calcular el módulo resiliente del material de base.

Fuente: AASHTO, 1993.

## 1.2.6. Características estructurales

### 1.2.6.1. Coeficiente de transmisión de carga (J)

Este factor involucra la capacidad de las losas de concreto para distribuir las cargas a través de las discontinuidades ya sean estas juntas o grietas, mientras mejor sea la distribución de cargas, mejor se comportaran las losas de concreto. El valor del mismo depende de diversos factores tales como:

- Tipo de pavimento a emplear.
- El uso o no de dispositivos de transferencia de cargas (barras pasa juntas).

- Tipo del soporte lateral de las losas.
- Tipos de acotamiento.

A continuación en la tabla 1.3 se muestran los valores del coeficiente de transferencia de cargas en base a los parámetros de la AASHTO:

Millones de ejes equivalentes	Con pasajuntas y reforzada con malla		Junta sin pasajuntas (fricción entre agregados)		Con refuerzo continuo		Tipo de pavimento
	No	Si	No	Si	No	Si	
Hasta 0.3	3.2	2.7	3.2	2.8	-	-	Calles y caminos vecinales
0.3 - 1	3.2	2.7	3.4	3.0	-	-	
1 a 3	3.2	2.7	3.6	3.1	-	-	
3 a 10	3.2	2.7	3.8	3.2	2.9	2.5	Caminos principales y autopistas
10 a 30	3.2	2.7	4.1	3.4	3.0	2.6	
Más de 30	3.2	2.7	4.3	3.6	3.1	2.6	

**Tabla 1.3.** Coeficiente de transferencia de cargas.

**Fuente:** AASHTO, 1993.

### 1.2.6.2. Perdida de soporte (Ls)

Este factor sirve para establecer la falta de soporte a causa de la erosión de la subbase y/o cambios diferenciales verticales del suelo, además se debe considerar este factor en movimientos verticales de suelo a causa de vacíos que quedan bajo el pavimento reduciendo así la vida útil del mismo (Monsalve, 2012).

En la tabla 1.4 se presentan valores sugeridos por la AASTHO:

TIPO DE MATERIAL	PERDIDA DE SOPORTE
Base granular tratada con cemento (E = 1,000,000 a 2,000,000 psi)	0.0 - 1.0
Mezclas de agregados con cemento (E = 500,000 a 1,000,000 psi)	0.0 - 1.0
Bases tratadas con asfalto (E = 350,000 a 1,000,000 psi)	0.0 - 1.0
Mezclas bituminosas estabilizadas (E = 40,000 a 300,000 psi)	0.0 - 1.0
Estabilizados con cal (E = 20,000 a 70,000 psi)	1.0 - 3.0
Materiales granulares sin ligante (E = 15,000 a 45,000 psi)	1.0 - 3.0
Materiales granulares finos o subrasante natural (E = 3,000 a 40,000 psi)	2.0 - 3.0

**Tabla 1.4.** Factor de pérdida de soporte en base al módulo de elasticidad del material.  
**Fuente:** AASHTO, 1993.

### 1.2.6.3. Coeficiente de drenaje (Cd)

Este factor considera la capacidad con la que cuenta el pavimento y las capas que lo conforman para drenar el agua en base al tiempo en que un pavimento está sometido a niveles de humedad próximos a la saturación. A continuación la AASTHO recomienda los siguientes valores para diseño en las tablas 1.5 y 1.6:

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	el agua no evacua

**Tabla 1.5.** Calidad de drenaje.  
**Fuente:** AASHTO, 1993.

CALIDAD DEL DRENAJE	PORCENTAJE DEL TIEMPO EN QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTA A NIVELES DE HUMEDAD PRÓXIMOS A LA SATURACIÓN			
	Menos de 1%	1 % - 5 %	5 % - 25 %	más del 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Mediano	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Malo	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

**Tabla 1.6.** Coeficiente de drenaje.  
Fuente: AASHTO, 1993.

### 1.2.7. Confiabilidad (R)

La confiabilidad es uno de los factores con mayor importancia al momento del dimensionamiento de los pavimentos, ya que de este depende la probabilidad de que nuestra estructura de pavimento se comporte adecuadamente durante toda su vida útil siendo capaz de soportar las solicitudes de cargas impuestas por el tráfico. A continuación en la tabla 1.7 se muestran los valores de confiabilidad establecidos por la AASTHO:

Tipo de camino	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 99
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

**Tabla 1.7.** Confiabilidad en base al tipo de camino.  
Fuente: AASHTO, 1993.

### 1.2.7.1. Desviación estándar (Zr)

La desviación estándar (Zr) o error estándar (So) no es nada más que un factor de seguridad que va asociada con la confiabilidad, que involucra la variabilidad en el diseño. A continuación (tabla 1.8) los valores asociados de la desviación estándar:

CONFIABILIDAD R (%)	(Zr)	(So)
50	0.000	0.35
60	-0.253	0.35
70	-0.524	0.34
75	-0.647	0.34
80	-0.841	0.32
85	-1.037	0.32

**Tabla 1.8.** Desviación estándar normal, valores que corresponden a los niveles seleccionados de confiabilidad.

**Fuente:** AASHTO, 1993.

### 1.2.8. Serviciabilidad

La serviciabilidad se usa para establecer de manera subjetiva el comportamiento del pavimento, la misma que va de la mano con la calidad de transitabilidad y la seguridad que ofrece al usuario al momento de conducir.

El diseño de pavimento según su serviciabilidad, se mide en una escala de valores del 0 a 5.

#### 1.2.8.1. Índice de serviciabilidad inicial (Po)

Es el estado inmediato del pavimento después de su construcción, la AASTHO sugirió valores iniciales dependiendo el tipo de pavimento a elegir, para rígido un valor de 4.5 y para flexible de 4.2.

### **1.2.8.2. Índice de serviciabilidad final (Pt)**

Es el valor dado al pavimento cuando finaliza su vida útil o este ya no es capaz de brindar las condiciones necesarias de seguridad y confort al usuario. Los valores recomendados de serviciabilidad final son: para autopistas y carreteras muy importantes de 2.5 a 3 y para carreteras de tránsito menor o pavimentos urbanos de 2 a 2.25. Se define como la pérdida de serviciabilidad la diferencia entre ambos índices:

$$\Delta\text{PSI} = P_o - P_t \quad [\text{Ec. 1.17}]$$

### **1.2.9. Juntas y refuerzo**

El pavimento rígido estará diseñado con juntas transversales y juntas longitudinales, las mismas que pueden ser de contracción, construcción y expansión, donde se incluye una armadura discontinua en las juntas, formando un plano de debilidad con el propósito de controlar de mejor manera las fisuras por retracción debido al fraguado y cambios importantes de temperatura y humedad, que las condiciones climáticas de la zona pueden ocasionar.

#### **1.2.9.1. Juntas transversales**

Son construidas de forma perpendicular a los filos de los paños y al eje longitudinal del pavimento, pueden o no llevar barras de transferencia de cargas (barras pasa juntas) esto depende de la cantidad de tráfico de diseño establecido, para vías de tránsito menor se pueden obviar dichos dispositivos, aun así la Portland Cement Association (P.C.A.) recomienda en la tabla 1.9 en base a su experiencia los siguientes diámetros y longitudes de pasa juntas:



Espesor de losa, cm	Diámetro de pasajunta, Pulgadas	Longitud de pasajunta, cm
12.5	5/8	30
15	3/4	36
18	7/8	36
20	1	36
23	1 1/8	40
25	1 1/4	46
28	1 3/8	46
31	1 1/2	51

Nota: la separación horizontal c/c es de 30 cm

**Tabla 1.9.** Detalles de pasa juntas.

Fuente: PCA, 1984.

### 1.2.9.2. Juntas longitudinales

Son diseñadas con el fin de prevenir el agrietamiento por el alabeo, la misma que será marcada con una hendidura que separe los carriles y dé alojamiento apropiado al sello de junta, se usa generalmente anclajes de acero corrugado con un  $f_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$ , para mantener las caras entre las juntas.

Para las juntas longitudinales la Portland Cement Association (P.C.A.), recomienda el diámetro mínimo de varilla corrugada de 12 milímetros y su espaciamento no será mayor a 1.20 metros. A continuación se detallan las fórmulas para su diseño:

#### Acero longitudinal requerido:

$$A_s = \gamma_c \times L' \times f_a / 2f_s \quad [\text{Ec. 1.18}]$$

Donde:

$\gamma_c$  = Peso volumétrico del concreto en  $\text{Kg/cm}^3$  multiplicado por el espesor de la losa.

$L'$  = Ancho del carril.

$f_a$  = Coeficiente de fricción.

$f_s$  = Esfuerzo permisible en el acero (0.67  $f_y$ ).

**Longitud de la barra de anclaje:**

$$t = (2 \times A_1 \times f_s / \mu \times \sum_o) + 8.0 \quad [\text{Ec. 1.19}]$$

Donde:

$A_1$  = Área de la varilla.

$f_s$  = Esfuerzo permisible en el acero (0.67  $f_y$ ).

$\mu$  = Esfuerzo de adherencia.

$\sum_o$  = Perímetro de la varilla.

Se recomienda sumar 8 cm, para corregir errores constructivos al momento de colocar las varillas.

**1.2.10. Características estructurales para el diseño de Pavimento Flexible**

**1.2.10.1. Número estructural (SN)**

El número estructural (SN), se define como un número adimensional que expresa la resistencia requerida de la estructura de pavimento para una combinación dada de condiciones de subrasante, cargas de ejes totales y pérdida de serviciabilidad (Corredor, 2002).

A continuación la fórmula AASTHO para la determinación del número estructural requerido para el diseño de pavimento flexible:

$$\log W_{18} = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log M_R - 8.07$$

[Ec.1.20]

Donde:

$\Delta PSI$  = Diferencia entre los índices de serviciabilidad.

SN = Número Estructural.

W18 = Número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas previstos.

Zr = Desviación normal estándar.

So = Error estándar.

MR = Módulo resiliente de la subrasante (psi).

### 1.2.10.2. Espesores de las capas

La ecuación general para el cálculo de espesores de las capas (figura 1.5.) de un pavimento flexible tiene relación con el número estructural (SN) y es la siguiente:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \quad [\text{Ec. 1.21}]$$

Donde:

$a_1$ ,  $a_2$  y  $a_3$  = Coeficientes estructurales de capa representativos de carpeta, base y subbase.

$D_1$ ,  $D_2$  y  $D_3$  = Espesor de la carpeta, base y subbase.

$m_2$  y  $m_3$  = Coeficientes de drenaje para base y subbase.

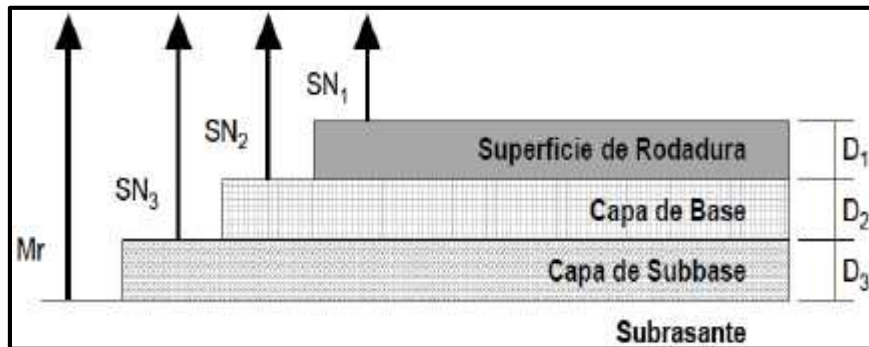


Figura 1.5. Capas de la estructura del pavimento.  
Fuente: AASHTO, 1993.

Para determinar los coeficientes estructurales para cada una de las capas que conforman el pavimento podemos utilizar las siguientes correlaciones basadas en función del módulo resiliente o de elasticidad ( $E_{CA}$ ,  $E_B$ ,  $E_{SB}$ ) de la capa de concreto asfáltico, base y subbase respectivamente sugeridas por Ullidtz, (1987).

- Concreto asfáltico:

$$a_1 = 0.4 \times \log \frac{E_{CA}}{435 \text{ ksi}} + 0.44 \quad 0.20 \leq a_1 \leq 0.44 \quad [\text{Ec. 1.22}]$$

- Base granular:

$$a_2 = 0.25 \times \log \frac{E_B}{23 \text{ ksi}} + 0.11 \quad 0.06 \leq a_2 \leq 0.20 \quad [\text{Ec. 1.23}]$$

- Subbase granular:

$$a_3 = 0.23 \times \log \frac{E_{SB}}{23 \text{ ksi}} + 0.15 \quad 0.06 \leq a_3 \leq 0.20 \quad [\text{Ec. 1.24}]$$

El método AASTHO recomienda encontrar los números estructurales requeridos para proteger cada capa no tratada, sustituyendo el módulo de resiliencia de la capa superior por el módulo de resiliencia de la capa subyacente:

$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad [\text{Ec. 1.25}]$$

$$SN^*_1 = a_1 \times D_1 \geq SN_1 \quad [\text{Ec. 1.26}]$$

$$D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2 \times m_2} \quad [\text{Ec. 1.27}]$$

$$SN^*_2 = D_2 \times a_2 \times m_2 + SN^*_1 \quad [\text{Ec. 1.28}]$$

$$D^*_3 \geq \frac{(SN_3 - SN^*_2)}{a_3 \times m_3} \quad [\text{Ec. 1.29}]$$

Donde:

a, D, m, y SN = Valores mínimos requeridos.

D\* y SN\* = Valores finales de diseño.

### 1.3. Estudio preliminar de campo

#### 1.3.1. Planimetría

La planimetría establece la proyección del terreno sobre un plano horizontal, los criterios usados en topografía son estrictamente geométricos y trigonométricos. Se determinan líneas y ángulos para determinar figuras geométricas, el terreno se considera como un polígono y se busca calcular su área (Torres & Villate, 1968).

#### 1.3.2. Altimetría

La altimetría establece los cambios de cotas o niveles que existen en puntos de un terreno o construcción. Para poder conocer estas diferencias de nivel se debe medir distancias verticales directa o indirectamente, esto se denomina nivelación. Las distancias verticales que se miden a partir de una superficie de nivel o plano de referencia arbitrario, que debe ser normal a la dirección de la plomada, se denomina cotas.

La superficie de nivel que se toma como referencia, ya sea esta real o imaginaria se denomina BM.

- BM.- Este es un punto de carácter más o menos permanente, del cual se sabe su ubicación y su cota, la misma que ha sido previamente determinada por una nivelación de precisión o adoptada arbitrariamente sirve de base para efectuar la nivelación.

#### 1.4. Diseño geométrico de carreteras

Es una técnica en la cual se establece el diseño que más se adapte a las condiciones del terreno y que cumplan con los parámetros necesarios para el confort y seguridad del vehículo. Estos parámetros a su vez dependerán del estudio de viabilidad que se realice y se elegirá el trazado que menos gastos implique dentro de su construcción.

##### 1.4.1. Sección transversal

La sección transversal de una vía o carretera en un punto cualquiera es un corte vertical normal al alineamiento horizontal que permite determinar la conformación y dimensiones de los elementos que la integran y su relación con respecto al terreno natural.

##### 1.4.1.1. Elementos de la sección transversal

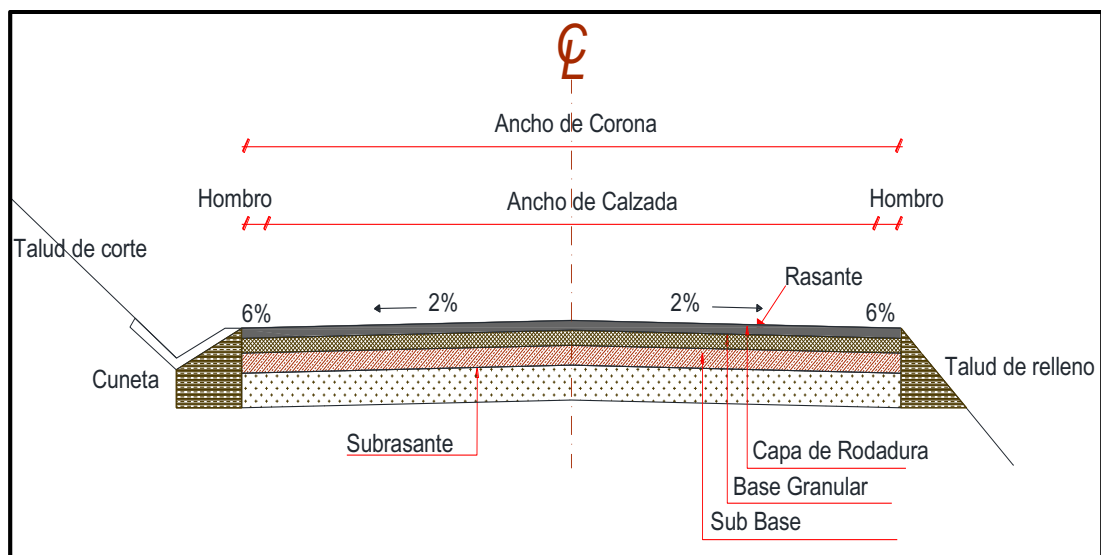


Figura 1.6. Sección típica de una vía.

Fuente: Autores.

**Ancho de corona:** Es la superficie del camino terminando que queda comprendida entre los hombros del camino, es decir, las aristas superiores de los taludes de relleno por las aristas de la cuneta.

**Ancho de calzada:** Este elemento es parte del ancho de corona y es por donde transitan los vehículos.

**Rasante:** La rasante es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje del camino. Este elemento es fundamental para el diseño ya que este determina el nivel final de la vía.

**Hombro:** El hombro que se establece para dar ventajas tales como la conservación del pavimento, protección contra humedad y posibles erosiones en la calzada, dando seguridad al vehículo al contar con un espacio adicional fuera del ancho de la calzada.

**Cuneta:** Son obras constituidas para el drenaje de las aguas construidas paralelamente al eje de la vía.

**Pendiente transversal:** Es la pendiente que se le da a la corona en forma normal en su eje longitudinal. Según su relación con los elementos del alineamiento horizontal se presentan 3 casos de pendiente transversal:

- Bombeo.
- Transición del bombeo al peralte.
- Sobre elevación o peralte.

**Bombeo:** El bombeo es la pendiente transversal que se le da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante. Se lo realiza para evitar el escurrimiento superficial del agua.

**Sobre elevación o peralte:** La sobre elevación o peralte es la pendiente transversal que se le da a la corona para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga que se produce en un vehículo, al transitar en las curvas del

alineamiento horizontal. Para su cálculo se utiliza la siguiente expresión:

$$S = 0.00785 \frac{V^2}{R} - u \quad [\text{Ec. 1.30}]$$

Donde:

S= Peralte en valor absoluto.

V= Velocidad del proyecto en Km/h.

R= Radio de la curva en metros.

$u$  = Coeficiente de fricción lateral que depende de la velocidad del proyecto.

Para nuestro caso la velocidad de proyecto es de 50 Km/h y su coeficiente es  $u = 0.19$ .

**Transición del bombeo a la sobre elevación o peralte:** Es el bombeo dado para el cambio gradual de la pendiente por peralte hacia la pendiente por bombeo. Para realizar la transición del bombeo al peralte en una curva circular simple, es necesario calcular una longitud de transición la cual se determina con la siguiente ecuación:

$$L_t = 1.64 * \frac{V^3}{R} \quad [\text{Ec. 1.31}]$$

Donde:

$L_t$ = Longitud de transición en metros.

V= Velocidad del proyecto mts/seg.

R= Radio circular de la curva.

A más del peralte se debe calcular una ampliación que se la conoce generalmente como sobre ancho en las curvas circulares por efecto de curvatura, el mismo que se lo calcula con la siguiente ecuación:

$$a = n(Rc - \sqrt{Rc^2 - 36}) + \frac{V}{10\sqrt{Rc}} \quad [\text{Ec. 1.32}]$$



Donde:

a= Sobre ancho en metros.

n= Número de carriles.

Rc= Radio circular en metros.

V= Velocidad del proyecto en Km/h.

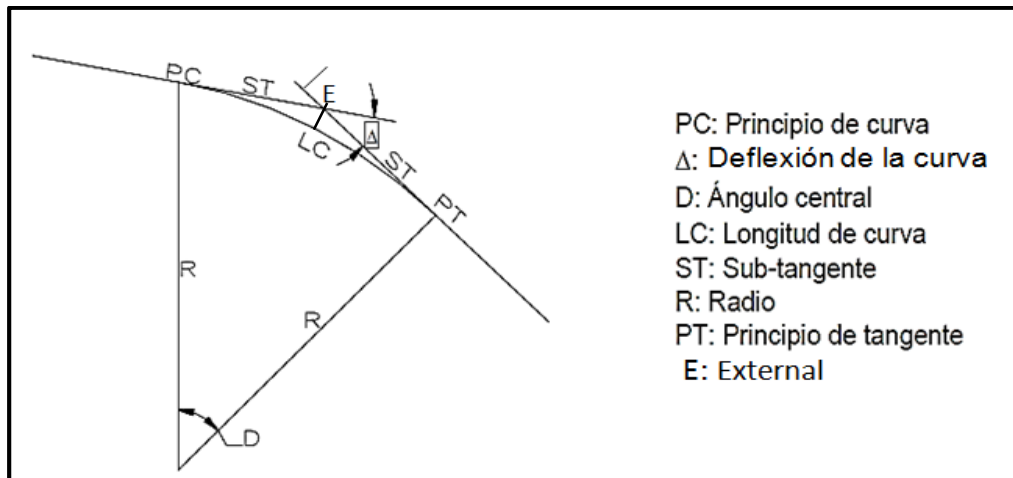
#### **1.4.2. Alineamiento horizontal**

El alineamiento horizontal es la proyección del eje longitudinal de una obra vial sobre un plano horizontal. Los elementos que definen el alineamiento horizontal son los siguientes:

**Tangentes:** Son las líneas rectas de un trazado horizontal, las tangentes horizontales tienen longitud, dirección y se unen o se enlazan por medio de curvas horizontales. Su distancia es la longitud entre el fin de una curva y el principio de la curva siguiente.

**Curvas circulares simples:** Al cambiar la dirección de un vehículo de una tangente a otra se requiere de curvas horizontales cuya longitud será proporcional a la variación de la aceleración centrífuga.

**Curvas de transición:** Las curvas espirales simples con espirales de transición son elementos geométricos que permiten un cambio gradual más cómodo que la curva circular simple en el paso del alineamiento recto al tramo circular.



**Figura 1.7.** Elementos de una curva horizontal simple.  
 Fuente: Hun, 2003.

**Fórmulas para el cálculo de la curva circular simple:**

$$G_c = (1145.92 / R) \quad [\text{Ec. 1.33}]$$

$$E = R \left( \frac{1}{\cos \Delta/2} - 1 \right) \quad [\text{Ec. 1.34}]$$

$$LC = 20 \Delta / G_c \quad [\text{Ec. 1.35}]$$

$$ST = R \times \text{tg } \Delta/2 \quad [\text{Ec. 1.36}]$$

$$PC = PI - ST \quad [\text{Ec. 1.37}]$$

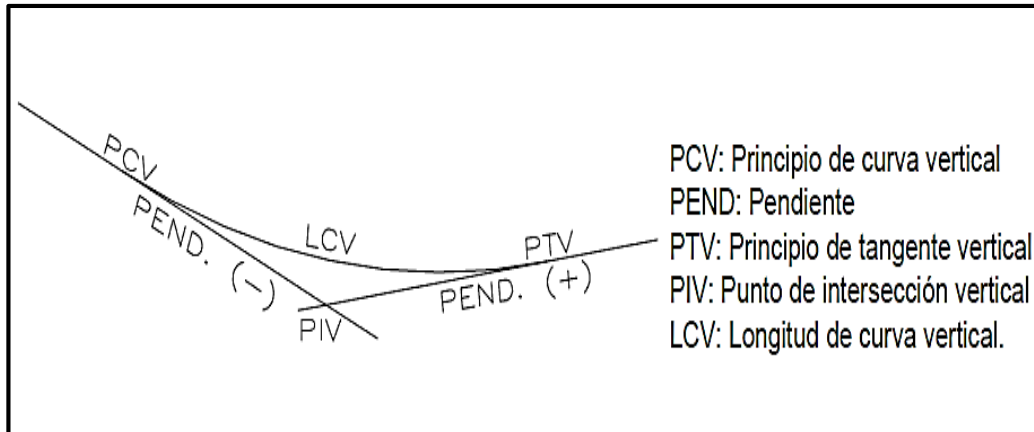
$$PT = PC + LC \quad [\text{Ec. 1.38}]$$

**1.4.3. Alineamiento vertical**

Es la proyección sobre un plano vertical del eje longitudinal proyectado de un camino. Los elementos de los cuales está constituida son por tangentes y curvas verticales.

**Tangentes:** Son líneas rectas del trazado vertical. Se caracterizan por su longitud y pendiente la cual sirve para delimitar el diseño de la subrasante.

**Curvas verticales:** Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se desarrolle en paso gradual de la pendiente y no produzca molestias al conductor.



**Figura 1.8.** Elementos de una curva vertical.  
**Fuente:** Hun, 2003.

## 1.5. Estudio de suelos

El tipo de suelo existente en el campo establecerá en gran medida la estructura del pavimento a diseñar. Mediante la ejecución de prospecciones de exploración (calicatas), las calicatas posibilitan el análisis directo del suelo o zona a estudiar y, por tanto, es el modo de inspección que generalmente suministra la información más confiable y completa. Es necesario anotar los datos de cada muestra tales como, profundidad de la misma, a que instancia cambia de material, si se encontró nivel freático. La profundidad de la inspección está en base a las exigencias del estudio, en el diseño de pavimentos, la profundidad mínima establecida es de 0,80 m a 1,20 m, a fin de realizar una adecuada inspección del estrato. Las muestras obtenidas deberán ser almacenadas según los parámetros de exploración y clasificadas para los ensayos posteriores en el laboratorio.

### 1.5.1. Análisis granulométrico

Su propósito es conseguir la repartición por tamaños de las partículas presentes en un espécimen de suelo; así es admisible también su distribución

mediante sistemas como el AASTHO o el Sistema de Clasificación de Suelos Unificado (USCS) (identificado por sus siglas en inglés). El ensayo generalmente se efectúa en dos fases:

- Para suelos con medidas de partículas mayores a 0.074 mm, se emplea el procedimiento de análisis mecánico mediante tamices de abertura y numeración convencionales.
- La segunda por un procedimiento de vía húmeda para suelo de granos finos como limos, limos-arenosos, limos-arcillosos y arcillas. Este ensayo mecánico vía húmeda se establece en el comportamiento de material granular en supresión dentro de un líquido al asentarse.

Para suelos de tamaños inferiores se utiliza el método del hidrómetro, basado en la ley de Stokes, pero este caso no es muy aplicado a carreteras, pues los materiales finos son materiales poco recomendables para bases y subbases de pavimentos.

### **1.5.2. Límites de consistencia**

Sirve para establecer las características plásticas de suelos arcillosos o limosos, estos mismos están representados por su volumen de humedad y se denomina como:

- Límite líquido
- Límite plástico
- Índice plástico

#### **1.5.2.1. Límite líquido**

El límite líquido establece la segmentación entre el estado casi líquido y el estado plástico. El límite líquido en circunstancias puede utilizarse para estimar asentamientos en problemas de consolidación, dichos límites juntos son algunas veces útiles para revelar la máxima densidad en estudios de compactación. El análisis analítico para la definición de este límite se basa en

la norma AASHTO T-89 teniendo como exigencia al hacerlo sobre muestra preparada en húmedo.

#### **1.5.2.2. Límite plástico**

Es el contenido de humedad para el cual el suelo comienza a agrietarse cuando es amasado en cilindros de 3mm de diámetro al rodarse con la palma de la mano o sobre una superficie lisa. El proceso analítico para este ensayo se determina en la norma AASHTO T-90.

#### **1.5.2.3. Índice plástico**

Se puede definir el Índice de Plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$IP = Ll - Lp \quad [Ec. 1.39]$$

Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (No plástico).

Asimismo cuando el límite plástico resultante igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como P (Plástico).

#### **1.5.3. Determinación del contenido de humedad**

Este ensayo tiene por propósito, establecer el contenido de humedad de una muestra de suelo. El contenido de humedad de una masa de suelo, está integrado por la suma de sus aguas libre, capilar e higroscópica. Es imprescindible establecer el contenido de humedad para realizar los siguientes ensayos: el ensayo de compactación Proctor, el ensayo de valor soporte (CBR), los límites de consistencia, y las densidades de campo.

#### **1.5.4. Ensayo de compactación (Proctor Modificado)**

La masa de los suelos, está conformada por partículas sólidas y vacías, estos vacíos suelen estar llenos de agua, de aire o de ambos a la vez. Si la masa de

un suelo aparece suelta, tienen mayor número de vacíos, los que, conforme se someta a compactación, van reduciéndose hasta llegar a un mínimo, que es cuando la masa del suelo, alcanza su menor volumen y su mayor peso, esto se conoce como densidad máxima (Crespo, 1999). Para alcanzar la densidad máxima, es necesario que la masa del suelo tenga una humedad determinada, la que se conoce como humedad óptima. Cuando el suelo alcanza su máxima densidad tendrá mejores características, tales como:

- Se disminuye el volumen de vacíos y la capacidad de absorber humedad.
- Aumenta la capacidad del suelo, para resistir mayores cargas.

El proceso analítico debe hacerse según lo descrito en la norma AASHTO T-180 (Proctor modificado).

#### **1.5.5. Ensayo de C.B.R.**

El valor relativo de soporte de un suelo (CBR), es un indicativo de su resistencia al esfuerzo cortante, en circunstancias determinadas de compactación y humedad, se manifiesta en porcentaje de la carga requerida, para realizar la misma penetración, en una muestra estándar de piedra molida. Para este ensayo es imprescindible saber la humedad óptima y la humedad actual del suelo, para así, poder determinar la cantidad de agua que se agregará a la muestra de suelo. Los cilindros se compactan en cinco capas, para 12, 26 y 56 golpes, por cada capa. Para cada cilindro compactado se obtendrá el porcentaje de compactación, el porcentaje de expansión y el porcentaje de CBR. El procedimiento analítico se rige por la norma AASHTO T-93.

#### **1.6. Drenaje pluvial**

El drenaje sirve para canalizar (por medio de cunetas o cinta gotera) y evacuar las aguas lluvias o de corrientes superficiales (por medio de sumideros) que

caen en una determinada área, consiste en una red de colectores la cual recoge las aguas por medio de tirantes proveniente de los sumideros o cajas de registro, conduciéndola así a su descarga final, se lo diseña para evitar las inundaciones de las calles. Se deben aplicar normas de diseño tales como: pendientes y velocidades (mínimas y máximas), profundidad de la tubería, sumideros y pozos de revisión. El diseño del alcantarillado pluvial se lo realiza en base a los siguientes factores:

- Intensidad de precipitación.
- Tiempo de concentración.
- Coeficiente de escorrentía.
- Áreas portantes.

### **1.6.1. Normas de diseño**

#### **1.6.1.1. Velocidades mínimas y máximas**

Para el cálculo de la velocidad podemos utilizar la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad [\text{Ec. 1.40}]$$

Donde:

V=velocidad en mts/seg.

R=radio hidráulico en metros( $R = d/4$ ).

S=pendiente en tanto /mil (‰).

n=coeficiente de rugosidad.

El coeficiente de rugosidad tiene diferentes valores (n), los mismos que podemos ver en el cuadro 1.10 y dependen del tipo de tubería a utilizar:

<b>MATERIAL</b>	<b>n</b>
Hormigón Simple (H.S)	0.013
Asbesto Cemento	0.011
Hierro Fundido	0.012
P.V.C.	0.009-0.010

**Tabla 1.10.** Coeficiente de rugosidad de Manning.  
Fuente: Ex –IEOS.

Al diseñar la red, la velocidad que se adopte no debe ser muy alta porque podría ocasionar erosión en las paredes de las tuberías, para la velocidad máxima se debe adoptar un valor máximo de 4.5 m/s.

La velocidad mínima será aquella que no produzca una sedimentación en la tubería teniendo así la capacidad de arrastrar partículas al circular el flujo de aguas lluvias, adoptando un valor de *0.75 mts/seg*<sup>4</sup>.

#### **1.6.1.2. Profundidad de la tubería**

La tubería debe ir a una profundidad mínima tal que las cargas de impacto no vayan a ocasionarle ninguna clase de daño, el valor recomendado es de 1.20 metros, el mismo que se considera desde el nivel de terminado de proyecto hasta la clave o invert superior de la tubería.

#### **1.6.1.3. Sumideros**

Son estructuras que se construyen generalmente de mampostería pero también pueden ser de concreto y tienen las siguientes características:

- Sirven para drenar el agua que se recolecta a través de las cunetas.
- Se ubican en las calles junto a los bordillos exteriores, en las esquinas o partes bajas.

---

<sup>4</sup> *0.75 mts/seg*: Disponible en <http://www.moore.com.co/manual%20hidraulico/capitulo%202.htm>



- Se coloca una rejilla metálica en la entrada a fin de evitar el ingreso de material que entorpezca su normal funcionamiento.
- Se conectan directamente a los pozos de revisión cuando están ubicados en las esquinas de la calle por medio de tirantes y a los colectores o tuberías en forma de conexiones domiciliarias cuando se los ubica en tramos intermedios.
- La tubería mínima para los tirantes debe de ser de 200 mm de diámetro.

#### **1.6.1.4. Pozos de revisión**

Son estructuras que se construyen de hormigón armado o mampostería, y son usados para la inspección y limpieza del sistema de alcantarillado. Los pozos de revisión se recomiendan ubicarlos en distancias no mayores a 100 metros y hacemos referencia a los criterios del IDANN (2006):

- Toda intersección de tubería o colector.
- El comienzo de todo tramo de tubería.
- Todo cambio de dirección y diámetro.

Cuando en un pozo cualquiera se encuentra con tuberías que comienzan en el mismo con otra tubería que pasa a través del pozo, la diferencia de cota del invert entre los que inician y los que cruzan será igual o mayor al diámetro del último .

La cota del invert de una tubería de salida se define de tal manera que la clave, de una tubería de entrada y que sea de menor diámetro, coincida con el invert de la tubería de mayor diámetro.

En el caso de que la cota del invert de la tubería que llega a un pozo sobrepase los 90 cm, con relación al fondo del mismo se diseñaran dispositivos que disipen la energía para no causar turbulencia y que no afecte al sistema.

## **1.6.2. Diseño hidráulico**

### **1.6.2.1. Intensidad de precipitación**

Para el estudio hidrológico de una zona es necesario conocer los datos pluviométricos registrados en una estación meteorológica tales como curvas de intensidad, duración y frecuencia para en base a ellos poder determinar la intensidad de precipitación, para la ciudad de Portoviejo tenemos una intensidad promedio de 64.80 mm/h<sup>5</sup>.

### **1.6.2.2. Coeficiente de escorrentía**

El coeficiente de escorrentía o coeficiente de impermeabilidad del suelo, es la relación existente entre el volumen de agua que cae y el volumen de agua que escurre por una determinada área, el mismo que dependerá de la topografía y el tipo de suelo y de la vegetación que pudiese existir.

El MIDUVI<sup>6</sup> sugiere para pavimentos asfálticos un valor de 0.80- 0.85 mientras que para pavimentos de hormigón un valor entre 0.85-0.90.

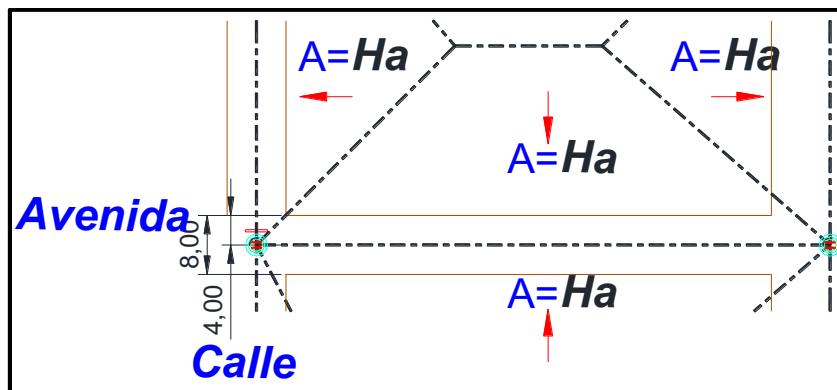
### **1.6.2.3. Áreas de drenaje**

Las áreas tributarias o de drenaje, son las zonas que aportan aguas lluvias directamente a la estructura de drenaje, ya sean estas calles, cubiertas, patios interiores, etc. Para su cálculo se toma en cuenta la topografía del terreno y su influencia sobre cada tramo de tubería considerándolo hasta el eje de las calles o avenidas como se muestra en la figura 1.9.

---

<sup>5</sup> Mm/h: milímetros/hora

<sup>6</sup> MIDUVI: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Ecuador.



**Figura 1.9.** Áreas de aportación  
Fuente: Autores.

#### 1.6.2.4. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es el tiempo más largo para que sin ningún retraso, el agua superficial escurra desde el punto con mayor elevación del área de estudio hasta un determinado punto de concentración.

El MIDUVI según su criterio sugiere para cálculo de alcantarillado pluvial un tiempo de concentración de 15 minutos.

### 1.7. Impacto ambiental

#### 1.7.1. Impactos producidos por la elaboración del proyecto

En el proceso de conformación de la capa de rodadura, con frecuencia se producen derrames de asfalto líquido, concreto y emulsiones, especialmente durante la etapa de riego del sello o el vertido de residuos de concreto asfáltico o la fundición de la losa así como también la emisión de gases producto del calentamiento del asfalto.

El aumento del ruido en las acciones de la obra serán fuentes sonoras de notable incremento del ruido, continuado por las acciones de: movimiento de maquinarias, depósito de materiales y vertidos accidentales. La instalación de un campamento constituye una fuente de generación de impactos ambientales negativos, por lo tanto se deben tomar medidas preventivas para no afectar al ambiente por su instalación y funcionamiento.

El movimiento de maquinaria tiene por efectos el incremento de niveles sonoros, y alto valores de emisión de gases. Los componentes ambientales afectados son principalmente: la salud, los suelos, calidad del aire, vegetación y en menor proporción la fauna, el paisaje, y la geomorfología. El movimiento de tierra corresponde a todos los trabajos que movilizan y trasladan tierra para la construcción de la carretera, los componentes ambientales son impactados por las movilizaciones, de tierra, emisiones, suspensiones y depósitos de polvo los cuales afectan la Calidad del aire (Atmósfera), enfermedades respiratorias (Salud), e incomodidad en los habitantes del sector.

Para este efecto es necesario la creación de un plan de manejo ambiental, para mitigar en ciertas formas los perjuicios causados por la elaboración del proyecto, a más de eso concientizar a la población y socializar el proyecto antes de su ejecución.

## CAPÍTULO II

### ESTUDIO DE CAMPO

#### 2.1. Resumen de conteo y clasificación vehicular (método ASSHTO).

Donde “k” es el factor de conversión utilizado, correspondiente al tipo de vehículo de diseño. El total de vehículos resultantes del aforo de tráfico en ambas direcciones lo dividimos para el número de días en que se realizó el conteo, que para nuestro caso fueron 7 días y lo multiplicamos para el factor de conversión, obteniendo así nuestro TPDA como se muestra en la tabla 2.1. Ver detalles en el anexo No.-2.

Sent.	VEHÍCULOS LIGEROS		BUS	CAMIONES UNITARIOS	SEMITRAILER	TOTAL	%
	AUTOS	Pick up	2D A	2DB	2S1/2S2		
E	3304	375	39	23	2	3743	52.2%
S	3051	290	49	29	7	3426	47.8%
TOTAL	6355	665	88	52	9	7169	
%	88.65%	9.28%	1.23%	0.73%	0.13%	100.0%	
TPDA	907.86	95.00	12.57	7.43	1.29	1024.14	
K	0.50	0.50	1.00	1.50	2.50		
TPDA	453.93	47.50	12.57	11.14	3.21	528.36	
<b>TPDA</b>	454	48	13	11	3	529	
	<b>502</b>		24		3		

**Tabla 2.1.** Resumen de conteo vehicular.

**Fuente:** Autores.

## **2.2. Diseño estructural del pavimento rígido**

### **2.2.1. Características del tránsito**

Período de diseño	20 años.
Tasa de crecimiento anual	0.05
Coeficiente de distribución direccional	0.50
Coeficiente de distribución en el carril de diseño (Un carril en cada sentido W18=100%).	1.00
Tránsito promedio diario anual	529

### **2.2.2. Parámetros para el diseño estructural**

Nivel de confianza	80%
Desviación estándar normal ( $S_o$ )	0.32
Error estándar combinado ( $Z_r$ )	-0.841
Nivel de serviciabilidad inicial ( $P_o$ )	4.50
Nivel de serviciabilidad final ( $P_t$ )	2.00
Pérdida de serviciabilidad ( $\Delta PSI$ )	2.50

### **2.2.3. Coeficientes**

Coeficiente de drenaje ( $C_d$ )	0.90
Coeficiente de transmisión de cargas ( $J$ )	3.00

### **2.2.4. Módulos**

#### **Modo empírico o mecanístico para obtener el módulo resiliente**

Dato de la subrasante:

C.B.R. = 23.50%

$$MR = 4326 \ln(\text{CBR}) + 241$$

[Ec. 1.16]

$$MR = 4326 \ln(23.5) + 241$$

$$MR = 13898.18 \text{ psi} = 95.82 \text{ Mpa.}$$

Dato de la subbase:

$$\text{C.B.R.} = 30.00\%$$

$$MR = 4326 \ln(\text{CBR}) + 241$$

[Ec. 1.16]

$$MR = 4326 \ln(30) + 241$$

$$MR = 14954.58 \text{ psi} = 103.11 \text{ Mpa.}$$

**Cálculo del módulo de reacción k de la subrasante K>10 ft (Ver Anexo No.-4).**

$$K_{oo} = \frac{150 \text{ Mpa}}{\text{m}} \times \frac{145.0377 \text{ psi}}{\text{Mpa}} \times \frac{0.0254 \text{ m}}{\text{in}}$$

$$K_{oo} = 552.59 \text{ psi/in} = \mathbf{552.59 \text{ pci}}$$

$$\mathbf{K = 600 \text{ pci}}$$

Corrección del Módulo de reacción de la subrasante, considerando la pérdida de apoyo en la subbase. (Ver Anexo No.-4)

Datos:

$$L_s = 1.00$$

$$K = 195 \text{ pci}$$

$$\mathbf{K = 52.93 \text{ Mpa/m}}$$

### **Cálculo del módulo de rotura del concreto**

$$1 \text{ Psi} = 0.00689475729 \text{ Mpa}$$

$$\text{Concreto } f'c = 210.00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S'c = k (f'c)^{0.5} \quad [\text{Ec. 1.12}]$$

$$S'c = 10 (f'c)^{0.5}$$

$$S'c = 10 (210)^{0.5}$$

$$S'c = 546.50 \text{ Psi} = 3.77 \text{ Mpa}$$

### **Cálculo del módulo de elasticidad del concreto**

$$\text{Concreto } f'c = 210.00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Ec = 57000 (f'c)^{0.5} \quad [\text{Ec. 1.13}]$$

$$Ec = 57000 (210)^{0.5}$$

$$Ec = 3115195.80 \text{ Psi} = 21478.52 \text{ Mpa}$$



### 2.2.5. Número de ejes equivalentes calculados

**Datos:**

$F = 0.5$	Factor de dirección ida y vuelta	$D = 15\text{mm}$	Espesor de losa sumida
$L_D = 1$	Carril en cada sentido => W18 = 100%	$L2 = 1$	Código del eje simple
$r = 5\%$	Índice de crecimiento		
$y = 20$ años	Período de diseño		
$P_t = 2$	Índice de serviciabilidad final		

A continuación un ejemplo para el cálculo de ESAL's del eje delantero para un camión 2DB:

$$G_t = \text{LOG}\left(\frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5}\right) \quad [\text{Ec. 1.5}]$$

$$G \cdot Y = \frac{(1+r)^Y - 1}{r} \quad [\text{Ec. 1.2}]$$

$$G_t = \text{LOG}\left(\frac{4.2 - 2}{4.2 - 1.5}\right)$$

$$G \cdot Y = \frac{(1+0.05)^{20} - 1}{0.05}$$

$$G_t = -0.079$$

$$G \cdot Y = 33.07$$

$$B_x = 1 + \frac{3.63 (Lx+L2)^{5.2}}{(D+1)^{8.46} L2^{3.52}} \quad [\text{Ec. 1.6}]$$

$$B_{18} = 1 + \frac{3.63 (18+1)^{5.2}}{(D+1)^{8.46}} \quad [\text{Ec. 1.7}]$$

$$B_x = 1 + \frac{3.63 (15.44+1)^{5.2}}{(15+1)^{8.46} \times 1^{3.52}}$$

$$B_{18} = 1 + \frac{3.63 (18+1)^{5.2}}{(15+1)^{8.46}}$$

$$B_x = 1.0$$

$$B_{18} = 1.00$$

$$\text{LOG}\left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}}\right) = 4.62\text{LOG}(18 + 1) - 4.62\text{LOG}(Lx + L2) + 3.28\text{LOG}(L2) + \frac{G_t}{B_x} - \frac{G_t}{B_{18}} \quad [\text{Ec. 1.4}]$$

$$\text{LOG}\left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}}\right) = 4.62\text{LOG}(18 + 1) - 4.62\text{LOG}(15.44 + 1) + 3.28\text{LOG}(1) + \frac{-0.079}{1.00} - \frac{-0.079}{1.00}$$

$$\text{LOG}\left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}}\right) = 0.29$$

$$\text{Fec} = \left(\frac{W_{t18}}{W_{tx}}\right) \quad [\text{Ec. 1.3}]$$

$$\text{FEC} = \left(\frac{1}{\text{antilog}(0.29)}\right)$$

$$\text{FEC} = 0.51$$

$$\text{ESAL's} = \text{TPDA} \times \text{G. Y} \times \text{F}_d \times \text{L}_D \times 365 \times \text{Fec} \quad [\text{Ec. 1.11}]$$

$$\text{ESAL's} = 11 \times 33.07 \times 0.5 \times 1 \times 365 \times 0.51$$

$$\text{ESAL's} = 34026.71$$

TIPO VEHÍCULO	VEHÍCULOS LIGEROS				BUS		CAMIONES UNITARIOS		SEMITRAILER		
	Autos		Pick up		2E		2DB		2S1/2S2		
	delant.	post.	delant.	post.	delant.	post.	delant.	post.	delant.	centr.	post.
CARGA (Tn)	1.00	0.80	1.20	1.50	7.00	11.00	7.00	11.00	7.00	11.00	18.00
Lx (kips)	2.21	1.76	2.65	3.31	15.44	24.26	15.44	24.26	15.44	24.26	39.71
TPDA	454.00	454.00	48.00	48.00	13.00	13.00	11.00	11.00	3.00	3.00	3.00
r%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Gt	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08
L2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
B18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Bx	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
log(Wtx/Wt)	3.57	3.87	3.31	2.98	0.29	-0.57	0.29	-0.57	0.29	-0.57	-0.59
FEC= Wt/Wtx	0.0003	0.0001	0.0005	0.0011	0.51	3.73	0.51	3.73	0.51	3.73	3.89
G Y	33.07	33.07	33.07	33.07	33.07	33.07	33.07	33.07	33.07	33.07	33.07
ESAL's	736.80	371.78	141.33	305.35	40213.39	292669.11	34026.71	247643.09	9280.01	67539.02	70448.55
PARCIAL	1555.25				332882.49		281669.80		147267.58		
TOTAL	<b>763375.13</b>										

Tabla 2.2. Cálculo de ESAL's de diseño.

Fuente: Autores

### 2.2.6. Determinación del espesor de la losa (D)

Fórmula ASSTHO para el diseño de pavimento rígido (D =165 mm).

$$\text{Log}_{10}W_{82} = Z_r S_o + 7.35\text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) \times \text{Log}_{10}\left(\frac{S'c C_{dx} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}}\right)}\right)$$

[Ec. 1.1]

$$\text{Log}_{10}W_{82} = -0.841 \times 0.32 + 7.35\text{Log}_{10}(165 + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{2.20}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(165 + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 \times 2) \times \text{Log}_{10}\left(\frac{3.77 \times 0.90 \left((0.09 \times 163^{0.75} - 1.132)\right)}{1.51 \times 3 \left(0.09 \times 163^{0.75} - \frac{7.38}{(21478.52/52.93)^{0.25}}\right)}\right)$$

$$5.88 = -0.2691 + 6.3487 - 0.0472 - 0.1572$$

$$5.88 = 5.88 \quad \text{ok}$$

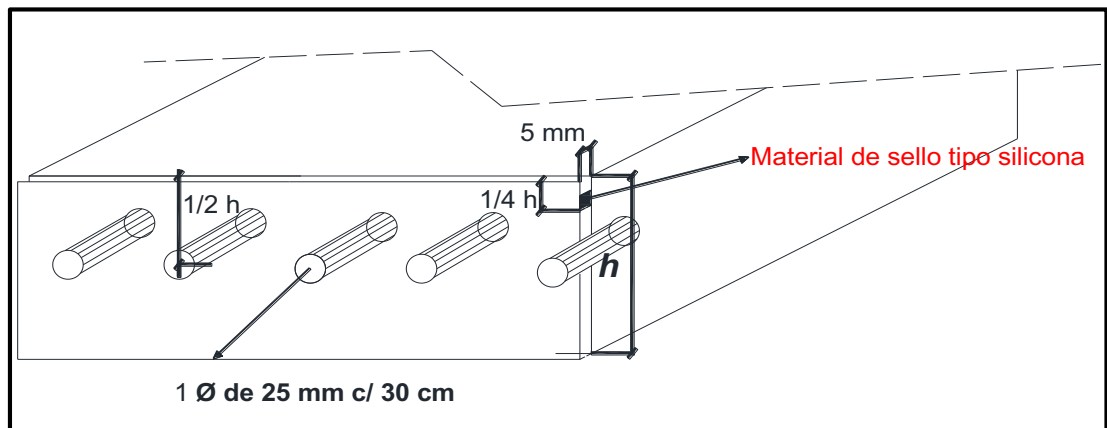
### 2.2.7. Espesores finales de diseño según el método AASHTO 93

TIPO DE CAPA	ESPESOR (cm)	ESPESOR (in)
Subbase	15.24	6.0"
Losa	16.50	6.5"

### 2.2.8. Cálculo de juntas

#### Juntas transversales

Para juntas transversales se tomará en consideración las recomendaciones de la P.C.A. (1984). Utilizando pasajuntas lisas de  $\varnothing$  25cm cuya longitud será de 36 cm, con espaciamentos cada 30 cm. (Figura 2.1.).



**Figura 2.1.** Especificaciones para la junta transversal.  
Fuente: Autores.

#### Juntas longitudinales

Acero longitudinal requerido:

$$A_s = \gamma_c \times L' \times f_a / 2f_s \quad [\text{Ec. 1.18}]$$

$$A_s = \frac{2400 \text{ kg/m}^3 \times 0.165\text{m} \times 3.00\text{m} \times 1.5}{0.67 \times 2800 \text{ kg/cm}^2 \times 2}$$

$$A_s = \frac{1782 \text{ kg/m}}{3752 \text{ kg/cm}^2}$$

$$A_s = 0.47 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Cálculo de acero:

Ø	#Varillas	Área	Área Total
10 mm	1	0.7854 cm <sup>2</sup>	0.7854 cm <sup>2</sup>

Se establece que en cada metro lineal se deberá colocar 1 varilla de 10 mm con espaciamentos entre varillas igual a 100 cm.

#### Longitud de la barra de anclaje:

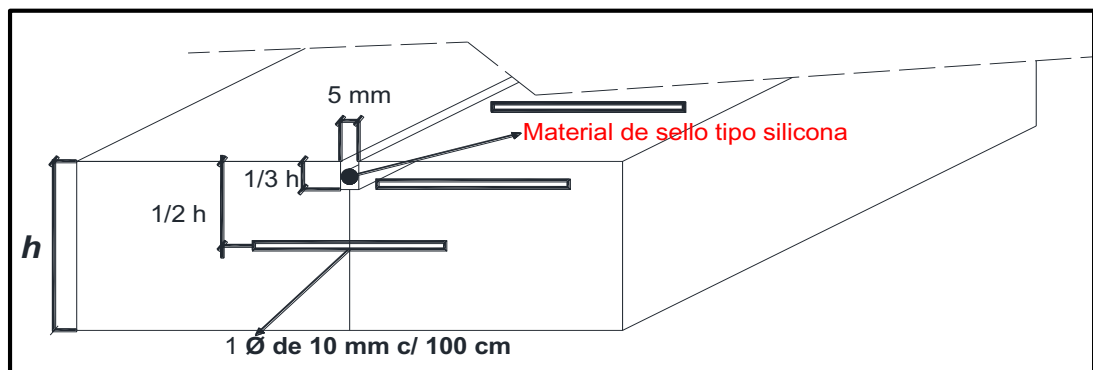
$$t = (2 \times A_1 \times f_s / \mu \times \sum_0) + 8.00 \text{ cm} \quad [\text{Ec. 1.19}]$$

$$t = \frac{2 \times 0.7854 \text{ cm}^2 \times 1876 \text{ kg/cm}^2}{24.6 \text{ kg/cm}^2 \times 3.1416 \text{ cm}} + 8.00 \text{ cm}$$

$$t = 38.13 \text{ cm} + 8.00 \text{ cm}$$

$$t = 46.13 \text{ cm}$$

Longitud adoptada es de 60 cm.



**Figura 2.2.** Especificaciones para la junta longitudinal.

**Fuente:** Autores.

## 2.3. Diseño estructural del pavimento flexible

### 2.3.1. Características del tránsito

Período de diseño	20 años.
Tasa de crecimiento anual	0.05
Coeficiente de distribución direccional	0.50
Coeficiente de distribución en el carril de diseño (Un carril en cada sentido W18=100%).	1.00
Tránsito promedio diario anual	529

### 2.3.2. Parámetros para el diseño estructural

Nivel de confianza	80%
Desviación estándar normal ( $Z_r$ )	0.49
Error estándar combinado ( $S_o$ )	-0.841
Nivel de serviciabilidad inicial ( $P_o$ )	4.20
Nivel de serviciabilidad final ( $P_t$ )	2.00
Pérdida de serviciabilidad ( $\Delta PSI$ )	2.20

### 2.3.3. Módulos

#### Modo empírico o mecanístico para obtener el módulo resiliente

Dato de la subrasante:

C.B.R. = 23.50%

$$MR = 4326 \ln(\text{CBR}) + 241$$

[Ec. 1.16]

$$MR = 4326 \ln(23.5) + 241$$

$$MR = 13898.18 \text{ psi} = 95.82 \text{ Mpa.}$$

Dato de la subbase:

C.B.R. = 30.00%

$$\mathbf{MR= 4326 \ln (CBR) + 241} \quad [\text{Ec. 1.16}]$$

$$MR= 4326 \ln (30) + 241$$

$$MR= 14954.58 \text{ psi} = 103.11 \text{ Mpa.}$$

**Módulo resiliente de la base C.B.R. 80%. (Ver Anexo No.- 4)**

$$MR= 28000 \text{ psi}$$

$$\mathbf{MR= 28 \text{ ksi}}$$

### 2.3.4. Coeficientes

Coeficiente estructural capa de concreto asfáltico:

$$a_1 = 0.4 \times \log \frac{E_{CA}}{435 \text{ ksi}} + 0.44 \quad 0.20 \leq a_1 \leq 0.44 \quad [\text{Ec. 1.22}]$$

$$a_1 = 0.40 \times \log \frac{435 \text{ ksi}}{435 \text{ ksi}} + 0.44$$

$$a_1 = 0.44$$

Coeficiente estructural capa de base:

$$a_2 = 0.25 \times \log \frac{E_B}{23 \text{ ksi}} + 0.11 \quad 0.06 \leq a_2 \leq 0.20 \quad [\text{Ec. 1.23}]$$

$$a_2 = 0.25 \times \log \frac{28 \text{ ksi}}{23 \text{ ksi}} + 0.11$$

$$a_2 = 0.13$$

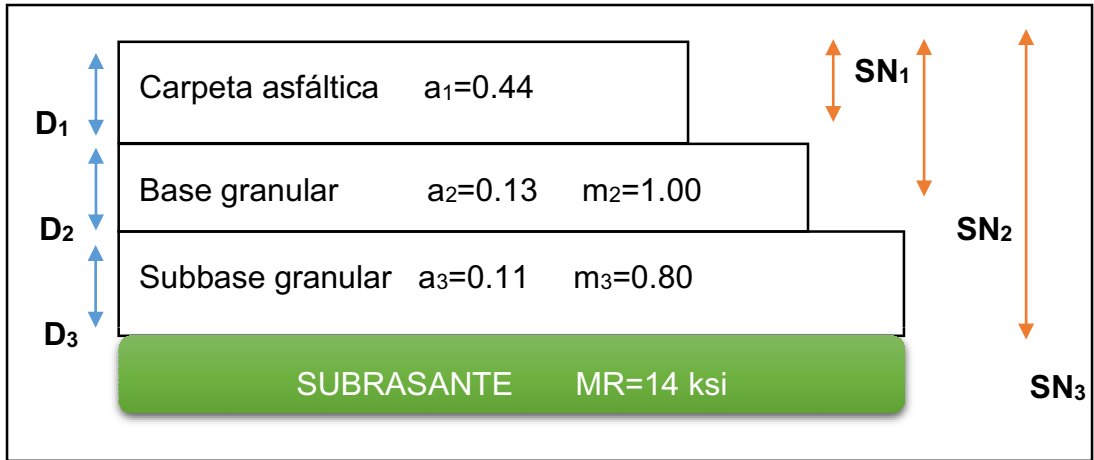
Coeficiente estructural capa de subbase:

$$a_3 = 0.23 \times \log \frac{E_{SB}}{23 \text{ ksi}} + 0.15 \quad 0.06 \leq a_3 \leq 0.20 \quad [\text{Ec. 1.24}]$$

$$a_3 = 0.23 \times \log \frac{15 \text{ ksi}}{23 \text{ ksi}} + 0.15$$

$$a_3 = 0.11$$





**Figura 2.3.** Representación gráfica de los coeficientes de la estructura.  
**Fuente:** Autores.

### 2.3.5. Número de ejes equivalentes calculados

#### Datos:

$F_d = 0.5$	Factor de dirección ida y vuelta	$SN = 3$	Número estructural sumido
$L_D = 1$	Carril en cada sentido => W18 =100%	$L2 = 1$	Código del eje simple
$r = 5\%$	Índice de crecimiento		
$y = 20$ años.	Período de diseño		
$P_t = 2$	Índice de serviciabilidad final		

A continuación un ejemplo para el cálculo de ESAL's del eje delantero de un camión 2DB:

$$G_t = \text{LOG}\left(\frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5}\right) \quad [\text{Ec. 1.5}]$$

$$G \cdot Y = \frac{(1+r)^Y - 1}{r} \quad [\text{Ec. 1.2}]$$

$$G_t = \text{LOG}\left(\frac{4.2 - 2}{4.2 - 1.5}\right)$$

$$G \cdot Y = \frac{(1+0.05)^{20} - 1}{0.05}$$

$$G_t = -0.079$$

$$G \cdot Y = 33.07$$

$$B_x = 0.4 + \frac{0.08 (Lx + L2)^{3.23}}{(SN+1)^{5.19} L2^{3.23}} \quad [\text{Ec. 1.10}]$$

$$B_{18} = 0.4 + \frac{0.08 (18+1)^{3.23}}{(SN+1)^{5.19}} \quad [\text{Ec. 1.9}]$$

$$B_x = 0.4 + \frac{0.08 (15.44+1)^{3.23}}{(3+1)^{5.19} \times 1^{3.23}}$$

$$B_{18} = 0.4 + \frac{0.08 (18+1)^{3.23}}{(3+1)^{5.19}}$$

$$B_x = 0.91$$

$$B_{18} = 1.21$$

$$\text{LOG}\left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}}\right) = 4.79\text{LOG}(18 + 1) - 4.79\text{LOG}(L_x + L_2) + 4.33\text{LOG}(L_2) + \frac{G_t}{B_x} - \frac{G_t}{B_{18}} \quad [\text{Ec. 1.8}]$$

$$\text{LOG}\left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}}\right) = 4.79\text{LOG}(18 + 1) - 4.79\text{LOG}(15.44 + 1) + 4.33\text{LOG}(1) + \frac{-0.08}{B_x} - \frac{0.08}{B_{18}}$$

$$\text{LOG}\left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}}\right) = 0.28$$

$$\text{Fec} = \left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}}\right)$$

$$\text{FEC} = \left(\frac{1}{\text{antilog}(0.28)}\right)$$

$$\text{FEC} = 0.53$$

$$\text{ESAL's} = \text{TPDA} \times \text{G.Y} \times \text{F}_d \times \text{L}_D \times 365 \times \text{Fec}$$

[Ec. 1.11]

$$\text{ESAL's} = 11 \times 33.07 \times 0.5 \times 1 \times 365 \times 0.53$$

$$\text{ESAL's} = \mathbf{334908}$$

TIPO VEHÍCULO	VEHÍCULOS LIGEROS				BUS		CAMIONES UNITARIOS		SEMITRAILER		
	Autos		Pick up		2E		2DB		2S1/2S2		
	delant.	post.	delant.	post.	delant.	post.	delant.	post.	delant.	centr.	post.
CARGA (Tn)	1.00	0.80	1.20	1.50	7.00	11.00	7.00	11.00	7.00	11.00	18.00
Lx (kips)	2.21	1.76	2.65	3.31	15.44	24.26	15.44	24.26	15.44	24.26	39.71
no	454.00	454.00	48.00	48.00	13.00	13.00	11.00	11.00	3.00	3.00	3.00
r%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Gt	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08
L2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
B18	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
Bx	0.40	0.40	0.40	0.41	0.91	2.43	0.91	2.43	0.91	2.43	1.49
log(Wtx/Wt)	3.57	3.88	3.30	2.96	0.28	-0.56	0.28	-0.56	0.28	-0.56	-0.32
FEC = Wt/Wtx	0.0003	0.0001	0.0005	0.0011	0.53	3.63	0.53	3.63	0.53	3.63	2.09
G Y	33.07	33.07	33.07	33.07	33.07	33.07	33.07	33.07	33.07	33.07	33.07
ESAL's	736.62	362.85	144.21	319.54	41255.77	284791.37	34908.73	240977.31	9520.56	65721.09	37791.92
PARCIAL	1563.22				326047.14		275886.04		113033.57		
TOTAL	<b>716529.97</b>										

**Tabla 2.3.** Cálculo de ESAL's de diseño.  
Fuente: Autores.

### 2.3.6. Determinación del número estructural (SN)

Para el método de diseño AASHTO la fórmula para encontrar el número estructural de cada capa es la siguiente:

$$\log W_{18} = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log M_R - 8.07$$

[Ec. 1.20]

Número estructural para la capa de base (SN<sub>1</sub>).

MR= 28000 psi.

$$\log 716529.97 = -0.841 \times 0.49 + 9.36 \times \log(1.84 + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{2.20}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(1.84 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log(28000) - 8.07$$

$$5.85 = -0.41209 + 4.0431 - 0.0256 + 2.2474$$

$$5.85 = 5.85 \quad \text{ok}$$

**SN<sub>1</sub>** necesario: 1.84

Número estructural para la capa de subbase (SN<sub>2</sub>).

MR= 15000 psi.

$$\log 716529.97 = -0.841 \times 0.49 + 9.36 \times \log(2.33 + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{2.20}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(2.33 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log(15000) - 8.07$$

$$5.85 = -0.41209 + 4.7022 - 0.0540 + 1.6185$$

$$5.85 = 5.85 \quad \text{ok}$$

**SN<sub>2</sub>** necesario: 2.33

Número estructural para la capa de subrasante (SN<sub>3</sub>).

MR=13898 psi.

$$\log 716529.97 = -0.841 \times 0.49 + 9.36 \times \log(2.40 + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{2.20}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(2.40 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log(13898) - 8.07$$

$$5.85 = -0.41209 + 4.7746 - 0.0583 + 1.5416$$

$$5.85 = 5.85 \quad \text{ok}$$

**SN<sub>3</sub> necesario: 2.40**

### Números estructurales de diseño:

$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad [\text{Ec. 1.25}]$$

$$D^*_1 \geq (1.84 / 0.44)$$

$$D^*_1 \geq 4.18 = 4.50$$

$$SN^*_1 = a_1 D_1 \geq SN_1 \quad [\text{Ec. 1.26}]$$

$$SN^*_1 = (0.44 \times 4.50)$$

$$SN^*_1 = 1.98 \geq SN_1$$

$$D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2 m_2} \quad [\text{Ec. 1.27}]$$

$$D^*_2 \geq (2.33 - 1.98) / (0.131 \times 1)$$

$$D^*_2 \geq 2.67 = 6.00$$

- La AASTHO establece como espesor mínimo para base 15 cm, por ese motivo tomamos 6" = 15.24 cm.

$$SN^*_2 = D_2 \times a_2 \times m_2 + SN^*_1 \quad [\text{Ec. 1.28}]$$

$$SN^*_2 = (6 \times 0.131 \times 1) + 1.98$$

$$SN^*_2 = 2.77$$

$$D_3^* \geq \frac{SN_3 - SN^*_2}{a_3 m_3} \quad [\text{Ec. 1.29}]$$

$$D_3^* \geq (2.40 - 2.77)/(0.11 \times 0.80)$$

$$D_3^* \geq -4.32$$

Según el cálculo del espesor de la capa de subbase, no se requiere dicha capa, ya que el número estructural  $SN_3$  es menor que  $SN^*_2$ , es decir que la resistencia requerida para soportar las cargas y esfuerzos transmitidos por los ejes equivalentes, son soportadas por la capa de pavimento y la capa de base sin necesidad de la capa de subbase.

### 2.3.7. Espesores finales de diseño según el Método AASHTO 93

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \quad [\text{Ec. 1.21}]$$

$$SN = 0.44 \times 4.5" + 0.131 \times 6" \times 1 + 0$$

$$SN = 1.98 + 0.79$$

$$SN = 2.77 \quad (\text{SN diseño} > \text{SN necesario})$$

$$2.77 > 2.40 \quad \text{ok}$$

## 2.4. Diseño de curva horizontal y curva vertical

### Curva circular simple

Datos:

$$\Delta = 22^\circ 0' 53.32''$$

$$R = 150.00 \text{ mts}$$

$$V_p = 50 \text{ Km/h} = 13.88 \text{ m/seg}$$

$$\text{Bombeo} = 2\%$$

$$\mathbf{Gc = (1145.92/R)} \quad [\text{Ec. 1.33}]$$

$$Gc = (1145.92/150)$$

$$Gc = 7^{\circ}38'22.08''$$

$$\mathbf{E = R \left( \frac{1}{\cos \Delta/2} - 1 \right)} \quad [\text{Ec. 1.34}]$$

$$E = 150 \left( \frac{1}{\cos 22^{\circ}0'53.32''/2} - 1 \right)$$

$$E = 2.81\text{mts}$$

$$\mathbf{LC = 20\Delta/Gc} \quad [\text{Ec. 1.35}]$$

$$LC = 20(22^{\circ}0'53.32''/7^{\circ}38'22.08'')$$

$$LC = 57.63 \text{ mts}$$

$$\mathbf{ST = R \times \text{tg}\Delta/2} \quad [\text{Ec. 1.36}]$$

$$ST = 150 \times \text{tg}(22^{\circ}0'53.32''/2)$$

$$ST = 29.18 \text{ mts}$$

$$\mathbf{PC = PI - ST} \quad [\text{Ec. 1.37}]$$

$$PC = 256.17 - 29.18$$

$$PC = 0 + 226.99 \text{ mts}$$

**Despejamos para encontrar el PI .**

$$\mathbf{PI = PC + ST}$$

$$PI = 0 + 226.99 + 29.18$$

$$PI = 0 + 256.17 \text{ mts}$$

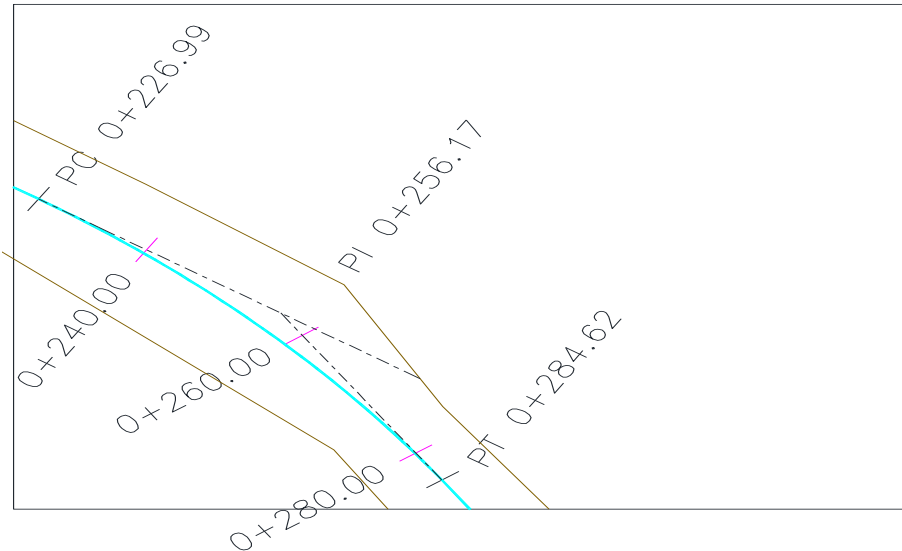


$$PT = PC + LC$$

[Ec. 1.38]

$$PT = 226.99 + 57.63$$

$$PT = 0 + 284.62 \text{ mts}$$



**Figura 2.4.** Vista en planta de la curva circular simple del proyecto.

**Fuente:** Autores.

### Cálculo del peralte y sobre ancho

$$S = 0.00785 \left( \frac{V^2}{R} \right) - u \quad \text{[Ec. 1.30]}$$

$$S = 0.00785 (50^2/150) - 0.19$$

$$S = 5.92\%$$

$$Lt = 1.64 (V^3/R) \quad \text{[Ec. 1.31]}$$

$$Lt = 1.64 (13.88^3/150)$$

$$Lt = 29.24 \text{ mts}$$

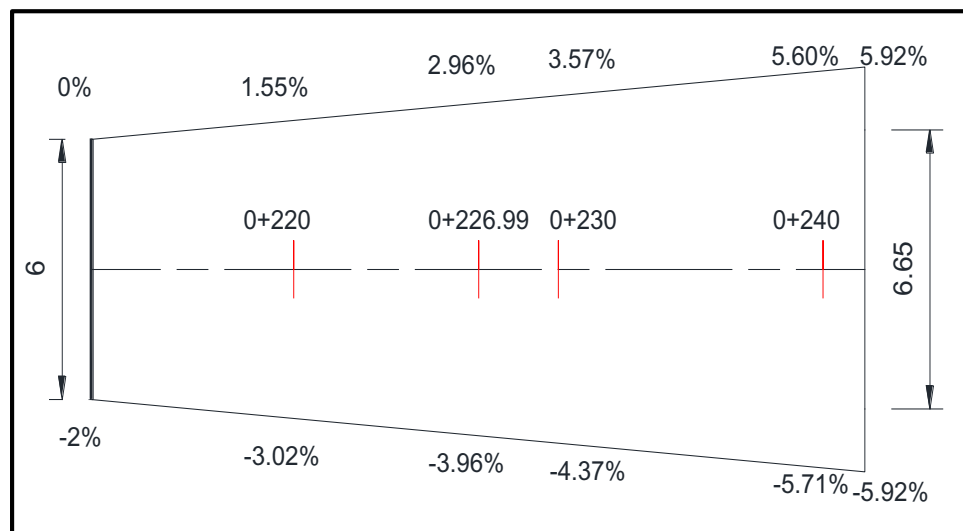
Abscisa	Cuerda
0+212.37	
0+220.00	7.63
<b>0+226.99</b>	14.62
0+230.00	17.63
0+240.00	27.63
0+241.61	29.24

Abscisa	Cuerda
0+270.00	
0+280.00	10.00
<b>0+284.62</b>	14.62
0+290.00	20.00
0+299.24	29.24

$$a = n(Rc - \sqrt{Rc^2 - 36}) + \frac{v}{10\sqrt{Rc}} \quad [\text{Ec. 1.32}]$$

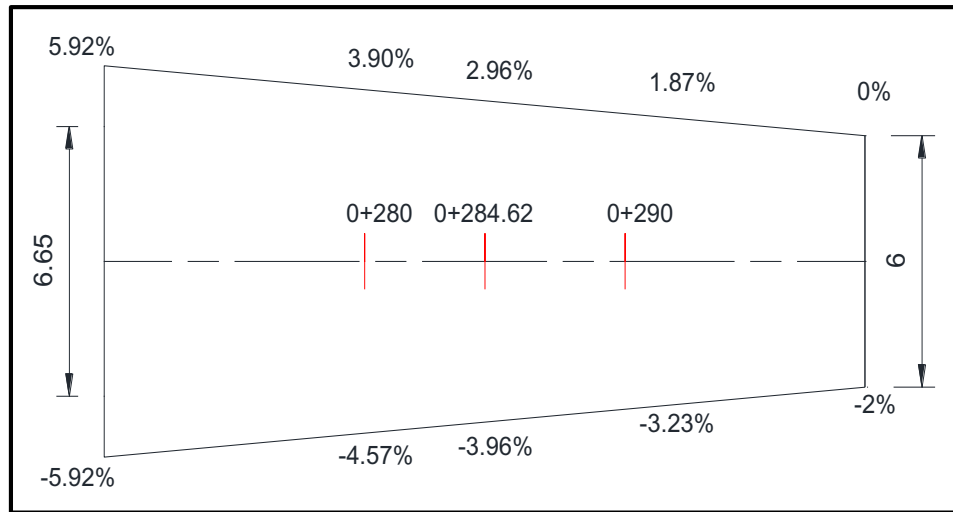
$$a = 2 \left( 150 - \sqrt{150^2 - 36} \right) + \frac{50}{10\sqrt{150}}$$

$$a = 0.65$$

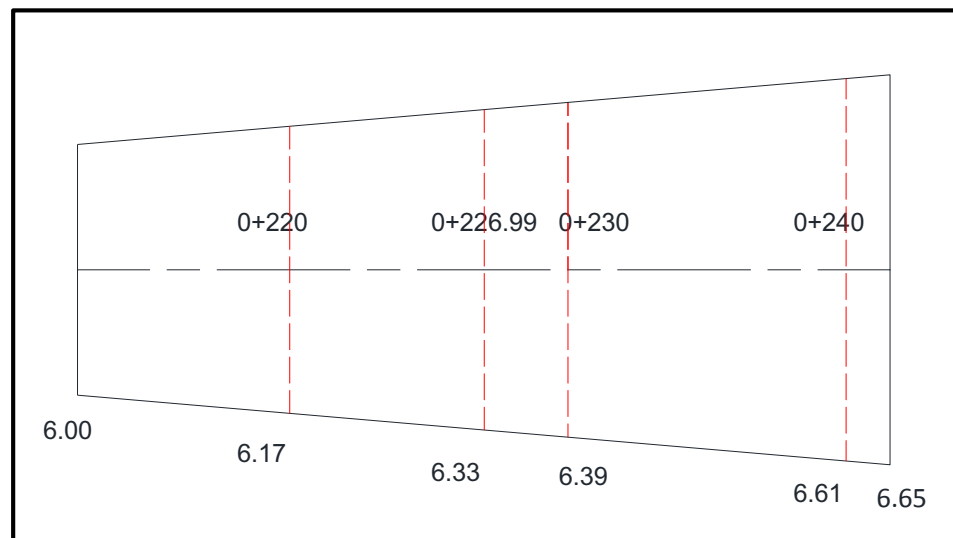


**Figura 2.5.** Transición del bombeo al peralte.

**Fuente:** Autores.



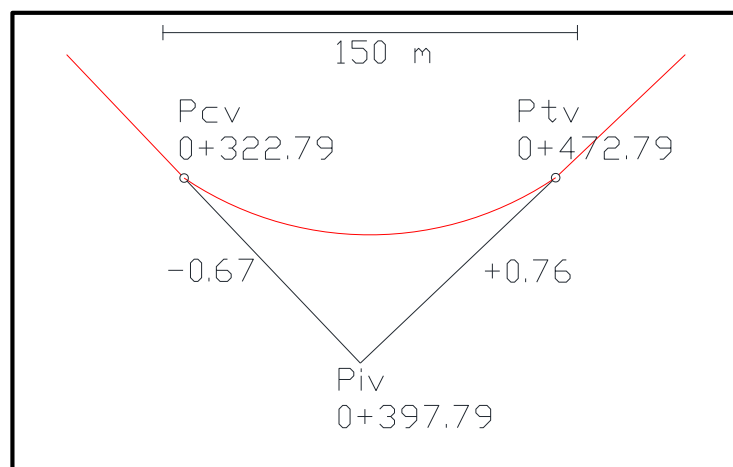
**Figura 2.6.** Transición del peralte al bombeo.  
**Fuente:** Autores.



**Figura 2.7.** Sobre ancho estipulado.  
**Fuente:** Autores.

Curva vertical						
Pendiente %		PIV	Cota	Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)	
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación			
-0.669	0.760	0+397.79	42.4759	150.00	20.00	
Diferencia algebraica de pendientes (A) =				-1.429%	Tipo de curva:	En columpio
Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)		
0	PCV	0+322.79	42.978	42.978		
1		0+342.79	42.844	42.863		
2		0+362.79	42.710	42.786		
3		0+382.79	42.576	42.748		
4		0+402.79	42.514	42.747		
5		0+422.79	42.666	42.785		
6		0+442.79	42.818	42.861		
7		0+462.79	42.970	42.974		
8	PTV	0+472.79	43.046	43.046		

**Tabla 2.4.** Datos de la curva vertical calculada.  
Fuente: Autores.



**Figura 2.8.** Elementos de la curva vertical.  
Fuente: Autores.

## 2.5. Diseño hidráulico

**Datos:**

**Intensidad de la lluvia:** 64.80 mm/h (**Dato promedio-Estación Meteorológica**)

**Área del proyecto:** 3.81 Ha

**Rugosidad de la tubería (n):** 0.010

**Coefficiente de escurrimiento:** 0.80

**Tiempo de escurrimiento:** 15 minutos

A continuación un ejemplo para el cálculo de un tramo del colector de aguas lluvias, entre los pozos 9-1:

**Columna 1:** Identificación de la calle.

Calle 6.

**Columna 2:** Identificación de los pozos de revisión.

Inicio pozo 9, llegada pozo 1.

**Columna 3:** Longitud del tramo a diseñar en metros.

50.42 m.

**Columna 4:** Área de aportación en hectáreas (ha).

(Ver Anexo No.-7) Planos donde se indican las áreas portantes para cada tramo a diseñar, para este caso es el siguiente:

**Figura 1:**

$$A_1 = \frac{b \times h}{2}$$

$$A_1 = \frac{50.42 \times 25.84}{2}$$

$$A_1 = 651.40 \text{ m}^2 \times \frac{\text{Ha}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$A_1 = 0.06514 \text{ Ha}$$

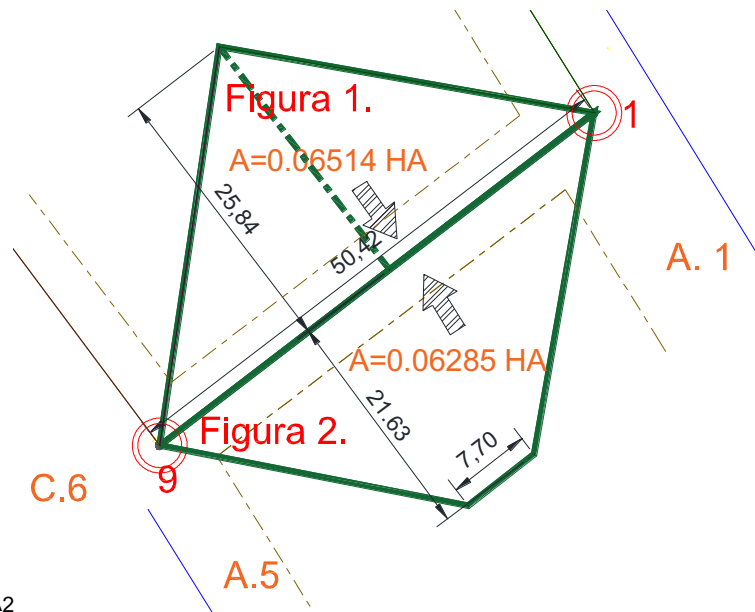
**Figura 2:**

$$A_2 = \frac{(B+b) \times h}{2}$$

$$A_2 = \frac{(50.42+7.70) \times 21.63}{2}$$

$$A_2 = 628.56 \text{ m}^2 \times \frac{\text{Ha}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$A_2 = 0.06285 \text{ Ha}$$



$$\text{Columna 4} = A_1 + A_2$$

$$\text{Columna 4} = 0.06514 \text{ Ha} + 0.06285 \text{ Ha}$$

$$\text{Columna 4} = 0.12799 \text{ Ha.}$$

**Columna 7:** Área equivalente (parcial).

$$\text{Columna 7} = \text{columna 4} \times \text{columna 6}$$

$$\text{Columna 7} = 0.80 \times 0.12799 \text{ Ha}$$

$$\text{Columna 7} = 0.10239 \text{ Ha.}$$

**Columna 8:** Área equivalente (acumulada).

Se van sumando los tramos en los cuales se vaya acumulando caudal, para este caso como es inicio no se suma y se mantiene igual.

**Columna 9:** Intensidad de la lluvia.

$$\text{Columna 9} = 62.80 \text{ mm/h} / 0.36$$

$$\text{Columna 9} = 180 \text{ mm/h.}$$

**Columna 10:** Caudal de diseño.

$$\text{Columna 10} = \text{columna 8} \times \text{columna 9}$$

$$\text{Columna 10} = 0.10239 \times 180$$

$$\text{Columna 10} = 18.43 \text{ lts/s.}$$

**Columna 11:** Diámetro de la tubería.

$$\varnothing = 250 \text{ mm.}$$

**Columna 12:** Pendiente en tanto por mil.

$$I = 22.16 \text{ ‰}$$

**Columna 13:** Velocidad en m/s, se la calcula con la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad [\text{Ec. 1.40}]$$

$$V = \frac{1}{0.01} \times \left(\frac{0.25}{4}\right)^{2/3} \times \left(\frac{22.61}{1000}\right)^{1/2}$$

$$V = 2.37 \text{ m/s}$$

**Columna 14:** Caudal en Lts/s.

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$A = \frac{3.1416 \times (0.250)^2}{4}$$

$$A = 0.049 \text{ m}^2$$

$$Q = V \times A$$

$$Q = 2.37 \text{ m/s} \times 0.049 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.1162 \text{ m}^3/\text{s} \times 1000 \text{ Lts/m}^3$$

$$Q = 116.25 \text{ Lts/s}$$

**Columna 15:** Tiempo de flujo.

$$\text{Columna 15} = L / 50V$$

$$\text{Columna 15} = 50.42\text{m} / 50 \times (2.37 \text{ m/s})$$

$$\text{Columna 15} = 0.43 \text{ s.}$$

**Columna 16:** Altura o desnivel en metros.

$$\text{Columna 16} = \text{columna 3} \times \text{columna 12}$$

$$\text{Columna 16} = 50.42 \text{ m} \times 0.02261$$

$$\text{Columna 16} = 1.14 \text{ m.}$$

**Columna 17:** Salto hidráulico en metros.

En caso de haber será la diferencia entre la tubería de salida de mayor diámetro con relación a la de llegada de menor diámetro.

**Columna 18:** Cota del terreno.

Columna 18= 43.36 m.

**Columna 19:** Cota del proyecto.

Columna 19= 41.91 m.

**Columna 20:** Corte para llegar a la cota de proyecto.

Columna 20= columna 18 – columna 19

Columna 20= 43.36 m – 41.91 m

Columna 20= 1.45 m.

**(Ver hoja de cálculo hidráulico en Anexo No.- 5)**



## **CAPÍTULO III**

### **EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **3.1. Datos de la subrasante**

De los análisis elaborados, se estableció que el suelo estudiado tiene las siguientes propiedades:

Descripción del suelo: Limo arcilloso color café

Clasificación: S.C.U.: CL      P.R.A: A-6

Límite líquido: 35.50 %

Límite plástico: 18.50 %

Índice Plástico: 17.00 %

IG: 10.50

Densidad seca máxima: 1518 kg/m<sup>3</sup>

Humedad óptima Hop = 28.18 %

CBR: al 95% de compactación es de 3.52 %

Como puede verse, este material no cumple con los requisitos de subrasante establecido por el MTOP, debido a que es muy plástico y el CBR no es mayor que el 5%. Es una subrasante no apta para nuestro diseño, por lo cual se procedió a mejorar la calidad del suelo de subrasante. A continuación se detallan los agregados utilizados en la mezcla mejorada del suelo de subrasante para realizar los ensayos correspondientes.

### 3.1.1. Datos de la subrasante (suelo-cemento)

#### Agregados para el cálculo del C.B.R.

SUBRASANTE	PORCENTAJE	PESO
Muestra	75%	11250 gr
Arena	20%	3000 gr
Cemento	5%	750 gr
Total de la mezcla	100%	15000 gr

**Tabla 3.1.** Tabla de porcentajes de agregados.

Fuente: Autores.

#### Agregados para el cálculo del Proctor.

SUBRASANTE	PORCENTAJE	PESO
Muestra	75%	4500 gr
Arena	20%	1200 gr
Cemento	5%	300 gr
Total de la mezcla	100%	6000 gr

**Tabla 3.2.** Tabla de porcentajes de agregados.

Fuente: Autores.

#### Datos de la mezcla mejorada.

Densidad seca máxima: 1629 kg/m<sup>3</sup>

Humedad óptima Hop = 19.37%

CBR: al 95% de compactación es de 23.50 % aprox.

En la tabla 3.3 se detalla la clasificación de las subrasante según su valor de soporte (C.B.R.), para nuestro caso es una subrasante tipo S<sub>3</sub>.

TIPO DE SUBRASANTES	CBR	TIPO DE SUBRASANTES	CBR
S <sub>0</sub>	CBR<5	S <sub>2</sub>	10<CBR<20
S <sub>1</sub>	5<CBR<10	S <sub>3</sub>	CBR >20
S <sub>2</sub>	10<CBR<20		

**Tabla 3.3.** Clasificación de la subrasante.

**Fuente:** Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador

### 3.2. Sección típica para Pavimento Rígido

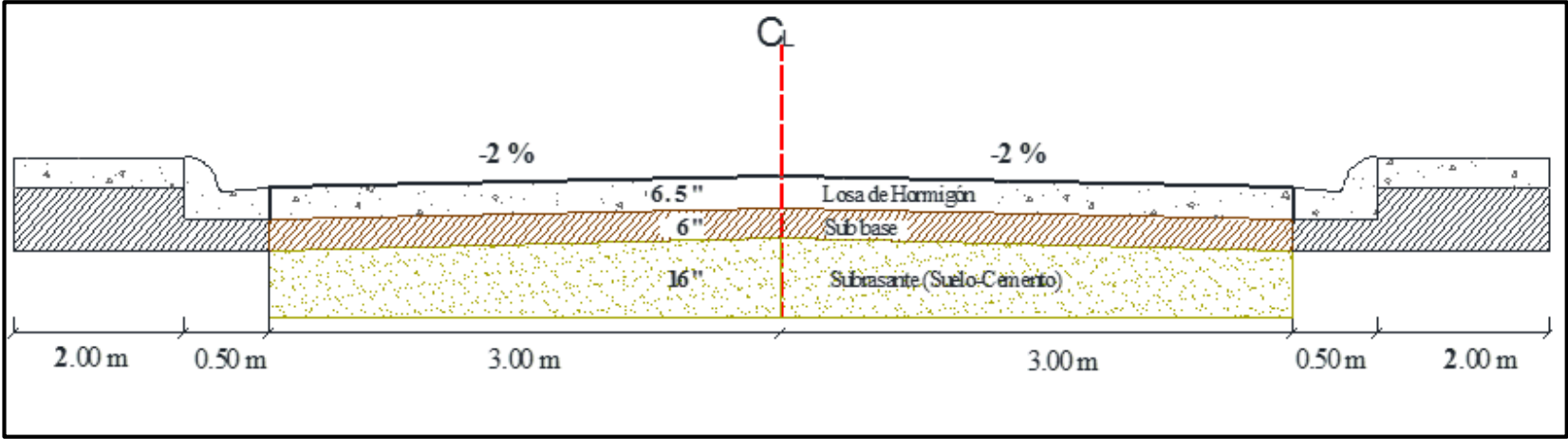
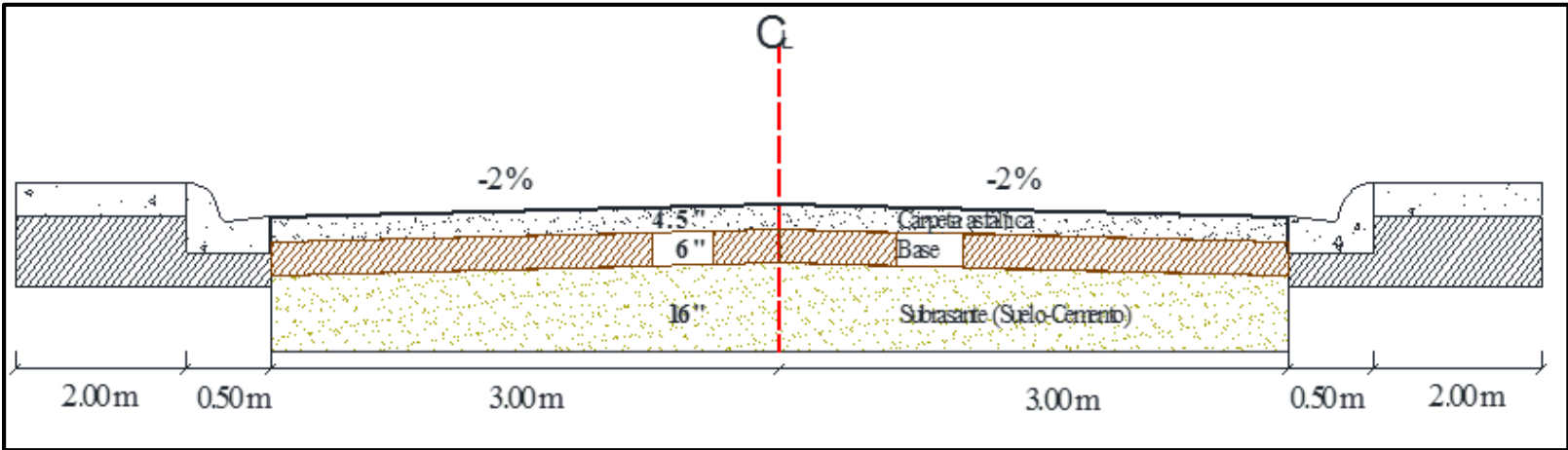


Figura 3.1. Espesores de las capas del pavimento rígido.  
Fuente: Autores.

**3.3. Sección típica para Pavimento Flexible**



**Figura 3.2.** Espesores de las capas del pavimento flexible.  
**Fuente:** Autores.

### 3.4. Presupuesto del Pavimento Rígido

ITEMS	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIOS UNITARIOS	CANTIDAD	PRECIO
1	LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO	M2	0.80	6565.86	5252.69
2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	M2	1.50	4347.54	6521.31
3	DESALOJO DE MATERIAL SOBRENTE	M3	0.97	1045.54	1014.17
4	EXCAVACIÓN	M3	5.93	2428.26	14399.58
5	MATERIAL DE MEJORAMIENTO SUELO-CEMENTO	M3	15.90	1739.02	27650.35
6	MATERIAL DE SUBBASE CLASE 3	M3	6.28	993.85	6241.36
7	PAVIMENTO DE HORMIGÓN DE CEMENTO PORTLAND E=6.5", FC=210 KG/CM2	M2	27.58	4350	119973
8	ACERO DE REFUERZO FY=4200KG/CM2 EN CONECTORES DE PISO	KG	2.12	5599.44	11870.81
9	ACERO DE REFUERZO FY=2800 KG/CM2 D=10 MM	KG	1.96	471.98	925.08
10	CORTE DE JUNTAS EN PAVIMENTO RÍGIDO	ML	1.61	1937	3118.57
11	SELLADO DE JUNTAS CON MATERIAL BITUMINOSO	ML	2.83	1937	5481.71
12	ACABADO DE OBRA BÁSICA	M2	0.35	4347.54	1521.64
13	PINTURA ANTISOL	M2	0.86	4347.54	3738.88
<b>TOTAL</b>					<b>207709.15</b>

**Tabla 3.4.** Presupuesto de la estructura vial para pavimento rígido.

**Fuente:** Autores

### 3.5. Presupuesto del Pavimento Flexible

ITEMS	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIOS UNITARIOS	CANTIDAD	PRECIO
1	LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO	M2	0.80	6565.86	5252.69
2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	M2	1.50	4347.54	6521.31
3	DESALOJO DE MATERIAL SOBRANTE	M3	0.97	985.21	955.65
4	EXCAVACIÓN	M3	5.93	2379.72	14111.74
5	MATERIAL DE MEJORAMIENTO SUELO-CEMENTO	M3	15.90	1739.02	27650.35
6	MATERIAL DE BASE CLASE 1	M3	9.30	993.85	9242.78
7	ASFÁLTO PARA IMPRIMACIÓN DOSIFICACIÓN 1.5 lt/m <sup>2</sup>	LT	0.82	6847.38	5614.85
8	CARPETA ASFÁLTICA E=4.5" MEZCLADO EN PLANTA	M2	11.55	4347.54	50214.09
<b>TOTAL</b>					<b>119563.46</b>

**Tabla 3.5.** Presupuesto de la estructura vial para pavimento flexible.

**Fuente:** Autores.

### 3.6. Presupuesto del Alcantarillado Pluvial

ITEMS	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIOS UNITARIOS	CANTIDAD	PRECIO
AP01	REPLANTEO DE EJES	KM	447.62	1.38	617.72
AP02	DESALOJO DE MATERIAL SOBRANTE	M3	0.97	280.00	271.60
AP03	EXCAVACIÓN A MÁQUINA 0.00 A 2.00 M	M3	3.34	170.07	568.03
AP04	EXCAVACIÓN A MÁQUINA 2.00 A 4.00 M	M3	3.98	2716.52	10811.75
AP05	EXCAVACIÓN A MÁQUINA 4.00 A 6.00 M	M3	4.60	3714.81	17088.14
AP06	POZO DE REVISIÓN 0.00 - 2.00 M	U	781.67	2.00	1563.34
AP07	POZO DE REVISIÓN 2.01 - 4.00 M	U	1106.64	7.00	7746.48
AP08	POZO DE REVISIÓN 4.01 - 6.00 M	U	1616.15	6.00	9696.90
AP09	RELLENO COMPACTADO	M3	5.82	6429.41	37419.17
AP10	SUMIDEROS DE CALZADA, INCLUYE REJILLA DE HIERRO FUNDIDO	U	187.75	43.00	8073.25
AP11	SUM. INST Y PRUEBA TUBERÍA PVC 200 MM	M	17.11	315.41	5396.67
AP12	SUM. INST Y PRUEBA TUBERÍA PVC 300 MM	M	19.43	102.81	1997.60
AP13	SUM. INST Y PRUEBA TUBERÍA PVC 350 MM	M	29.53	41.06	1212.50
AP14	SUM. INST Y PRUEBA TUBERÍA PVC 400 MM	M	47.76	234.91	11219.11
AP15	SUM. INST Y PRUEBA TUBERÍA PVC 450 MM	M	71.21	118.66	8449.78
AP16	SUM. INST Y PRUEBA TUBERÍA PVC 500 MM	M	95.24	110.68	10541.16
AP17	SUM. INST Y PRUEBA TUBERÍA PVC 550 MM	M	128.62	134.64	17317.40
<b>TOTAL</b>					<b>149990.59</b>

**Tabla 3.6.** Presupuesto del Alcantarillado Pluvial. **Fuente:** Autores.



## CONCLUSIONES

- Se estableció el trazado geométrico y altimétrico de la calle en estudio, identificando que hay una curva horizontal y una curva vertical la cual es cóncava determinando así que los extremos de la vía y de las calles que conllevan a las cuadras aledañas se encuentran con cotas superiores en referencia al tramo de la curva vertical, evidenciándose claramente que no hay un desfogue de agua y este es uno de los factores por el que la calle se encuentra en tan malas condiciones, se acumula gran cantidad de agua en tiempos de lluvias, y quedando en claro la gran necesidad del diseño de un alcantarillado pluvial.
- Se determinó mediante los estudios de suelo realizado al material extraído de la calle que el mismo no cumple como material de subrasante, por lo cual mediante nuevos ensayos se mejoró el material con el uso de arena y cemento, para bajar la plasticidad, aumentar su capacidad de soporte y por tanto reducir los espesores de las capas.
- En el diseño del pavimento flexible el cálculo del espesor de la capa de subbase, da como resultado de que no requiere dicha capa, ya que el número estructural  $SN_3$  es menor que  $SN^*_2$ , es decir que la resistencia requerida para soportar las cargas y esfuerzos transmitidos por los ejes equivalentes, son soportadas por la capa de pavimento y la capa de base sin necesidad de la capa de subbase.
- Se adoptó el diseño de pavimento rígido, debido a que en el sector se proyectan obras de gran envergadura como el Hospital de Especialidades, y habrá un incremento importante de tráfico necesitando vías de mayor durabilidad y mayor capacidad de soporte de cargas; se desempeña mejor antes acciones de lluvias y el desgaste

a largo plazo será menor a diferencia del pavimento flexible, ya que con un correcto mantenimiento el período de vida útil será mayor al establecido en el diseño, compensando de esa forma el costo inicial de la obra.

- Se diseñó el alcantarillado pluvial para la calle en estudio y de las cuadras adyacentes a la misma, aclarando que el diseño no varía para ninguno de los pavimentos propuestos, dado que el nivel de rasante es igual para ambos casos, aunque se adoptará el pavimento rígido; este diseño es de gran importancia ya que sin este no habría una correcta evacuación de las aguas lluvias debido a que la vía consta de una curva vertical cóncava, aparte de que en sus extremos se encuentran con cotas superiores en referencia al tramo de la curva, las calles y accesos a las cuadras aledañas también se encuentran en cotas superiores imposibilitándose la salida de las aguas y así quedándose empozadas en las cotas más bajas, provocando problemas futuros al pavimento.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda después de haber realizado la investigación lo siguiente:

- Aplicar la dosificación establecida del 20% de arena y el 5% de cemento para el diseño de subrasante, para no variar la capacidad de soporte calculada en los ensayos de laboratorio.
- Debido a la importancia del correcto funcionamiento de las juntas en el pavimento rígido, se recomienda acatar a cabalidad los tipos de juntas diseñados tanto para el sentido transversal y el sentido longitudinal establecido en esta investigación.
- Se recomienda que para el proceso constructivo, las capas del pavimento cumplan con los C.B.R. de diseños establecidos en los cálculos para así evitar variar los espesores de las capas ya diseñados.
- La recolección de las aguas lluvias es un parámetro importante en esta investigación, por tanto es aconsejable la utilización de cinta gotera o bordillo cuneta para la canalización de las mismas hacia los sumideros y evitar así la acumulación de aguas lluvias en la vía.
- Se recomienda la elaboración de un plan de manejo ambiental previo a su construcción para de esta forma mitigar los efectos causados por el proceso constructivo de la vía.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **AASTHO, (1993).** American Association of State Highway and Transportation Officials.
2. **Carciente, Jacob (1985).** Carreteras: estudio y proyectos. Caracas, Venezuela.
3. **Crespo Villalaz, Carlos (1999).** Mecánica de Suelos y Cimentaciones. 4ª edición. Editorial Limusa. México.
4. **Consultoría y Construcciones Colombia Ltda. (2010).** *Diseño de Pavimentos. Centralidad-Nazareth.* Medellín, Colombia.
5. **Coronado Iturbe, Jorge (2002).** Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos. Guatemala.
6. **Corredor, Gustavo (2008).** *Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Tecnología de la Construcción.* Capítulo Tercero, La guía de diseño AASHTO-93.
7. **Flor Alcívar, Armando (2013).** *Determinación del Impacto Ambiental producido por la utilización de aditivos en hormigón en la vía Tosagua-Chone.* Universidad Estatal de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
8. **Hun Aguilar, Ligia Elizabeth (2003).** *Diseño del pavimento rígido y drenaje pluvial para un sector de la aldea Santa María Cauque, del municipio de Santiago Sacatepéquez.* Sacatepéquez, Guatemala.
9. **IDANN, (2006).** Normas técnicas para aprobación de planos de los sistemas de acueductos y alcantarillados sanitarios. Panamá.
10. **Monsalve Lina, Giraldo Laura, Maya Jessyca (2012).** *Diseño de pavimento flexible y rígido.* Armenia, Colombia.
11. **Montejo Fonseca, Alfonso (1998).** Ingeniería de Pavimentos. Colombia.
12. **Norma Ecuatoriana Vial. NEVI-12-MTOP (2013).** *Capítulo 2A.200 Diseño geométrico del trazado.* Quito, Ecuador.

13. **Pinargote Veliz, Pibaque Tigua (2007).** *Estudio y diseño del camino vecinal "Choconchá–Caña Brava–San Miguel–Agua Dulce" en el cantón Jipijapa.* Manabí, Ecuador.
14. **Rico, Del Castillo (2005).** *La ingeniería del suelo en las vías terrestres. Carreteras, ferrocarriles y aeropistas.* Volumen 1. Editorial Limusa. México.
15. **Salazar Rodríguez, Aurelio (1998).** *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.* Editorial IMCYC, México.
16. **Torres, Rafael (2007).** *Análisis comparativo de costos entre el pavimento flexible y el pavimento rígido.* Guatemala.
17. **Torres Alvaro, Villate Eduardo (1968).** *Topografía.* Segunda edición. Editorial Carvajal & CIA. Cali, Colombia.
18. **Vásquez Varela, Luis Ricardo (2006).** *Software Método AASTHO para el diseño de pavimentos (1993).* Manizales, Colombia.

#### **PÁGINAS WEB:**

19. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6129/5/tesis%20completa.docx>
20. <http://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=zgvmyxvsdgrvbwfpbnxpbmdlcfg2fgd4ojq1ywkzkyk2zdy2owjlote>
21. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1620/9/cap%208.%20pavimentos%20mod.pdf>
22. [http://es.wikipedia.org/wiki/dise%C3%B1o\\_geom%C3%A9trico\\_de\\_carreteras](http://es.wikipedia.org/wiki/dise%C3%B1o_geom%C3%A9trico_de_carreteras)
23. [http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/cap\\_v.htm#areadrenaje](http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/cap_v.htm#areadrenaje)
24. <http://www.moore.com.co/manual%20hidraulico/capitulo%202.htm>

## **ANEXOS**

Anexo No.- 1. **Anteproyecto de Tesis.**

### **ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

La ciudad de Portoviejo es la capital de la provincia de Manabí, con una población de 280.000 habitantes, se localiza a 30 kilómetros del Océano Pacífico, su altura promedio es de 46 metros sobre el nivel del mar, se localiza en un valle rodeado de colinas y El río Portoviejo cruza la ciudad dividiéndola en dos zonas.

**Vialidad:** La ciudad de Portoviejo se ha caracterizado por el mal estado de sus vías o en su defecto la falta de pavimentación de las calles que son las fuentes de desarrollo de las urbes. La calle Tarqui no se encuentra pavimentada, y necesita de una pavimentación ya que sirve de alternativa al descongestionamiento del tráfico que se genera en la avenida 15 de abril y a la concurrencia de la gran cantidad de vehículos que circularan debido al nuevo Hospital de Especialidades de Portoviejo.

**Alcantarillado Pluvial:** La no correcta evacuación de las aguas lluvias en las calzadas provoca daños considerables a la misma y en algunos casos causa inundación a viviendas ubicadas en zonas bajas, la falta de sumideros en la ciudad de Portoviejo y de un buen drenaje pluvial hace de esto un problema para la ciudadanía y es necesario considerarlo previo a la construcción de nuevas calles.

**La calle Tarqui:** La falta de una estructura vial en la calle Tarqui, dificulta el tránsito de vehículos que últimamente se ha incrementado considerablemente y seguirá en aumento ya que será una alternativa al descongestionamiento del tránsito que se genera en la avenida 15 de abril y por el nuevo Hospital de Especialidades de Portoviejo, que en los actuales momentos está en construcción; al igual que las molestias por el polvo y la falta de un drenaje

pluvial trae consigo problemas en la salud de los moradores e inconveniente en épocas invernales..

**Figura 1.1** Estado actual de la vía.



**Figura 1.2** Imagen satelital del tramo de la vía a diseñar.



## **JUSTIFICACIÓN**

Las vías de comunicación son de importancia fundamental para el desarrollo económico del país. Es por eso la decisión de realizar el diseño de pavimentación y drenaje pluvial para la zona que se describe a continuación:

El anillo vial consta de cinco kilómetros de carretera y abarca desde la calle 21 de diciembre hasta la 22 de noviembre. (Ciudadela Los Ángeles, avanzando por las calles 22 de Noviembre gira por la 21 de diciembre hasta unirse con la Jaime Roldós que desemboca en la vía principal de acceso al sector, por la estación de Loma Blanca.), es decir inicia y termina en la vía a santana o avenida 15 de abril, la calle TARQUI intersecta el anillo vial del Florón y es una alternativa al descongestionamiento al tráfico del sector o como ruta alterna tanto a los usuarios de la vía a Santana como de las ciudadelas que son beneficiarios o afectados directos de esta vía (ciudadela Vélez, los Florones, ciudadela los Ángeles, el Paraíso, el Guabito, Pompilio Galarza, los Helechos, entre otros) así como los tanqueros que se abastecen de la estación “Loma Blanca” para dar el servicio a los sectores que carecen de agua potable y que transitan por la mencionada calle TARQUI objeto de este estudio; consta con más de 700 metros lineales, inicia en la calle 22 de noviembre sobre la ciudadela Vicente Vélez y culmina en la calle Medardo Cevallos por el sector de la ciudadela Pompilio Galarza y ciudadela los Helechos junto a la estación de bombeo “Loma Blanca”.

## **OBJETO**

- Diseño de pavimentos.

## **CAMPO**

- Pavimento rígido y pavimento flexible.



## **OBJETIVO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN**

- Analizar el diseño de una estructura vial y drenaje pluvial en pavimento rígido y pavimento flexible en la calle Tarqui, ubicada en la ciudad de Portoviejo entre las calles Medardo Cevallos y 22 de Noviembre.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer el trazado geométrico y altimétrico de la calle en estudio.
- Diseñar el tipo de subrasante a utilizar en la vía.
- Realizar el Diseño de pavimento flexible y pavimento rígido para determinar que pavimento se adapta mejor a las características de la vía.
- Diseñar el alcantarillado pluvial para la vía.

## **HIPÓTESIS**

- El pavimento rígido dará mayor durabilidad y su costo a largo plazo serán menores que el pavimento flexible en la construcción de la calle Tarqui, ubicada en la ciudad de Portoviejo entre las calles Medardo Cevallos y 22 de Noviembre.

## **VARIABLE INDEPENDIENTE**

- Análisis comparativo entre pavimento rígido y pavimento flexible.

## **VARIABLE DEPENDIENTE**

- Diseño de Pavimento y Drenaje pluvial.

## **MÉTODOS, TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS**

El tipo de investigación es descriptiva y exploratoria.

En la investigación de campo se efectuará un estudio de tráfico y se determinarán las propiedades del suelo a ensayar.

La observación es de tipo científica, pues permitirá identificar y resaltar cualquier problema técnico en vías adyacentes y problemas que genere la falta de una estructura vial y drenaje pluvial.

La investigación bibliográfica se realizará mediante bibliotecas, páginas web, archivos municipales, etc.

Los resultados de los instrumentos aplicados se analizarán, por medio de las técnicas de análisis y síntesis.

Anexo No.- 2. **Conteo vehicular.**

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS		BUS	CAMIONES UNITARIOS	SEMITRAILER	TOTAL	%
		Autos	Pick up	2E	2E	2S1/2S2		
7-8	S	64	7	2			73	14.01%
8-9	E	35	3				38	5.91%
	S	32	2		1		35	6.72%
9-10	E	31	3				35	5.44%
	S	12	1	1	1		17	3.26%
10-11	E	19	2	1			22	3.42%
	S	14	2				17	3.26%
11-12	E	25	3		1		29	4.51%
	S	12					14	2.69%
12-13	E	88					88	13.69%
	S	76	3	1			80	15.36%
13-14	E	74	8				82	12.75%
	S	35	6	1	2		45	8.64%
14-15	E	36	9				45	7.00%
	S	12	6				18	3.45%
15-16	E	25	5		1		31	4.82%
	S	16	4	1			22	4.22%
16-17	E	47	9				56	8.71%
	S	33	3				36	6.91%
17-18	E	66	4	2			72	11.20%
	S	94	3	2	1		100	19.19%
18-19	E	54	5				59	9.18%
	S	61	3				64	12.28%
Parcial	E	578	57	5	2	0	643	100.16%
	S	461	40	8	5	0	521	100.00%
<b>TOTAL AMBOS SENT.</b>		<b>1039</b>	<b>97</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>1164</b>	
		89.26%	8.33%	1.12%	0.60%	0.00%	<b>100.0%</b>	

**Día 1.-** Conteo y clasificación vehicular

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS		BUS	CAMIONES UNITARIOS	SEMITRAILER	TOTAL	%
		Autos	Pick up	2E	2E	2S1/2S2		
7-8	E	70	5	2			77	13.77%
	S	56	2	1			59	13.88%
8-9	E	35	2		2		39	6.98%
	S	21	5		1		27	6.35%
9-10	E	25	3	2	1		31	5.55%
	S	11	1				12	2.82%
10-11	E	9	8	1			20	3.58%
	S	18			1		20	4.71%
11-12	E	48	5	2			55	9.84%
	S	38	1		1		40	9.41%
12-13	E	36	5				43	7.69%
	S	22	5	2			29	6.82%
13-14	E	15	6				21	3.76%
	S	12	2				15	3.53%
14-15	E	35	8	1			45	8.05%
	S	41	9		1		51	12.00%
15-16	E	45	5				51	9.12%
	S	35	8	1			44	10.35%
16-17	E	35	9				44	7.87%
	S	24	3				27	6.35%
17-18	E	64	2	2			68	12.16%
	S	57	1	2	1		61	14.35%
18-19	E	62	3				65	11.63%
	S	35	5				40	9.41%
Parcial	E	479	61	10	3	0	559	100.00%
	S	370	42	6	5	0	425	100.00%
<b>TOTAL AMBOS SENT.</b>		<b>849</b>	<b>103</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>984</b>	
		86.28%	10.47%	1.63%	0.81%	0.00%	<b>100.0%</b>	

**Día 2.-** Conteo y clasificación vehicular

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS		BUS	CAMIONES UNITARIOS	SEMITRAILER	TOTAL	%
		Autos	Pick up	2E	2E	2S1/2S2		
7-8	E	75	6	1	1		83	14.87%
	S	62	4	1	1		68	13.31%
8-9	E	35	9				44	7.89%
	S	24	9	2			35	6.85%
9-10	E	25	5	1			31	5.56%
	S	19	1		1		21	4.11%
10-11	E	14	2	1	1		19	3.41%
	S	10	3				13	2.54%
11-12	E	19	9				29	5.20%
	S	17	2		1		20	3.91%
12-13	E	53	1		1		55	9.86%
	S	56	5				62	12.13%
13-14	E	45	9	1			55	9.86%
	S	48	8	2	2		60	11.74%
14-15	E	33	5		1		40	7.17%
	S	39	2	1	2		44	8.61%
15-16	E	24	9				33	5.91%
	S	19		1	1		21	4.11%
16-17	E	23	5	2			30	5.38%
	S	21	1		1		23	4.50%
17-18	E	78		2			80	14.34%
	S	95	3	2			100	19.57%
18-19	E	56	3				59	10.57%
	S	42	2				44	8.61%
Parcial	E	480	63	8	4	0	558	100.00%
	S	452	40	9	9	0	511	100.00%
<b>TOTAL AMBOS SENT.</b>		<b>932</b>	<b>103</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>1069</b>	
		87.18%	9.64%	1.59%	1.22%	0.00%	<b>100.0%</b>	

**Día 3.-** Conteo y clasificación vehicular

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS		BUS	CAMIONES UNITARIOS	SEMITRAILER	TOTAL	%
		Autos	Pick up	2E	2E	2S1/2S2		
6-7	E	51	4	2			57	8.85%
	S	47	5	1			53	8.95%
7-8	E	45	6		1		52	8.07%
	S	31	1	2	2		36	6.08%
8-9	E	25	2		1		30	4.66%
	S	23	4		1		28	4.73%
9-10	E	18	5				23	3.57%
	S	17	2	1			22	3.72%
10-11	E	16	9	1	2		28	4.35%
	S	14	5		1		20	3.38%
11-12	E	75	4	2			81	12.58%
	S	63	5				69	11.66%
12-13	E	85	8	2			95	14.75%
	S	88	1				89	15.03%
13-14	E	75	3	2			81	12.58%
	S	66	2				68	11.49%
14-15	E	32	9		1		43	6.68%
	S	38	1	1			40	6.76%
15-16	E	25	5				30	4.66%
	S	21	9	1			31	5.24%
16-17	E	20	5	1			26	4.04%
	S	31	2		1		34	5.74%
17-18	E	45	9	2	1		57	8.85%
	S	52	1	1			54	9.12%
18-19	E	39	2				41	6.37%
	S	45	3				48	8.11%
Parcial	E	551	71	12	6	0	644	100.00%
	S	536	41	7	5	0	592	100.00%
<b>TOTAL AMBOS SENT.</b>		<b>1087</b>	<b>112</b>	<b>19</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>1236</b>	
		87.94%	9.06%	1.54%	0.89%	0.00%	<b>100.0%</b>	

#### Día 4.- Cuento y clasificación vehicular

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS		BUS	CAMIONES UNITARIOS	SEMITRAILER	TOTAL	%
		Autos	Pick up	2E	2E	2S1/2S2		
7-8	E	69	2	1			72	16.18%
	S	71	1	2	1		75	15.76%
8-9	E	35	2				37	8.31%
	S	30	8		1		39	8.19%
9-10	E	14	5	1			20	4.49%
	S	16					16	3.36%
10-11	E	19	4	1			24	5.39%
	S	10	6				16	3.36%
11-12	E	12	8	1			21	4.72%
	S	32		1	1		34	7.14%
12-13	E	45	5				51	11.46%
	S	62	5				67	14.08%
13-14	E	35	2	1			38	8.54%
	S	26	8		1		35	7.35%
14-15	E	41	4				45	10.11%
	S	23		1			24	5.04%
15-16	E	12	8		1		21	4.72%
	S	18	9	1			28	5.88%
16-17	E	12	2	1			15	3.37%
	S	11	4				15	3.15%
17-18	E	55	3	1	1		60	13.48%
	S	74	1	2			77	16.18%
18-19	E	35	6				41	9.21%
	S	42	8				50	10.50%
Parcial	E	384	51	7	2	0	445	100.00%
	S	415	50	7	4	0	476	100.00%
<b>TOTAL AMBOS SENT.</b>		<b>799</b>	<b>101</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>921</b>	
		86.75%	10.97%	1.52%	0.65%	0.00%	<b>100.0%</b>	

**Día 5.-** Conteo y clasificación vehicular

Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS		BUS	CAMIONES UNITARIOS	SEMITRAILER	TOTAL	%
		Autos	Pick up	2E	2E	2S1/2S2		
7-8	E	28	1	2			31	7.23%
	S	27	3	1			31	7.64%
8-9	E	49	5				54	12.59%
	S	51		1			52	12.81%
9-10	E	43	1				44	10.26%
	S	45	2	1			48	11.82%
10-11	E	32			1		34	7.93%
	S	30	5				35	8.62%
11-12	E	26	2	2			30	6.99%
	S	45	5				51	12.56%
12-13	E	56	5	1			62	14.45%
	S	50	4				54	13.30%
13-14	E	38	2		2		42	9.79%
	S	35		1			36	8.87%
14-15	E	23	8				31	7.23%
	S	21	6	1			28	6.90%
15-16	E	15	3	2			20	4.66%
	S	16	8				24	5.91%
16-17	E	19	2	1	1		23	5.36%
	S	8	8				16	3.94%
17-18	E	25	7	1			33	7.69%
	S	12	3				15	3.69%
18-19	E	25	1				26	6.06%
	S	16					16	3.94%
Parcial	E	379	37	9	4	0	429	100.23%
	S	356	44	5	0	0	406	100.00%
<b>TOTAL AMBOS SENT.</b>		<b>735</b>	<b>81</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>835</b>	
		88.02%	9.70%	1.68%	0.48%	0.00%	<b>100.00%</b>	

**Día 6.-** Conteo y clasificación vehicular



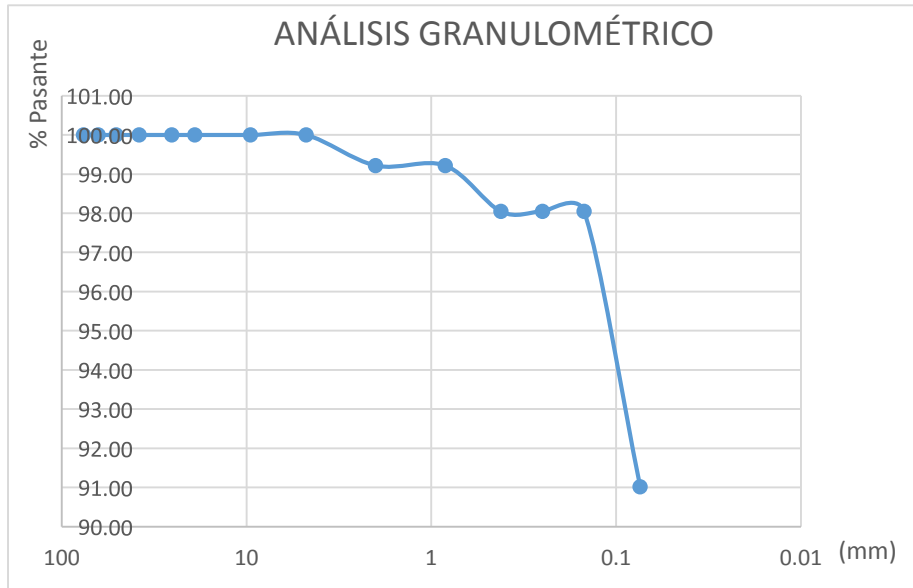
Hora	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS		BUS	CAMIONES UNITARIOS	SEMITRAILER	TOTAL	%
		Autos	Pick up	2E	2E	2S1/2S2		
7-8	E	28		1			29	5.84%
	S	27	2	2			31	6.14%
8-9	E	49	3				52	10.46%
	S	51	2	1			54	10.69%
9-10	E	43	1	1			45	9.05%
	S	45	9		1		55	10.89%
10-11	E	56	5		1		62	12.47%
	S	60	1	1			62	12.28%
11-12	E	77	2	1			80	16.10%
	S	73					73	14.46%
12-13	E	66	1				67	13.48%
	S	68	3				72	14.26%
13-14	E	38	9				47	9.46%
	S	35	2				37	7.33%
14-15	E	25	9	1			36	7.24%
	S	23	3	1			27	5.35%
15-16	E	12					12	2.41%
	S	14	1	1			16	3.17%
16-17	E	15					15	3.02%
	S	16		2			18	3.56%
17-18	E	32	5	2	1		40	8.05%
	S	31	8	1			40	7.92%
18-19	E	12					12	2.41%
	S	18	2				20	3.96%
Parcial	E	453	35	6	2	0	497	100.00%
	S	461	33	9	1	0	505	100.00%
<b>TOTAL AMBOS SENT.</b>		<b>914</b>	<b>68</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1002</b>	
		91.22%	6.79%	1.50%	0.30%	0.00%	<b>100.0%</b>	

**Día 7.-** Conteo y clasificación vehicular

Anexo No.- 3. Ensayos de Suelo.

GRANULOMETRÍA								
ULEAM		FACULTAD DE INGENIERÍA						
ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO								
OBRA:		DISEÑO DE PAVIMENTOS		PESO MUESTRA: 100 Gr.				
SITUACIÓN:		CALLE TARQUI-PORTOVIEJO		PROGRESIVA: 0+500				
PERFORACIÓN:		CALICATA N° M1		N° LABORATORIO: 1				
		Desing. Tamiz US	A Peso Retenido gr.	A Peso Retenido gr. REAL	B % Pasante	% Mas Grueso	% Mas Fino	
TAMIZADO USANDO EL P.T.M.	PIEDRA O CANTOS	4						
		3	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	
	GRAVA	GRUESA	2 1/2	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
			2	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
			1 1/2	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
			1	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
			3/4	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
		FINA	1/2	0,00	0,00	0,00		
			3/8		0,00	0,00	0,00	100,00
			1/4					
			N° 4	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
TAMIZADO CON FRACCIÓN MENOR Q' P.T.M.	ARENA	GRUESA	N° 8					
			N° 10	0,20	0,78	0,78	0,78	99,22
		MEDIA	N° 16					
			N° 20	0,00	0,00	0,00	0,78	99,22
			N° 30					
			N° 40	0,30	1,17	1,17	1,95	98,05
	FINA	N° 50						
		N° 60	0,00	0,00	0,00	1,95	98,05	
		N° 80						
		N° 100		0,00	0,00	1,95	98,05	
		N° 200	1,80	7,03	7,03	8,98	91,02	
		P N° 200	23,3	91,02	91,02	100,00	0,00	
VÍA SECA					VÍA HÚMEDA		X	

### CURVA GRANULOMÉTRICA



### ABERTURA DE TAMICES

Tamaño o número del tamiz	Abertura		Pasante
	milímetros	pulgadas	
3	76,2	3	100,00
2 1/2	63,5	2,5	100,00
2	50,8	2	100,00
1 1/2	38,1	1,5	100,00
1	25,4	1	100,00
3/4	19,1	0,75	100,00
3/8	9,53	0,375	100,00
Nº4	4,76	0,187	100,00
Nº10	2	0,0787	99,22
Nº20	0,84	0,0331	99,22
Nº40	0,42	0,0165	98,05
Nº60	0,25	0,0098	98,05
Nº100	0,149	0,0059	98,05
Nº200	0,074	0,0029	91,02

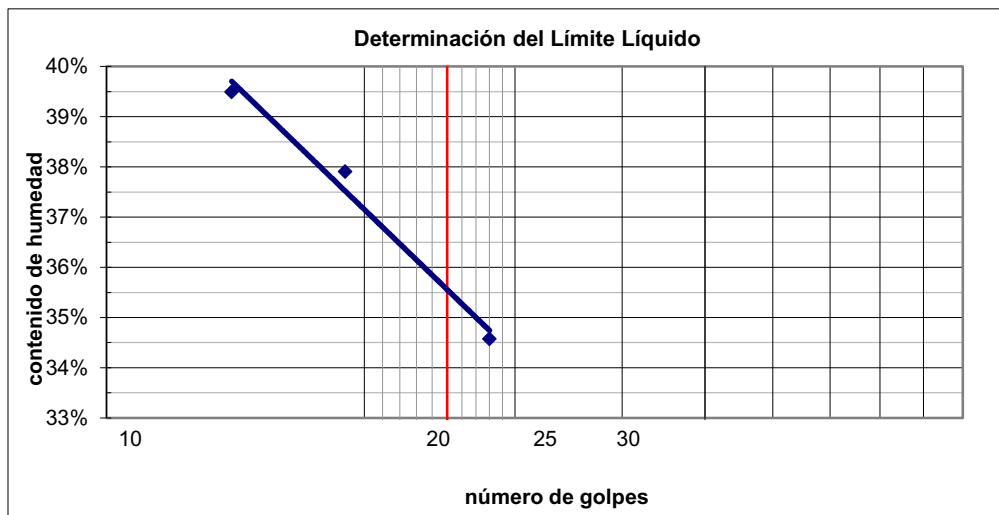
### DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA

Proyecto: DISEÑO DE PAVIMENTOS  
 Descripción del material: Limo arcilloso color café  
 Fecha: Abscisa: 0+500  
 Calicata: M1 Profundidad: 1,40 m

LÍMITE LÍQUIDO								
PRUEBA No	Capsula No	Peso de la capsula	Peso cap. + suelo húmedo	Peso cap. + suelo seco	Peso del agua	Peso del suelo seco	Contenido de Humedad %	Número de golpes
1	T75	6,200	42,400	33,100	9,300	26,900	34,57%	28
2	T74	6,200	40,400	31,000	9,400	24,800	37,90%	19
3	T81	6,200	44,700	33,800	10,900	27,600	39,49%	14

LÍMITE PLÁSTICO								
1	V11	6,200	15,200	13,650	1,550	7,450	20,81%	
2	V22	6,200	15,100	13,860	1,240	7,660	16,19%	

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL								
1	R73	6,900	47,20	35,30	11,900	28,400	41,90%	
2	R74	7,000	46,20	35,10	11,100	28,100	39,50%	



**Límite líquido: 35.50 %**

**Límite plástico: 18.50 %**

**Índice Plástico: 17.00 %**

**IG: 10.50**

### ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Proyecto : DISEÑO DE PAVIMENTOS

Localización : Calle Tarqui-Portoviejo

Procedencia : Subrasante

Descripción de la muestra : Limo arcilloso color café

Profundidad:	1.4 m
Muestra N° :	1
Realizado por:	Carofilis A; Cevallos J
Cálculo:	Carofilis A; Cevallos J

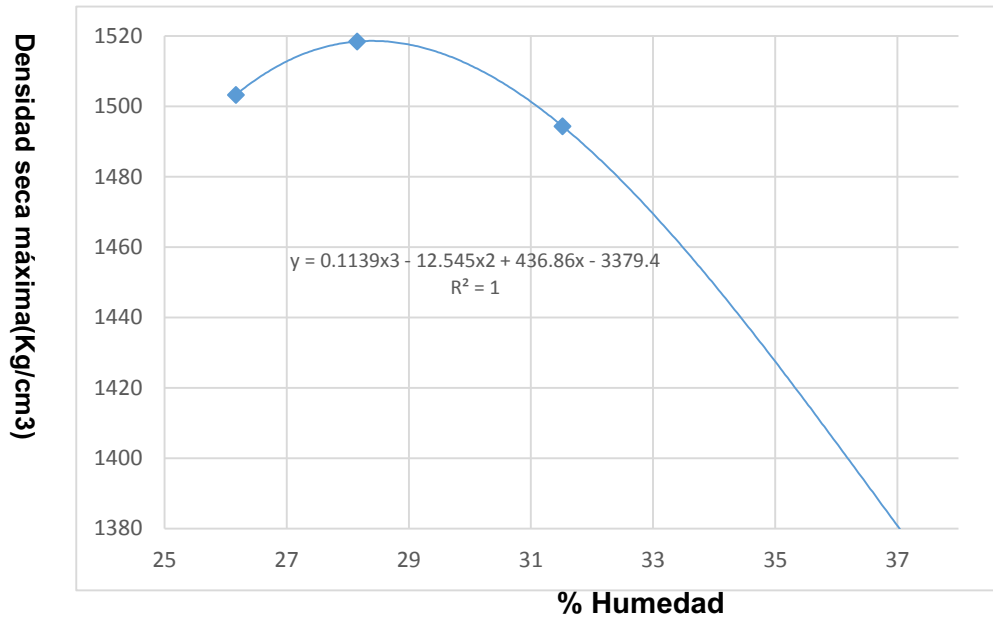
#### Determinación de la Relación Humedad-Densidad de Suelos Curva de Compactación

Masa Del Cilindro	5727,5
Volumen Del Cilindro	2032,22
Masa Del Martillo (Lb.)	10
Altura De Caída Del Martillo	18"
Tipo Del Ensayo	Modificado
# De Capas	5
# De Golpes Por Capa	56

#### DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA No	1		2		3		4	
Recipiente #	#30	#102	#2	#1.03	#17	#129	#14	#134
Masa de recipiente + mh	49,10	58,10	46,40	50,60	51,50	46,70	40,80	51,80
Masa de recipiente + ms	40,30	47,40	37,50	41,10	40,70	37,20	30,70	38,90
Masa de agua	8,80	10,70	8,90	9,50	10,80	9,50	10,10	12,90
Masa de recipiente	6,60	6,60	6,30	6,90	6,50	7,00	6,60	6,90
Masa de muestra seca	33,70	40,80	31,20	34,20	34,20	30,20	24,10	32,00
% de humedad	26,11	26,23	28,53	27,78	31,58	31,46	41,91	40,31
% de humedad promedio	26,17		28,15		31,52		41,11	
% de humedad añadida al suelo	-		3,00		6,00		16,00	
Masa de cilindro + sh (Mc)	9582		9682		9721,5		9437	
Masa de suelo húmedo	3854,5		3954,5		3994		3709,5	
Densidad húmeda del suelo	1897		1946		1965		1825	
Densidad seca del suelo	1503		1518		1494		1294	

### CURVA DE COMPACTACIÓN



**Densidad Seca Máxima**

1518 Kg./m<sup>3</sup>

**% de Humedad Óptima**

28,18 %

<b>ENSAYO DE C.B.R.</b>						
<b>DATOS</b>						
Muestra N°.	1		2		3	
Número de capa	5		5		5	
Golpes por capa	56		26		12	
<b>Condición</b>	Antes sat.	Después sat.	Antes sat.	Después sat.	Antes sat.	Después sat.
<b>Peso molde + suelo</b>	11952	12010	12070	12210	10870	11075
<b>Peso molde</b>	7997	7997	8220	8220	7192	7192
<b>Peso suelo</b>	3955	4013	3850	3990	3678	3883
<b>Humedad promedio</b>	27,18	48,85	28,01	41,06	27,48	43,89
<b>Volumen</b>	2161	2161	2140	2140	2179	2179
<b>Densidad húmeda</b>	1,830	1,857	1,799	1,864	1,688	1,782
<b>Densidad seca</b>	1,449	1,248	1,405	1,322	1,324	1,238

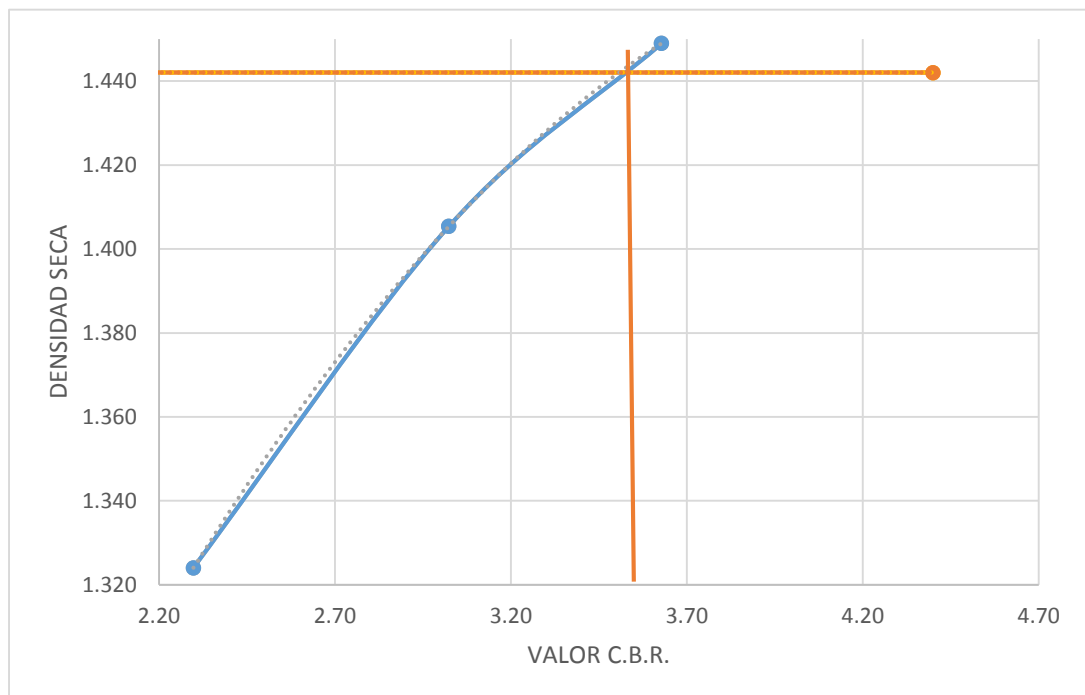
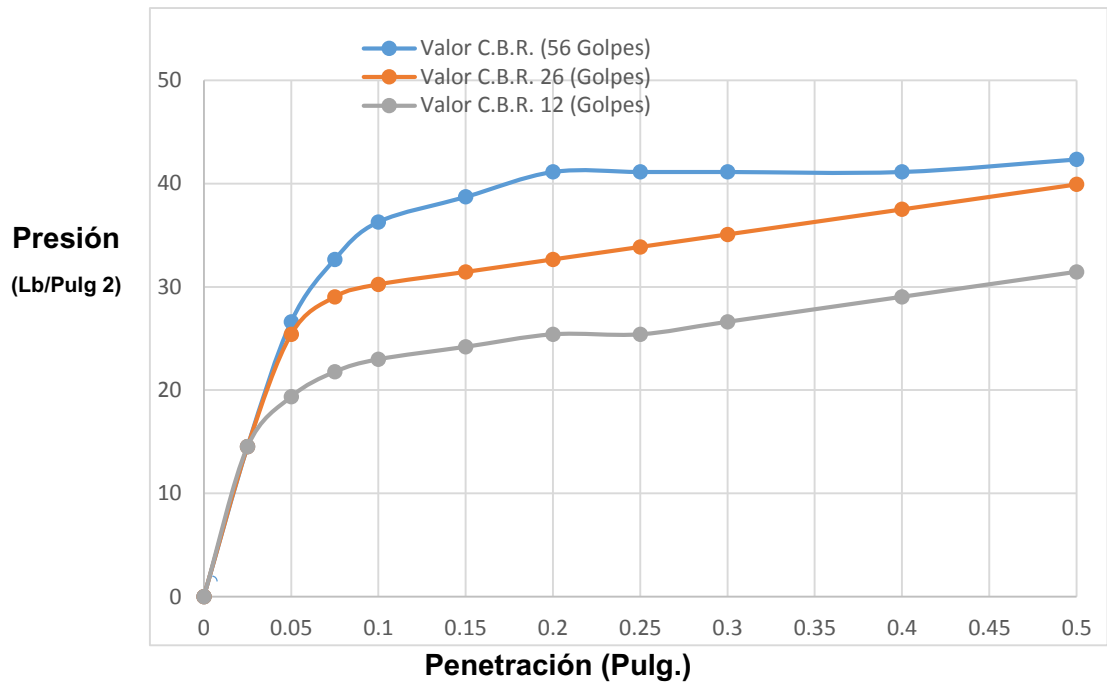
<b>CONTENIDO DE AGUA</b>												
Muestra N°.	1				2				3			
Ubicación	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
<b>Recipiente número</b>	9,00	42,00	23,00	67,00	7,00	47,00	2,00	18,00	45,00	10,00	38,00	15,00
<b>Tara+suelo húmedo</b>	32,80	34,20	59,80	48,70	48,20	52,90	52,20	57,90	38,80	55,20	54,10	52,30
<b>Tara+suelo seco</b>	27,22	28,39	41,80	35,50	39,04	42,85	38,70	43,10	31,82	44,71	38,50	39,50
<b>Peso tara</b>	6,60	7,10	7,30	6,50	6,50	6,80	6,40	6,40	6,50	6,40	6,50	6,70
<b>Contenido de agua</b>	27,04	27,31	52,17	45,52	28,14	27,88	41,80	40,33	27,59	27,38	48,75	39,02
<b>Humedad promedio</b>	<b>27,18</b>		<b>48,85</b>		<b>28,01</b>		<b>41,06</b>		<b>27,48</b>		<b>43,89</b>	

<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</b>			
Muestra N°	1	2	3
<b>Peso molde +suelo después saturado</b>	12010	12210	11075
<b>Peso molde + suelo antes saturación</b>	11952	12070	10870
<b>Peso agua absorbida</b>	58	140	205
<b>Porcentaje agua absorbida</b>	<b>1,47</b>	<b>3,64</b>	<b>5,14</b>

DATOS DE ESPONJAMIENTO													
FECHA	TIEMPO / HORA	MUESTRA N°.1				MUESTRA N°.2				MUESTRA N°.3			
		Altura muestra	Dial	Esponjamiento		Altura muestra	Dial	Esponjamiento		Altura muestra	Dial	Esponjamiento	
				mm	%			mm	%			mm	%
03/06/2013	19H00	115	0			115	0			115	0		
04/06/2013	19H00		37	0,3700	0,32%		71	0,7100	0,62%		74	0,7400	0,64%
05/06/2013	19H00		41	0,4100	0,36%		86	0,8600	0,75%		99	0,9900	0,86%
06/06/2013	19H00		55	0,5500	0,48%		120	1,2000	1,04%		121	1,2100	1,05%
07/06/2013	19H00		59	0,5900	0,51%		130	1,3000	1,13%		131	1,3100	1,14%
08/06/2013	19H00		70	0,7000	0,61%		152	1,5200	1,32%		165	1,6500	1,43%

DATOS ENSAYO DE PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		Carga	Muestra N°.1				Muestra N°.2				Muestra N°.2			
Pulg.	mm.	Tipo	Dial	Lb/pulg2	CBR CORREGIDO		Dial	Lb/pulg2	CBR CORREGIDO		Dial	Lb/pulg2	CBR CORREGIDO	
0	0		0	0			0	0			0	0		
0,025	0,635		12	14,52			12	14,52			12	14,52		
0,05	1,27		22	26,61			21	25,40			16	19,35		
0,075	1,905		27	32,66			24	29,03			18	21,77		
0,1	2,54	1000	30	36,29	3,63	3,63	25	30,24	3,02	3,02	19	22,98	2,30	2,30
0,15	3,81		32	38,71			26	31,45			20	24,19		
0,2	5,08	1500	34	41,13	2,74		27	32,66	2,18		21	25,40	1,69	
0,25	6,35		34	41,13			28	33,87			21	25,40		
0,3	7,62	1900	34	41,13	2,16		29	35,08	1,85		22	26,61	1,40	
0,4	10,16	2300	34	41,13	1,79		31	37,50	1,63		24	29,03	1,26	
0,5	12,7	2600	35	42,34	1,63		33	39,92	1,54		26	31,45	1,21	

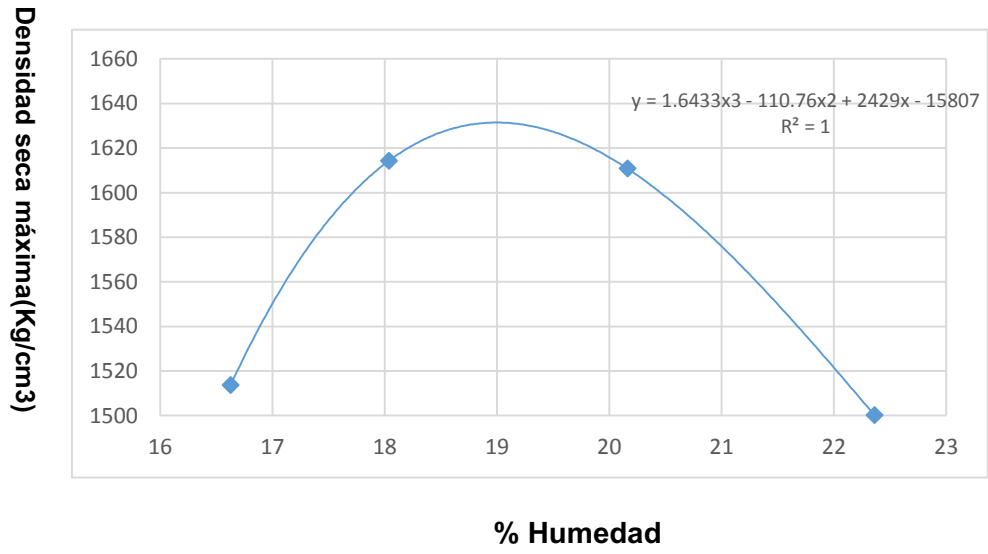




Densidad Seca Máxima	Densidad Seca Máxima 95%	Valor C.B.R.
1518 Kg./m³	1442 Kg./m³	3,52%

ENSAYO DE COMPACTACIÓN MUESTRA MEJORADA								
Proyecto :		DISEÑO DE PAVIMENTOS						
Localización :		Calle Tarqui-Portoviejo						
Procedencia :		Subrasante						
Descripción de la muestra :		Mezcla mejorada con cemento y arena						
Profundidad:		1.4 m						
Muestra N° :		1						
Realizado por:		Carofilis A, Cevallos J.						
Cálculo:		Carofilis A, Cevallos J.						
<b>Determinación de la Relación Humedad-Densidad de Suelos Curva de Compactacion</b>								
Masa Del Cilindro	5727,5							
Volumen Del Cilindro	2032,22							
Masa Del Martillo ( Lb. )	10							
Altura De Caída Del Martillo	18"							
Tipo Del Ensayo	Modificado							
# De Capas	5							
# De Golpes Por Capa	56							
DATOS DEL ENSAYO								
MUESTRA No	1		2		3		4	
Recipiente #	#30	#102	#2	#1.03	#17	#129	#14	#134
Masa de recipiente + mh	107,58	101,79	130,12	133,11	117,19	118,66	124,51	131,35
Masa de recipiente + ms	94,42	88,62	111,87	114,88	100,50	99,80	105,00	108,50
Masa de agua	13,16	13,17	18,25	18,23	16,69	18,86	19,51	22,85
Masa de recipiente	12,53	12,00	12,17	12,30	11,89	12,03	12,19	12,10
Masa de muestra seca	81,89	76,62	99,70	102,58	88,61	87,77	92,81	96,40
% de humedad	16,07	17,18	18,30	17,77	18,84	21,49	21,02	23,70
% de humedad promedio	16,63		18,04		20,16		22,36	
% de humedad añadida al suelo	-		3,00		6,00		16,00	
Masa de cilindro + sh (Mc)	9315		9600		9661		9458	
Masa de suelo húmedo	3587,5		3872,5		3933,5		3730,5	
Densidad húmeda del suelo	1765		1906		1936		1836	
Densidad seca del suelo	1514		1614		1611		1500	

### CURVA DE COMPACTACIÓN



**Densidad Seca Máxima**

1629 Kg./m³

**% de Humedad Óptima**

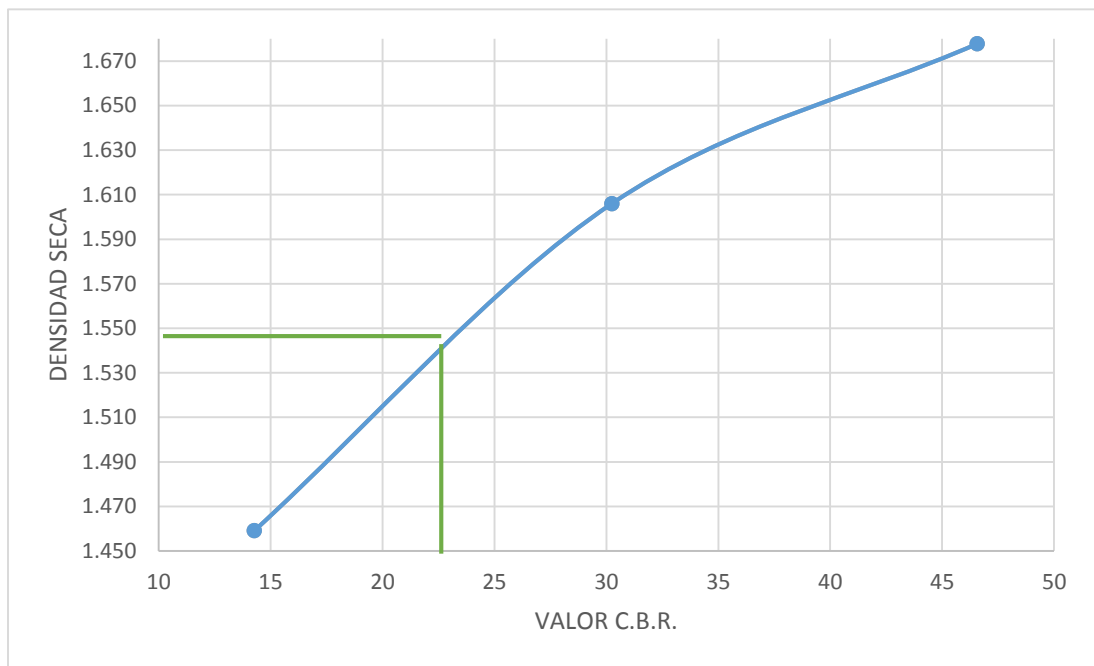
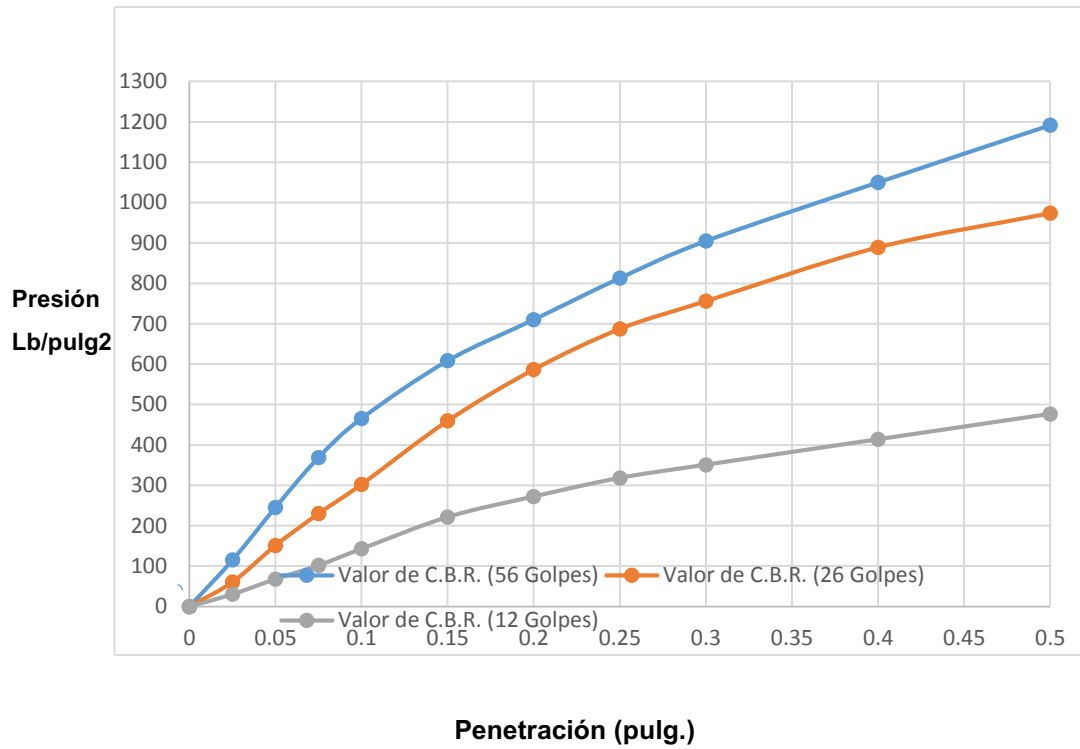
19,37 %

ENSAYO DE C.B.R. MUESTRA MEJORADA						
DATOS						
Muestra N°.	1		2		3	
Número de capa	5		5		5	
Golpes por capa	56		26		12	
<b>Condición</b>	Antes saturada	Después saturada	Antes saturada	Después saturada	Antes saturada	Después saturada
<b>Peso molde + suelo</b>	12156	12305	11585	11750	11162	11358
<b>Peso molde</b>	7479	7479	7100	7100	7098	7098
<b>Peso suelo</b>	4677	4826	4485	4650	4064	4260
<b>Humedad promedio</b>	20,31	29,47	20,53	31,40	20,21	33,33
<b>Volumen</b>	2317	2317	2317	2317	2317	2317
<b>Densidad húmeda</b>	2,019	2,083	1,936	2,007	1,754	1,839
<b>Densidad seca</b>	1,678	1,609	1,606	1,527	1,459	1,379

CONTENIDO DE AGUA												
Muestra N°.	1				2				3			
Ubicación	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
<b>Recipiente número</b>	9,00	-	23,00	-	7,00	-	2,00	-	45,00	-	38,00	-
<b>Tara+suelo húmedo</b>	170,90	-	185,70	-	174,00	-	225,50	-	245,20	-	178,10	-
<b>Tara+suelo seco</b>	144,70	-	146,80	-	146,80	-	177,90	-	208,40	-	137,50	-
<b>Peso tara</b>	15,70	-	14,80	-	14,30	-	26,30	-	26,30	-	15,70	-
<b>Contenido de agua</b>	20,31	-	29,47	-	20,53	-	31,40	-	20,21	-	33,33	-
<b>Humedad promedio</b>	20,31		29,47		20,53		31,40		20,21		33,33	

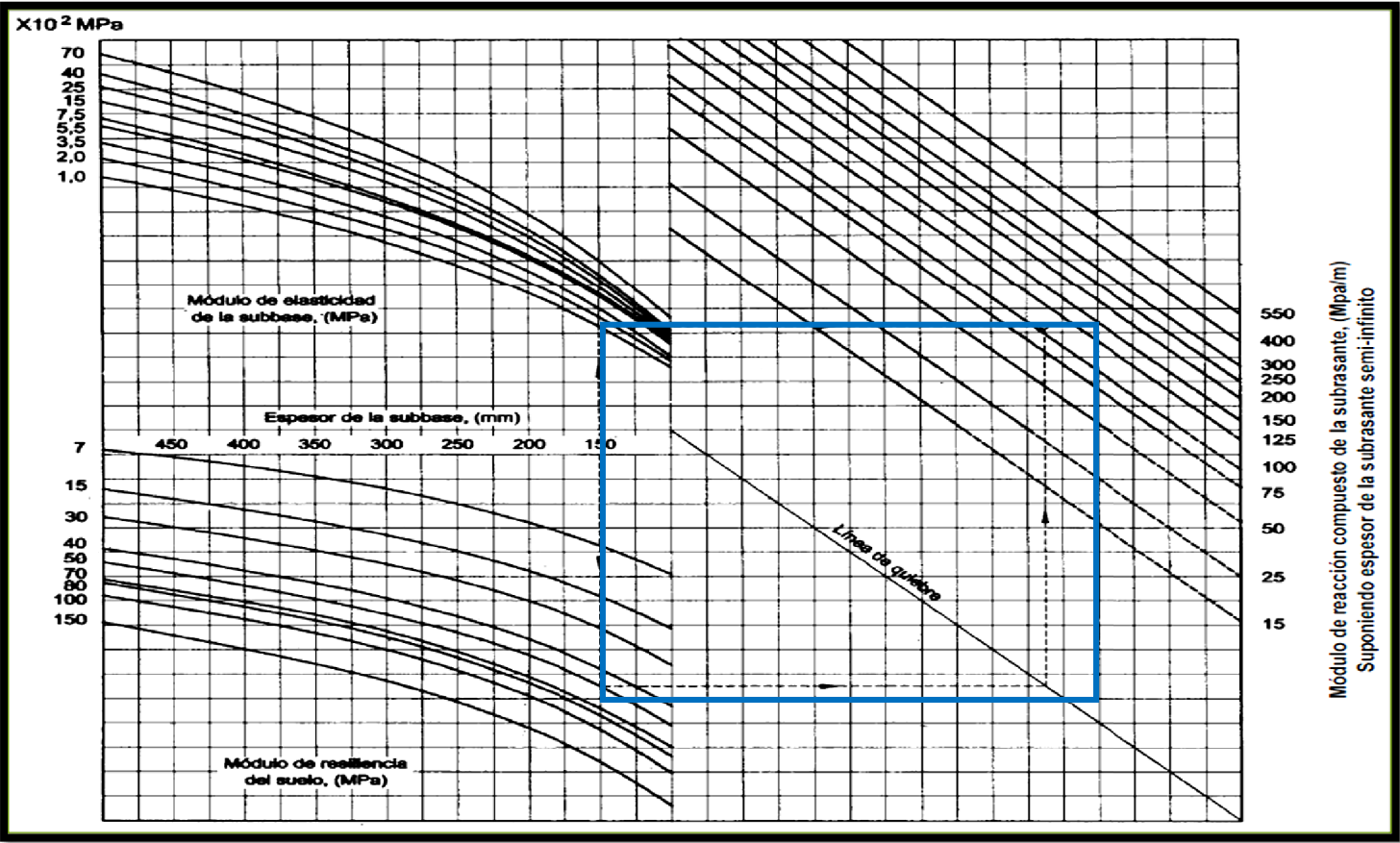
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA			
Muestra N°	1	2	3
<b>Peso molde +suelo después saturado</b>	12305	11750	11358
<b>Peso molde + suelo antes saturación</b>	12156	11585	11162
<b>Peso agua absorbida</b>	149	165	196
<b>Porcentaje agua absorbida</b>	3,19	3,68	4,22

DATOS DE ESPONJAMIENTO															
FECHA	TIEMPO / HORA	MUESTRA N°.1				MUESTRA N°.2				MUESTRA N°.3					
		Altura muestra	Dial	Esponjamiento		Altura muestra	Dial	Esponjamiento		Altura muestra	Dial	Esponjamiento			
				mm	%			mm	%			mm	%		
01/10/2013	19H00	115	0			115	0			115	0				
02/10/2013	19H00		5	0,05	0,04%		5	0,05	0,04%		5	0,05	0,04%		
03/10/2013	19H00		5	0,05	0,04%		5	0,05	0,04%		5	0,05	0,04%		
04/10/2013	19H00		5	0,05	0,04%		5	0,05	0,04%		5	0,05	0,04%		
05/10/2013	19H00		5	0,05	0,04%		5	0,05	0,04%		5	0,05	0,04%		
DATOS ENSAYO DE PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		Carga		Muestra N°.1				Muestra N°.2				Muestra N°.2			
Pulg.	mm.	Tipo	Dial	Lb/pulg2	CBR CORREGIDO		Dial	Lb/pulg2	CBR CORREGIDO		Dial	Lb/pulg2	CBR CORREGIDO		
0	0		0	0			0	0			0	0			
0,025	0,635		95	114,91			50	60,48			25	30,24			
0,05	1,27		203	245,55			125	151,20			56	67,74			
0,075	1,905		305	368,93			190	229,83			84	101,61			
0,1	2,54	1000	385	465,70	46,57	46,57	250	302,40	30,24	30,24	118	142,73	14,27	14,27	
0,15	3,81		503	608,44			380	459,66			183	221,36			
0,2	5,08	1500	587	710,05	47,34		485	586,67	39,11		225	272,16	18,14		
0,25	6,35		672	812,86			568	687,06			263	318,13			
0,3	7,62	1900	748	904,79	47,62		625	756,01	39,79		290	350,79	18,46		
0,4	10,16	2300	868	1049,95	45,65		735	889,07	38,66		342	413,69	17,99		
0,5	12,7	2600	985	1191,47	45,83		805	973,74	37,45		394	476,59	18,33		



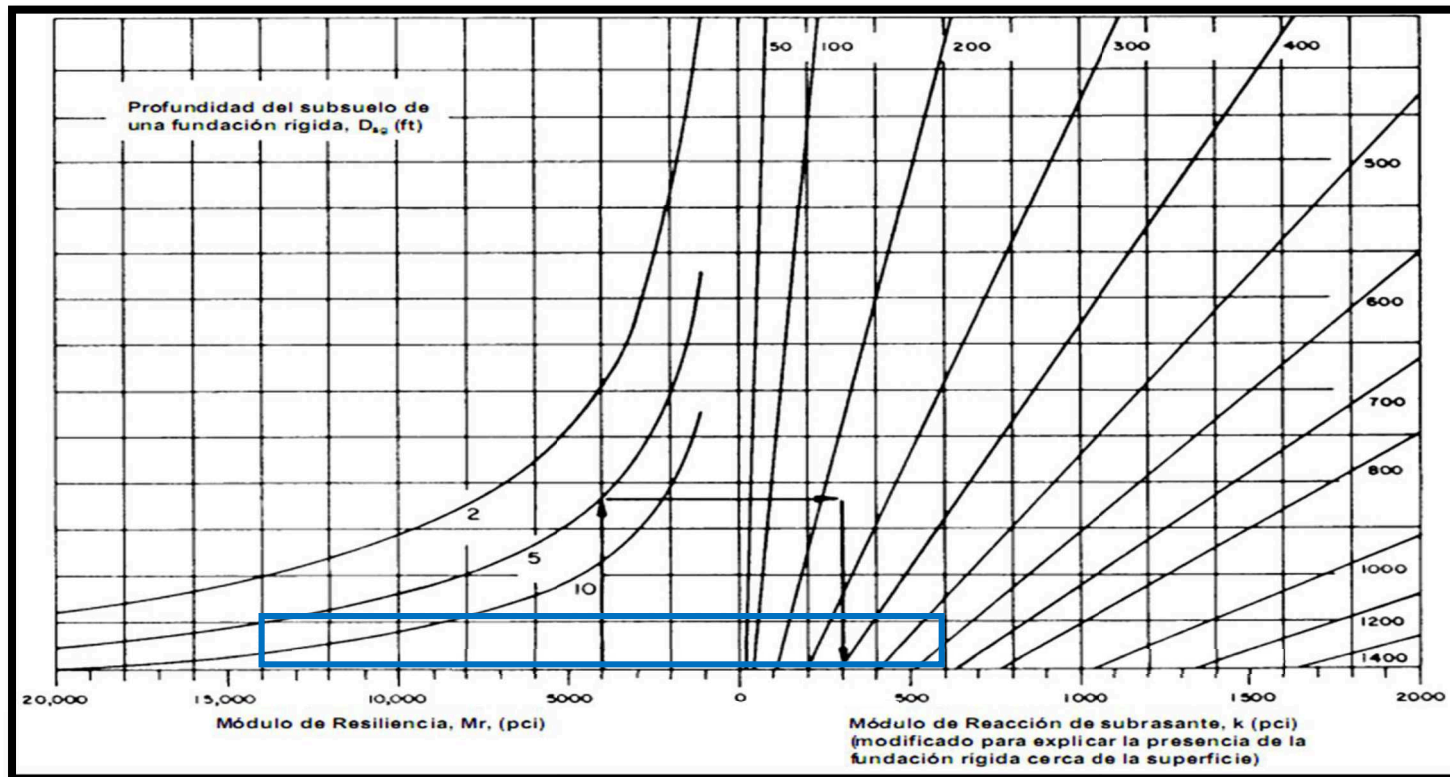
Densidad Seca Máxima	Densidad Seca Máxima	95%	Valor C.B.R.
1629 Kg./m <sup>3</sup>	1548	Kg./m <sup>3</sup>	23,5 %

Anexo No.- 4. **Nomogramas y ábacos para cálculos de diseño de pavimento rígido y pavimento flexible; Hojas de cálculos del diseño hidráulico.**



Cálculo del módulo de reacción k de la subrasante K>10 ft.

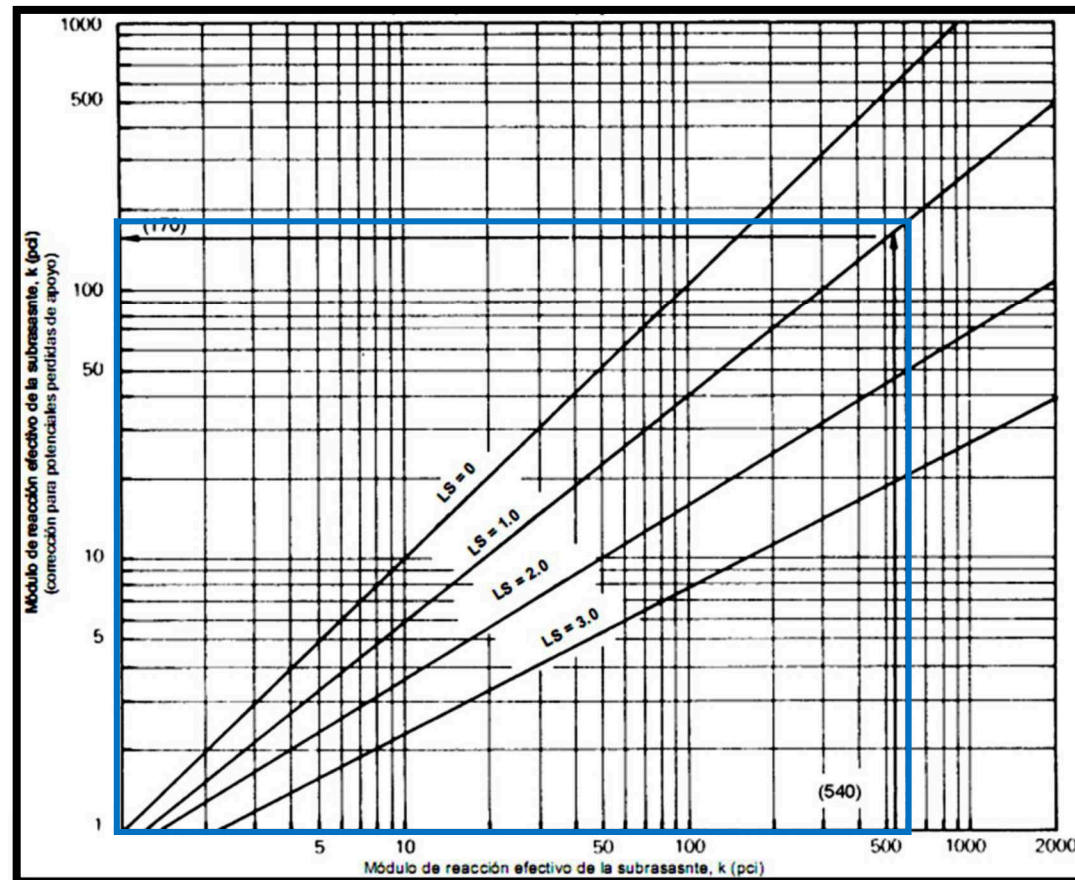
Fuente: Autores.



Cálculo del módulo de reacción  $k$  de la subrasante  $K < 10$  ft.

Fuente: Autores.

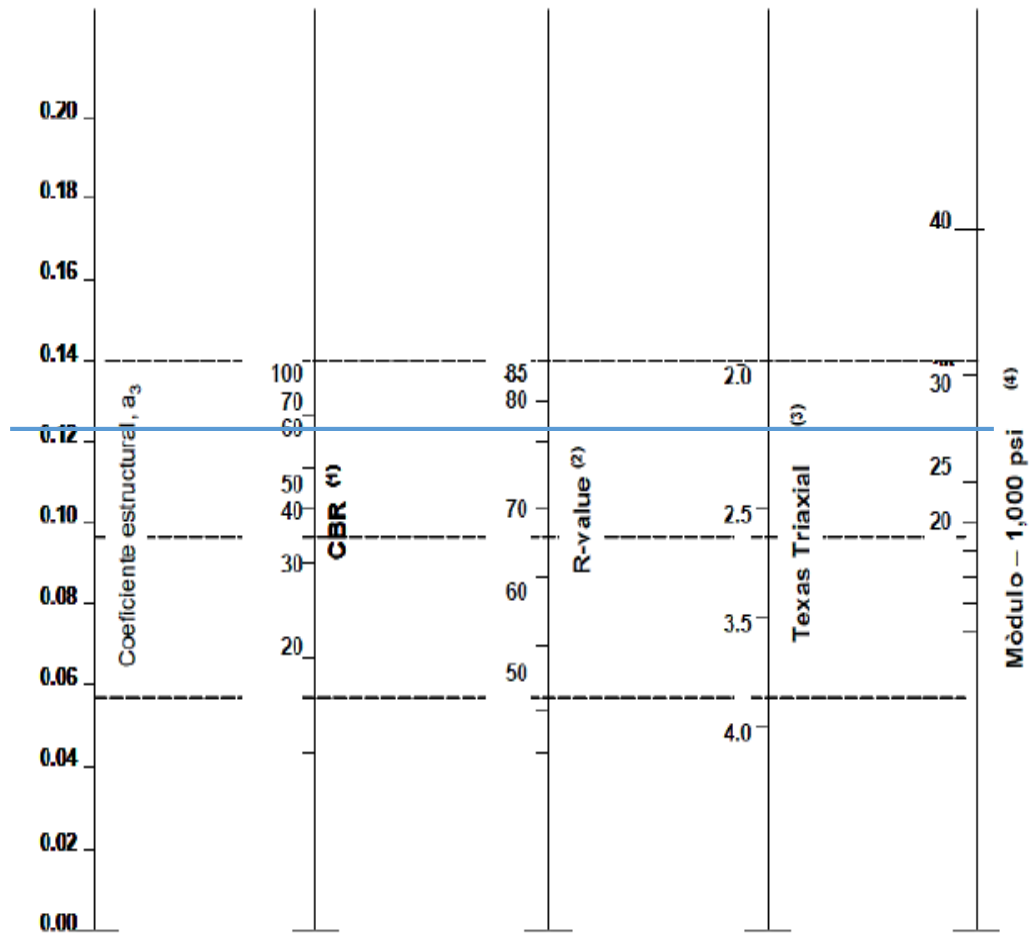




Corrección del Módulo de reacción de la subrasante, considerando la pérdida de apoyo en la subbase.

**Fuente:** Autores

**Módulo resiliente de la base C.B.R. 80%.**



Cálculo mediante el Ábaco para el cálculo del MR de la capa de base.

Fuente: Autores

Anexo No.-5. Cálculo hidráulico.

Calle	Pozo	Long. m.	AGUAS LLUVIAS						TUBERÍA						Tiempo Flujo L/50V	H m.	Salto m.	COTAS		Corte
			Área Ha	Tiempo Conc.	Coef. Esc.	Área Equivalente		I/0.36	Q L/s	D mm.	I ‰	Llena		Terreno				Proyec.		
						Parcial	Acum.					V	Q							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	9																43.36	41.91	1.45	
CALLE 6		50.42	0.12799	15	0.80	0.10239	0.10239	180	18.43	250	22.61	2.37	116.24	0.43	1.14					
	1																42.77	40.77	2.00	
	1																42.47	40.72	1.75	
AV. 1		57.42	0.08826	15	0.80	0.07061	0.17300	180	31.14	300	2.08	0.81	57.33	1.42	0.12	0.05				
	2																42.87	40.60	2.27	
	9																43.36	42.16	1.20	
AV. 5		67.17	0.10173	15	0.80	0.08138	0.08138	180	14.65	250	10.86	1.64	80.56	0.82	0.73					
	10																45.13	41.43	3.70	
	11																45.58	44.08	1.50	
AV 5		52.16	0.09941	15	0.80	0.07953	0.07953	180	14.32	250	23.96	2.44	119.66	0.43	1.25					
	30																45.34	42.83	2.51	
	30																45.34	42.83	2.51	
AV 5		57.62	0.12811	15	0.80	0.10248	0.18201	180	32.76	250	24.33	2.46	120.59	0.47	1.40					
	10																45.13	41.43	3.70	
	10																45.13	41.43	3.70	
CALLE 5		56.06	0.15318	15	0.80	0.12255	0.38594	180	69.47	250	13.91	1.86	91.18	0.60	0.78					
	2																42.87	40.65	2.22	
	2																42.87	40.50	2.37	
AV 1		70.81	0.15442	15	0.80	0.12353	0.68248	180	122.85	400	2.54	1.09	136.45	1.30	0.18	0.15				
	3																43.33	40.32	3.01	

	3																43.33	40.32	3.01
AV 1		48.47	0.09859	15	0.80	0.07887	0.76135	180	137.04	<b>400</b>	3.09	1.20	150.50	0.81	0.15	0.15			
	4																43.65	40.17	3.48
	12																46.06	44.31	1.75
CALLE 4		16.86	0.02053	15	0.80	0.01643	0.01643	180	2.96	<b>250</b>	28.46	2.66	130.42	0.13	0.48				
	11																45.58	43.83	1.75
	11																45.58	43.83	1.75
CALLE 4		46.62	0.12410	15	0.80	0.09928	0.11571	180	20.83	<b>250</b>	75.28	4.32	212.11	0.22	3.51				
	4																43.65	40.32	3.33
	4																43.65	40.12	3.53
AV1		50.78	0.05492	15	0.80	0.04393	0.92099	180	165.78	<b>450</b>	2.56	1.18	187.53	0.86	0.13	0.20			
	5																43.99	39.99	4.00
	12																46.06	44.06	2.00
AV 4		36.11	0.03484	15	0.80	0.02788	0.02788	180	5.02	<b>250</b>	13.01	1.80	88.18	0.40	0.47				
	13																44.79	43.59	1.20
	14																44.98	43.64	1.34
CALLE 3		36.55	0.05688	15	0.80	0.04550	0.04550	180	8.19	<b>250</b>	1.50	0.61	29.94	1.20	0.05				
	13																44.79	43.59	1.20
	13																44.79	43.59	1.20
CALLE 3		60.29	0.17955	15	0.80	0.14364	0.21702	180	39.06	<b>250</b>	56.39	3.74	183.58	0.32	3.40				
	5																43.99	40.19	3.80
	5																43.99	39.94	4.05
AV 1		42.48	0.04462	15	0.80	0.03570	1.17370	180	211.27	<b>500</b>	2.11	1.15	225.48	0.74	0.09	0.25			
	6																44.28	39.85	4.43
	14																44.98	43.39	1.59
AV 3		42.48	0.04436	15	0.80	0.03549	0.03549	180	6.39	<b>250</b>	23.06	2.39	117.40	0.36	0.98				

	15																44.76	42.41	2.35
	15																44.76	42.41	2.35
CALLE 2		57.92	0.09728	15	0.80	0.07782	0.11331	180	20.40	<b>250</b>	23.13	2.40	117.57	0.48	1.34				
	16																44.65	41.07	3.58
	16																44.65	41.07	3.58
CALLE 2		38.94	0.09867	15	0.80	0.07893	0.19224	180	34.60	<b>250</b>	24.91	2.49	122.01	0.31	0.97				
	6																44.28	40.10	4.18
	6																44.28	39.80	4.48
AV 1		62.42	0.09201	15	0.80	0.07361	1.43955	180	259.12	<b>550</b>	2.08	1.21	288.66	1.03	0.13	0.30			
	7																44.70	39.67	5.03
	7																44.70	39.67	5.03
AV1		61.04	0.09286	15	0.80	0.07429	1.51384	180	272.49	<b>550</b>	2.12	1.23	291.42	1.00	0.13				
	8															0.30	45.10	39.54	5.56
	16																44.65	41.32	3.33
AV 2		55.87	0.10046	15	0.80	0.08037	0.08037	180	14.47	<b>250</b>	9.12	1.50	73.83	0.74	0.51				
	31																45.13	40.81	4.32
	31																45.13	40.81	4.32
AV 2		67.59	0.11391	15	0.80	0.09113	0.17150	180	30.87	<b>250</b>	9.02	1.50	73.42	0.90	0.61				
	17																45.52	40.20	5.32
	17																45.52	40.20	5.32
CALLE 1		38.94	0.04018	15	0.80	0.03215	0.20364	180	36.66	<b>250</b>	9.24	1.51	74.31	0.51	0.36				
	8																45.10	39.84	5.26
	27																43.59	42.09	1.50
AV 5		39.1	0.03756	15	0.80	0.03005	0.03005	180	5.41	<b>250</b>	4.09	1.01	49.44	0.78	0.16				
	26																43.38	41.93	1.45

	26																43.38	41.93	1.45
AV 5		32.63	0.02877	15	0.80	0.02301	0.05306	180	9.55	<b>250</b>	5.20	1.14	55.75	0.57	0.17				
	25																43.15	41.76	1.39
	25																43.15	41.76	1.39
CALLE 7		50.42	0.11923	15	0.80	0.09539	0.14845	180	26.72	<b>250</b>	4.56	1.06	52.20	0.95	0.23				
	18																42.85	41.53	1.32
	18																42.85	41.48	1.37
AV 1		40.49	0.03788	15	0.80	0.03031	0.17875	180	32.18	<b>300</b>	2.22	0.84	59.23	0.97	0.09	0.05			
	19																43.10	41.39	1.71
	26																43.38	42.18	1.20
CALLE 8		50.86	0.12084	15	0.80	0.09667	0.09667	180	17.40	<b>250</b>	14.54	1.90	93.22	0.54	0.74				
	19																43.10	41.44	1.66
	19																43.10	41.34	1.76
AV 1		39.10	0.03817	15	0.80	0.03053	0.30596	180	55.07	<b>350</b>	1.53	0.77	74.17	1.01	0.06	0.10			
	20																43.40	41.28	2.12
	28																44.22	42.72	1.50
AV 5		48.53	0.09588	15	0.80	0.07670	0.07670	180	13.81	<b>250</b>	8.44	1.45	71.02	0.67	0.41				
	32																43.88	42.31	1.57
	32																43.88	42.31	1.57
AV5		55.92	0.11039	15	0.80	0.08831	0.16501	180	29.70	<b>250</b>	8.40	1.44	70.85	0.77	0.47				
	27																43.59	41.84	1.75
	27																43.59	41.84	1.75
CALLE 9		52.35	0.13154	15	0.80	0.10523	0.27025	180	48.64	<b>250</b>	8.78	1.48	72.44	0.71	0.46				
	20																43.40	41.38	2.02
	20																43.40	41.23	2.17
AV 1		52.22	0.10427	15	0.80	0.08342	0.65962	180	118.73	<b>400</b>	2.68	1.12	140.16	0.94	0.14	0.15			

	21																43.80	41.09	2.71
	21																43.80	41.09	2.71
AV 1		52.22	0.09831	15	0.80	0.07865	0.73827	180	132.89	<b>400</b>	3.06	1.19	149.76	0.88	0.16				
	22																44.19	40.93	3.26
	29																45.96	44.41	1.55
AV 5		54.04	0.10864	15	0.80	0.08691	0.08691	180	15.64	<b>250</b>	17.20	2.07	101.39	0.52	0.93				
	33																45.05	43.48	1.57
	33																45.05	43.48	1.57
AV 5		59.70	0.11787	15	0.80	0.09429	0.18120	180	32.62	<b>250</b>	16.91	2.05	100.53	0.58	1.01				
	28																44.22	42.47	1.75
	28																44.22	42.47	1.75
CALLE 10		51.91	0.13574	15	0.80	0.10859	0.28980	180	52.16	<b>250</b>	26.77	2.58	126.49	0.40	1.39				
	22																44.19	41.08	3.11
	22																44.19	40.88	3.31
AV 1		56.69	0.11459	15	0.80	0.09168	1.11974	180	201.55	<b>450</b>	3.52	1.38	219.90	0.82	0.20	0.20			
	23																44.63	40.68	3.95
	23																44.63	40.63	4.00
AV 1		57.01	0.11227	15	0.80	0.08981	1.20955	180	217.72	<b>500</b>	2.63	1.28	251.74	0.89	0.15	0.05			
	24																45.06	40.48	4.58
	29																45.96	44.16	1.80
CALLE 11		51.46	0.06495	15	0.80	0.05196	0.05196	180	9.35	<b>250</b>	66.65	4.07	199.58	0.25	3.43				
	24																45.06	40.73	4.33

**Tabla 4.1.** Resultados hidráulicos de la red pluvial

**Fuente:** Autores.

**Anexo No.- 6. Análisis de precios unitarios**



Anexo No.-6.1. **Análisis de precios unitarios para rubros de pavimento rígido y pavimento flexible.**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: MATERIAL DE BASE CLASE 1**

**UNIDAD: M3**

**DETALLE:**

<b>EQUÍPO (M)</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO/HR C=AxB	RENDIM. R	COSTO D=CxR
RODILLO	1,00	35,00	35,00	0,020	0,70
TANQUERO	1,00	25,00	25,00	0,020	0,50
MOTONIVELADORA	1,00	45,00	45,00	0,020	0,90
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>2,10</b>
<b>MANO DE OBRA (N)</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H R. B	COSTO H. C=AxB	RENDIM. R	COSTO D=CxR
PEÓN CAT. I	1,00	3,01	3,01	0,020	0,06
AYUDANTE OPERADOR DE EQUIPO CAT. II	1,00	3,05	3,05	0,020	0,06
EXCAVADORA O.E.P. 1	1,00	3,38	3,38	0,020	0,07
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0,19</b>
<b>MATERIALES (O)</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
BASE CLASE 1	1	1,25	4,37	5,46	
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>5,46</b>	
<b>TRANSPORTE (P)</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB	
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>-</b>	
<b>COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					<b>7,75</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%</b>					<b>1,55</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0%</b>					<b>-</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>9,30</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>9,30</b>

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: CARPETA ASFÁLTICA E=4.5" MEZCLADO EN PLANTA**

**UNIDAD: M2**

**DETALLE:**

<b>EQUIPO (M)</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO/HR. C=AxB	RENDIM. R	COSTO D=CxR
RODILLO VIBRATORIO	1,00	66,00	66,00	0,013	0,87
PLANTA DE ASFALTO 85 T/H	1,00	200,00	200,00	0,013	2,65
TERMINADORA DE ASFALTO	1,00	50,48	50,48	0,013	0,67
DISTRIBUIDOR DE ASFALTO	1,00	35,96	35,96	0,013	0,48
VOLQUETA	1,00	30,00	30,00	0,013	0,40
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>5,07</b>
<b>MANO DE OBRA (N)</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO H. C=AxB	RENDIM. R	COSTO D=CxR
PEÓN	2,00	3,01	6,02	0,013	0,08
AYUDANTE OPERADOR DE EQUIPO	2,00	3,05	6,10	0,013	0,08
OPERADOR EQUIPO PESADO G 1	3,00	3,21	9,63	0,013	0,13
CHOFER	2,00	4,36	8,72	0,013	0,12
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0,40</b>
<b>MATERIALES (O)</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
ARENA	M3	0,10	12,25	1,23	
RIPIO	M3	0,07	12,25	0,86	
ASFALTO RC-250	LT	1,70	1,22	2,07	
<b>SUBTOTAL O</b>					<b>4,16</b>
<b>TRANSPORTE (P)</b>					
<b>SUBTOTAL P</b>					<b>-</b>
<b>COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					<b>9,63</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%</b>					<b>1,93</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0%</b>					<b>-</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>11,55</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>11,55</b>

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: PAVIMENTO DE HORMIGÓN DE CEMENTO PORTLAND E=6.5", FC=210 KG/CM2 UNIDAD: M2**  
**DETALLE:**

<b>EQUÍPO (M)</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO/HR. C=AxB	RENDIM. R	COSTO D=CxR
H. MENORES (5% MO)		-	-	-	0,53
MIXER COMPACTAOR	1,00	4,50	4,50	1,238	5,57
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>6,11</b>
<b>MANO DE OBRA (N)</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR. B	COSTO H. C=AxB	RENDIM. R	COSTO D=CxR
PEÓN CAT. I	1,00	2,78	2,78	1,238	3,44
ALBAÑIL CAT. III	1,00	2,82	2,82	1,238	3,49
MAESTRO DE OBRA CAT. IV	1,00	3,02	3,02	1,238	3,74
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>10,67</b>
<b>MATERIALES (O)</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
CEMENTO PORTLAN TIPO 1P	KG	6,38	0,19	1,21	
ARENA NEGRA PUESTA EN OBRA	M3	0,03	18,00	0,49	
IMPERMEABILIZANTE PARA MORTEROS/SIKA 1	Kg	1,00	4,50	4,50	
AGUA	M3	0,01	1,20	0,01	
			-	-	
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>6,21</b>	
<b>TRANSPORTE (P)</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB	
		-	-	-	
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>-</b>	
<b>COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					<b>22,99</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%</b>					4,60
<b>OTROS INDIRECTOS 0%</b>					-
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					27,58
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>27,58</b>

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.

Anexo No.- 6.2. **Análisis de precios unitarios para rubros del alcantarillado pluvial.**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

RUBRO: POZO DE REVISIÓN DE 4.01 A

UNIDAD: U

6.00M

DETALLE:

<b>EQUIPO (M)</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO/HR. C=AxB	RENDIM. R	COSTO D=CxR
H. MENORES (5% MO)		-	-	-	7.46
CONCRETERA	1.00	3.75	3.75	4.678	17.54
VIBRADOR DE MANGUERA	1.00	2.50	2.50	4.678	11.700
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>36.70</b>
<b>MANO DE OBRA (N)</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR. B	COSTO H. C=AxB	RENDIM. R	COSTO D=CxR
OFICIAL - CAT I	9.00	2.44	21.96	4.678	102.74
ALBAÑIL - CAT III	1.00	2.47	2.47	4.678	11.56
MAESTRO MAYOR - CAT IV	1.00	2.54	2.54	4.678	11.88
CARPINTERO - CAT III	1.00	2.47	2.47	4.678	11.56
OPERADOR EQ.LIVIANO - CAT I	1.00	2.44	2.44	4.678	11.42
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>149.16</b>
<b>MATERIALES (O)</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
CEMENTO PORTLAND GRIS	SC	29.75	6.42	191.00	
ARENA GRUESA HOMOGENIZADA	M3	4.03	12.50	50.38	
RÍPIO TRITURADO TIPO A	M3	4.00	10.90	43.60	
AGUA	M3	3.00	0.88	2.64	
ENCOFRADO METÁLICO POZO DE REVISIÓN	M2	28.76	5.42	155.88	
ACERO DE REFUERZO	KG	420.50	1.15	483.58	
ALAMBRE RECOCIDO #18	KG	18.65	1.89	35.25	
ADITIVO	KG	3.75	3.04	11.40	
ACEITE QUEMADO	GL	1.03	0.50	0.52	
TAPA DE ACERO HF 60 cm	U	1.00	145.00	145.00	
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>1,119.25</b>	
<b>TRANSPORTE (P)</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB	
TRANSPORTE ARENA HOMOGENIZADA	M3/KM	4.03	1.80	7.25	
TRANSPORTE DE RÍPIO TRITURADO	M3/KM	4.25	1.80	7.65	
TRANSPORTE DE CEMENTO	M3/KM	29.75	0.90	26.78	
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>41.68</b>	
COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					<b>1,346.79</b>
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%					269.36
OTROS INDIRECTOS 0%					-
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1,616.15
VALOR OFERTADO					<b>1,616.15</b>

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**RUBRO: SUMIDEROS DE CALZADA, INCLUYE REJILLA DE HIERRO**

**UNIAD: U**

**FUNDIDO**

**DETALLE:**

<b>EQUÍPO (M)</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO/HR. C=AxB	RENDIM. R	COSTO D=CxR
H. MENORES (5% MO)		-	-	-	1.12
		-	-	-	-
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>1.12</b>
<b>MANO DE OBRA (N)</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR. B	COSTO H. C=AxB	RENDIM. R	COSTO D=CxR
OFICIAL - CAT I	1.00	2.44	2.44	4.545	11.09
ALBAÑIL - CAT III	1.00	2.47	2.47	4.545	11.23
	-	-	-	-	-
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>22.32</b>
<b>MATERIALES (O)</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
REJILLA SUMIDERO H.F	U	1.00	80.00	80.00	
TUBERÍA DE PVC 150 mm	ML	6.00	4.05	24.30	
SIFÓN H.S. PARA SUMIDERO	U	1.00	20.00	20.00	
CEMENTO PORTLAND	KG	50.00	0.16	8.00	
ARENA FINA	M3	0.06	12.00	0.72	
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>133.02</b>	
<b>TRANSPORTE (P)</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB	
		-	-	-	
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>-</b>	
<b>COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					<b>156.46</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%</b>					<b>31.29</b>
<b>OTROS INDIRECTOS 0%</b>					<b>-</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>187.75</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>187.75</b>

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

RUBRO: SUM. INST Y PRUEBA TUBERÍA PVC 550 MM

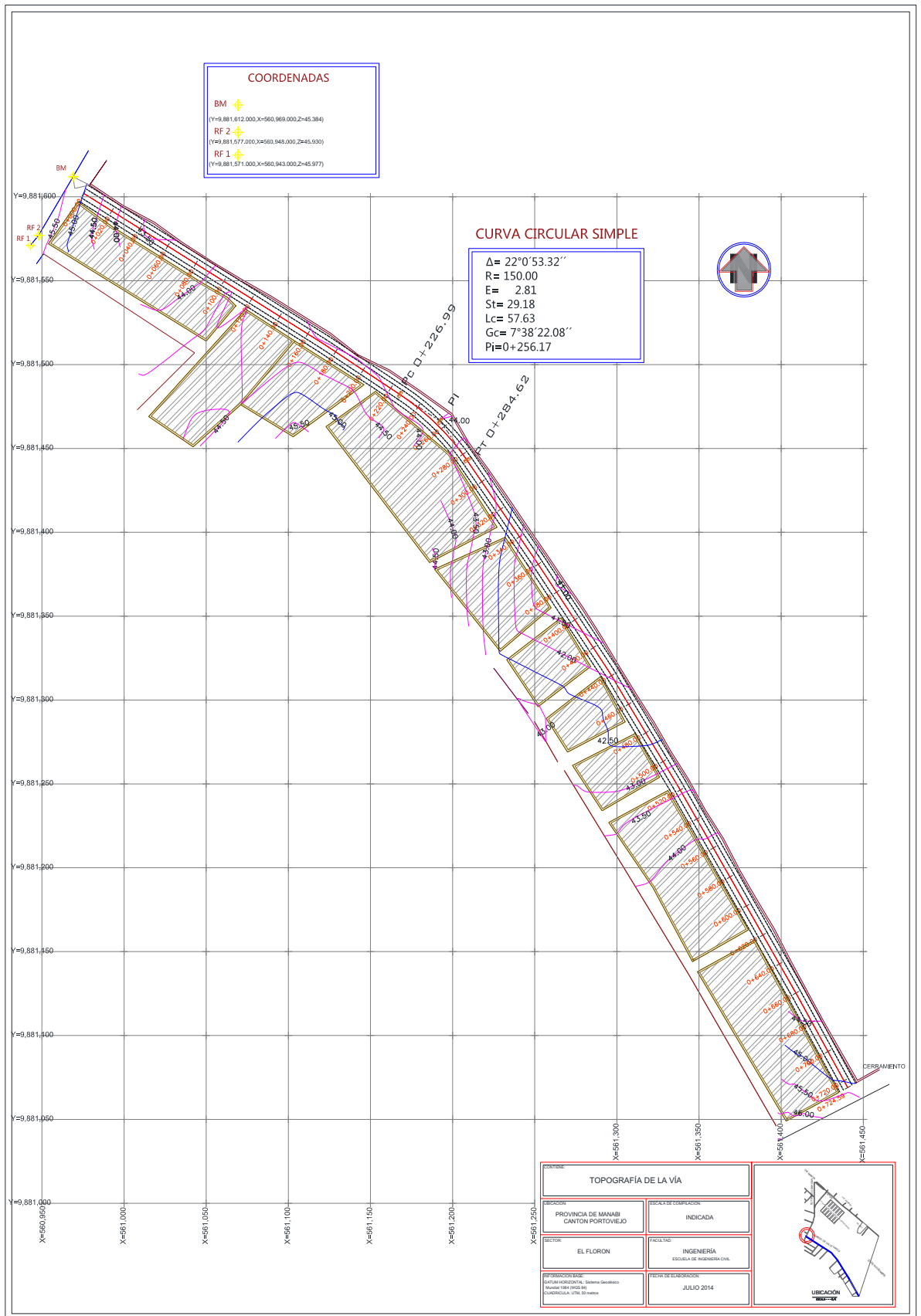
UNIAD: ML

DETALLE:

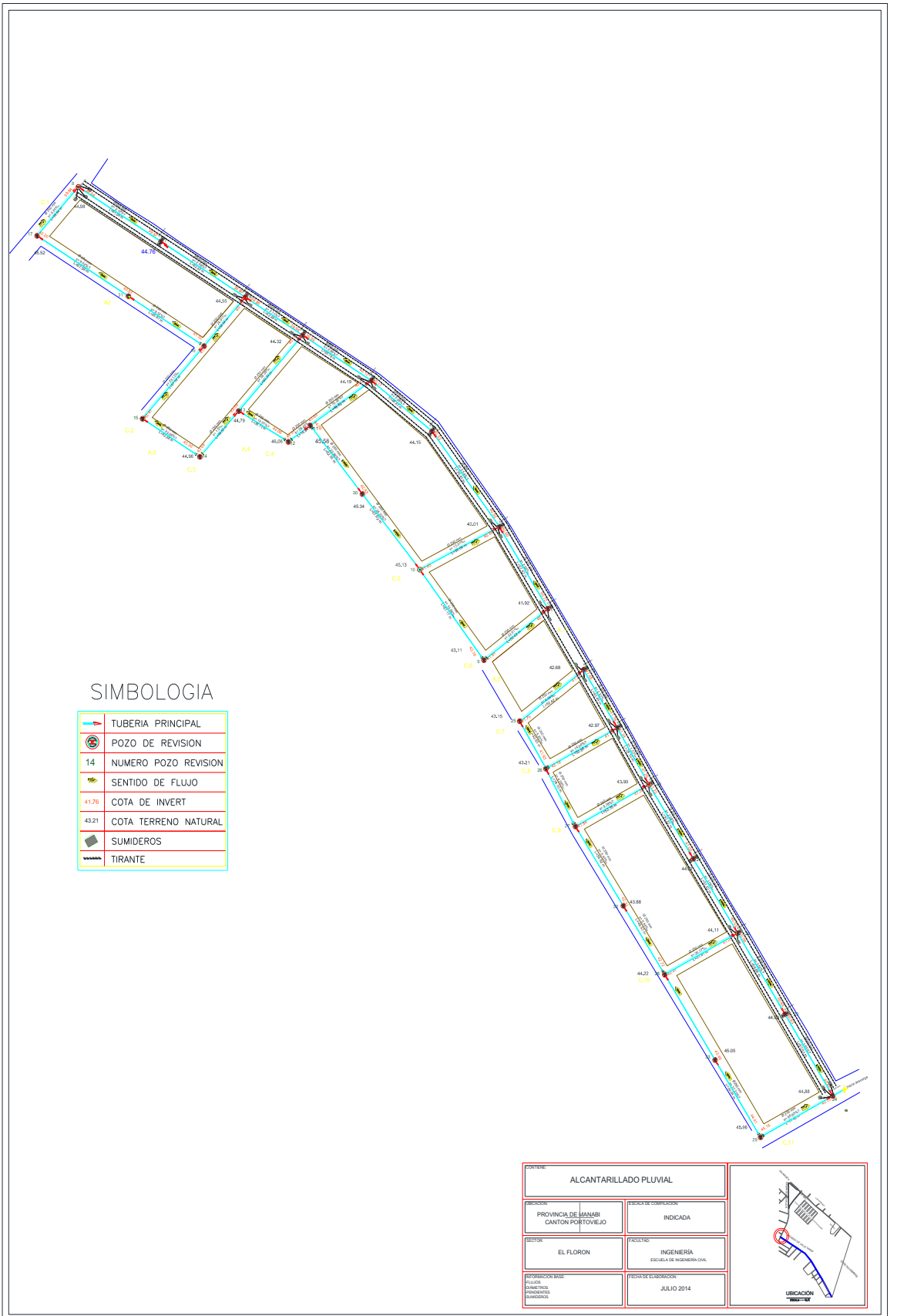
<b>EQUÍPO (M)</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO/HR. C=AxB	RENDIM. R	COSTO D=CxR
H. MENORES (5% MO)		-	-	-	0.12
		-	-	-	-
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.12</b>
<b>MANO DE OBRA (N)</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR. B	COSTO H. C=AxB	RENDIM. R	COSTO D=CxR
OFICIAL - CAT I	3.00	2.44	7.32	0.200	1.46
ALBAÑIL - CAT III	1.00	2.47	2.47	0.200	0.49
MAESTRO MAYOR - CAT III	1.00	2.54	2.540	0.20	0.51
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>2.46</b>
<b>MATERIALES (O)</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO C=AxB	
GRASA VEGETAL	KG	0.10	2.20	0.22	
TUBERÍA DE PVC 550 mm CORRUGADO	ML	0.33	313.44	104.38	
	-	-	-	-	
	-	-	-	-	
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>104.60</b>	
<b>TRANSPORTE (P)</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB	
		-	-	-	
		-	-	-	
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>-</b>	
<b>COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					<b>107.18</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%</b>					21.44
<b>OTROS INDIRECTOS 0%</b>					-
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					128.62
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>128.62</b>

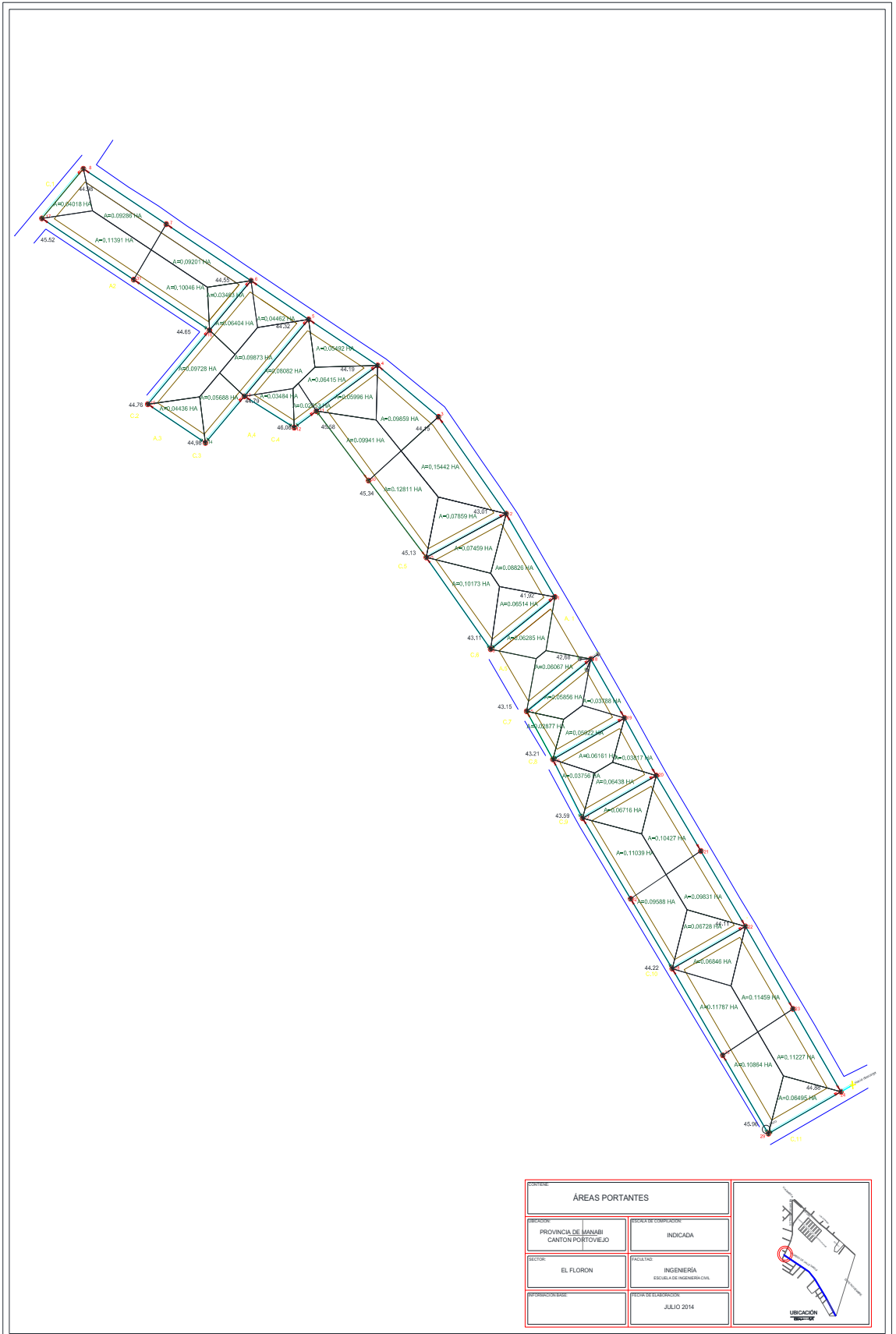
NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.

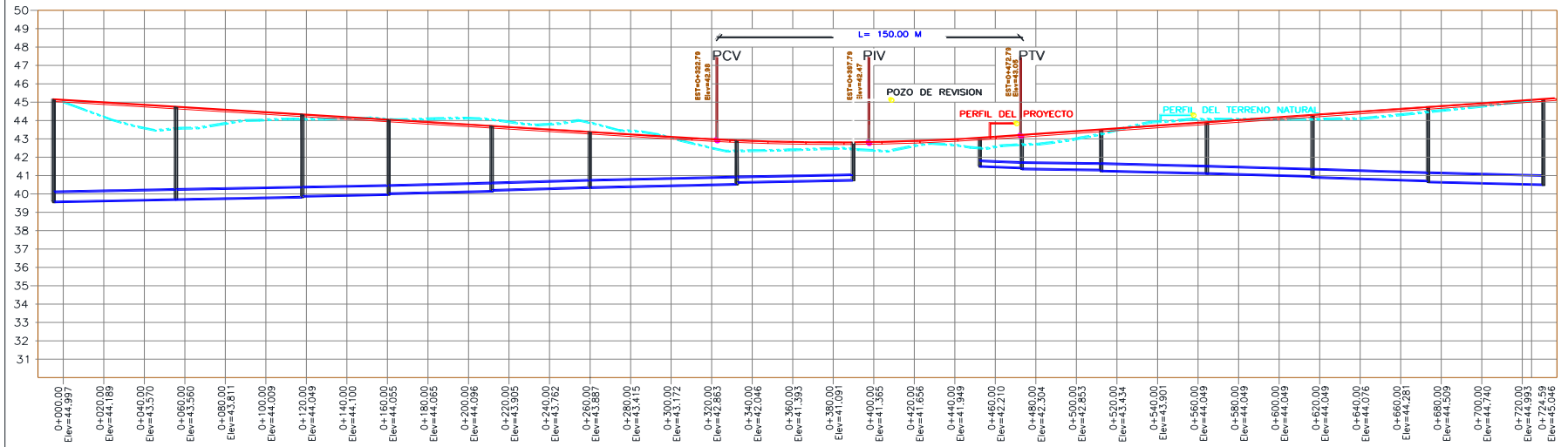
**Anexo No.- 7. Planos topográficos, Perfiles, Áreas portantes, Detalles de obras de arte.**











**PERFIL LONGITUDINAL**  
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000  
 ESCALA VERTICAL 1 : 100

<b>PROYECTO:</b> PERFIL LONGITUDINAL		
<b>UBICACION:</b> PROVINCIA DE MANABI CANTON PORTOVIEJO	<b>INDICACION:</b> INDICADA	
<b>SECTOR:</b> EL FLORON	<b>PROFESION:</b> INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	
<b>INFORMACION BASE:</b> <small>Escuela de Ingenieria Civil, Sistema Geodésico          Masilla SDA (ING 34)          CONDICION: VPA 50 metros</small>	<b>FECHA DE ELABORACION:</b> JULIO 2014	

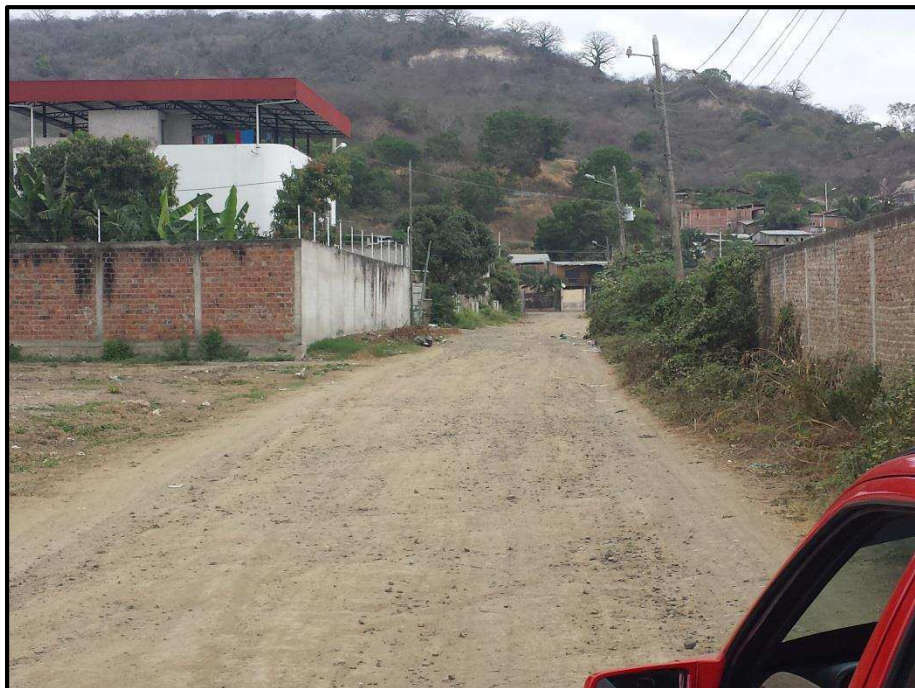
**LIBRACION**  
"IBR"™



Anexo No.- 8. **Fotografías.**



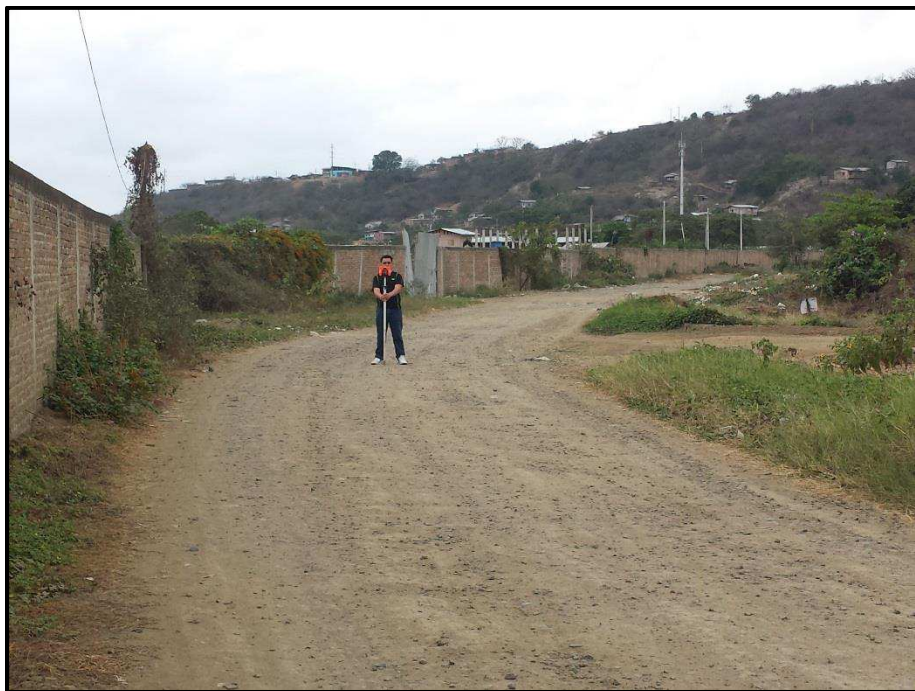
**Foto 1.-** Estado de la vía.



**Foto 2.-** Ingreso a la vía.



**Foto 3.-** Levantamiento topográfico.



**Foto 4.-** Curva existente en la vía.



**Foto 5.-** Toma de puntos del levantamiento.



**Foto 6.-** Fin del tramo de la vía.



Foto 7.- Lugar de estacionamiento de Tanqueros.



Foto 8.- Asesoramiento del Ingeniero Vial Diego Mieles Barberán.





**Foto 9.-** Extracción de muestras para ensayos.



**Foto 10.-** Extracción de muestras para ensayos.



**Foto 11.-** Profundidad escavada de muestro de 1.40 metros.



**Foto 12.-** Ensayos de suelo.