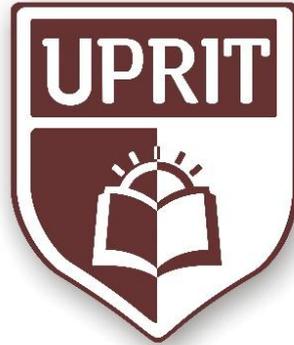


**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE AVENIDA PRINCIPAL  
SECTOR 2 ALTO TRUJILLO – TRUJILLO - LA LIBERTAD 2019”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

**OLIVARES AURORA DEYVID ALEXSANDER**

**ASESOR:**

**ING. DURAND BAZÁN ENRIQUE MANUEL**

**TRUJILLO – PERÚ  
2019**



**DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE AVENIDA PRINCIPAL SECTOR 2 ALTO  
TRUJILLO – TRUJILLO - LA LIBERTAD 2019**

**AUTOR:**

**Bach OLIVARES AURORA, Deyvid Alexsander**

**JURADO EVALUADOR**

---

PRESIDENTE:

---

VOCAL:

---

SECRETARIO:



## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme fuerzas y estar conmigo, para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados de mi vida.

A mis padres, Richar y Silvia por su amor, trabajo y sacrificio durante todos estos años, gracias a ustedes he logrado ser lo que soy ahora. Siempre me enseñaron a ser fuerte ante cualquier adversidad que se me presente, que en esta vida no es para llorar, es para luchar.

A mi abuela Donatila, por estar en todo momento apoyándome y bendiciéndome con sus oraciones, por confiar siempre en mí y jamás darme la espalda. A mi pareja Leticia, por brindarme su amor y siempre estar en todo momento conmigo, viéndome crecer profesionalmente y como persona.



## **AGRADECIMIENTO.**

Siempre estaré agradecido con todas las personas que me apoyaron en el desarrollo de este trabajo.

Agradezco con mucha gratitud a la “Universidad Privada de Trujillo”, que a través de los docentes compartieron experiencias y conocimientos.

Agradezco al asesor de tesis Enrique Manuel Durand Bazán por su apoyo incondicional en la elaboración de este proyecto de investigación.



## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un diseño de pavimento flexible, urbano en la Av principal sector 2 Alto Trujillo, distrito del Porvenir, la libertad. Aplicando el método AASTHO 93 y mediante la norma C. 010 Pavimentos urbanos. El trabajo se ha dividido en cinco capítulos por lo que la primera parte se llama realidad problemática, nos da un adecuado diseño de calidad de vida. La justificación, es importante por en ella podemos encontrar posibles soluciones para el diseño, y por ultimo sus objetivos. En el segundo capítulo se ha desarrollado el marco teórico donde nos da a conocer diferentes conceptos de pavimentos flexibles y diseño. El tercer capítulo se ha hecho el desarrollo de aplicación profesional, donde se obtuvo datos de campo y gabinete necesarios para desarrollar el trabajo. El cuarto capítulo son las conclusiones del diseño de pavimentos flexibles y como último capítulo cinco, recomendaciones. Como conclusión se puede decir que se ha obtenido resultados esperados del análisis, según AASTHO 1993. Se realizaron tanteos para calcular los espesores del pavimento, optando por el más económico y eficiente, que soportara las cargas del tráfico y factores externos, espesores; Carpeta Asfáltica 7 cm, Base 25 cm y sub base 20 cm.



## **ABSTRACT**

The present work aims to carry out a flexible, urban pavement design in the main Av sector 2 Alto Trujillo, district of Porvenir, la Libertad. Applying the AASTHO 93 method and using the C 010 standard. Urban pavements. The work has been divided into five chapters so the first part is called problematic reality, it gives us an adequate design of quality of life. The justification, it is important for it we can find possible solutions for the design, and finally its objectives. In the second chapter, the theoretical framework has been developed where we are presented with different concepts of flexible flooring and design. The third chapter has been the development of professional application, where field and cabinet data needed to develop the work were obtained. The fourth chapter is the conclusions of the design of flexible floors and as a last chapter five, recommendations. In conclusion, it can be said that the expected results of the analysis have been obtained, according to AASTHO 1993. Proofs were made to calculate the thicknesses of the pavement, opting for the most economical and efficient one, which would support the traffic loads and external factors, thicknesses; Asphalt Folder 7 cm, Base 25 cm and sub base 20 cm.



## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO. ....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT.....	vi
ÍNDICE.....	vii
Tabla de fotografías .....	viii
Índice de Tablas .....	ix
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Problema de Investigación. ....	1
1.1. Realidad Problemática.....	1
1.2. Formulación del problema. ....	7
1.3. Justificación del problema. ....	7
1.4. Objetivos.....	8
1.4.1. Objetivo General.....	8
1.4.2. Objetivos Específicos.....	8
2.2 MARCO TEÓRICO .....	8
2.2.1. Antecedentes. ....	8
2.2.2. Bases Teóricas.....	11
2.2.3. Definición de términos básicos. ....	20
2.3.2. Operalización de variables .....	21
2.3. Propuesta de aplicación Profesional.....	21
2.3.1. Técnicas, procedimientos e instrumentos. ....	21
2.3.1.1. De recolección de información. ....	21
CAPITULO III. PROPUESTA DE APLICACIÓN PROFESIONAL .....	38
3.1 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS .....	38
3.1.1 Clima y Geología.....	38
3.2 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	39
3.3 ESTUDIO DE TRÁFICO .....	40
3.4 DISEÑO DEL PAVIMENTO.....	42
3.4.1 Calculo de tráfico para el periodo de diseño W18 .....	42
3.4.2 Factor de crecimiento r% .....	42



3.4.3 Determinación del factor camión y tránsito promedio diario anual .....	42
3.4.4 Determinación de la confiabilidad (R%).....	42
3.4.5 Determinación de la desviación estándar total .....	44
3.4.6 Pérdida o disminución del índice de serviciabilidad.....	44
3.4.7 Módulo resistente efectivo de subrasante MR .....	45
3.4.8 Cálculo de número estructural SN .....	45
3.4.9 Determinación de espesores D1, D2, D3 del pavimento flexible.....	46
3.5 Cálculo del costo estimado .....	46
CAPITULO IV. CONCLUSIONES .....	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXOS .....	54

### **Tabla de fotografías**

Fotografía 1 : Ecuación de diseño de pavimentos flexibles .....	13
Fotografía 2 Módulo de Resiliencia.....	13
Fotografía 3 Número estructural .....	14
Fotografía 4 Fuente MTC – Dirección de Estudios Especiales .....	16
Fotografía 5 Fuente MTC – dirección de Estudios Especiales .....	17
Fotografía 6 Manual de Carreteras Suelos, sección Suelos y pavimentos.....	17
Fotografía 7 Fuente Simbología AASHTO .....	18
Fotografía 8 Manual de Carreteras Suelos, sección Suelos y Pavimentos del MTC .....	18
Fotografía 9 Fuente Guía AASHTO – 93 Nota: RS: Rueda simple RD: Rueda Doble.....	19
Fotografía 10 Manual de carreteras suelos, sección suelos y pavimentos .....	19
Fotografía 11 Manual para Diseño de carreteras pavimentos de bajo volumen de tránsito ....	20
Fotografía 12 Distribución de volumen de tránsito .....	22
Fotografía 13 Proyección del IMDA .....	22
Fotografía 14 ESAL para diversos periodos de diseño.....	22
Fotografía 15 Manual de carreteras Suelos, sección Suelos y pavimentos.....	27



## Índice de Tablas

Tabla 1. Matriz de operacionalización de pavimentos flexibles .....	21
Tabla 2. Tamices .....	29
Tabla 3. Clasificación de suelos para Infraestructura de Pavimentos.....	33
Tabla 4. Calidad de los suelos para estructura de pavimentos en función de su valor CBR ..	33
Tabla 5. Estudio de mecánica de suelos.....	39
Tabla 6. Calicatas.....	39
Tabla 7. Periodo de diseño a 10 años.....	41
Tabla 8. Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal $Z_r$ 10 a 20 años.....	43
Tabla 9. Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal $Z_r$ .....	43
Tabla 10. Índice de serviciabilidad inicial ( $p_i$ ) .....	44
Tabla 11. Serviciabilidad final ( $p_t$ ) .....	45
Tabla 12. Determinación de espesores D1, D2, D3 del pavimento flexible .....	46
Tabla 13. Determinación es espesores .....	46

## Tabla de Planos

Perfil 01.....	79
Perfil 02.....	80
Sección 01 .....	81
Sección 02.....	82
Plano General.....	83



## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Problema de Investigación.

#### 1.1. Realidad Problemática.

En el mundo, a través de los tiempos, el transporte ha incrementado progresivamente, dando preferencia a los pavimentos flexibles, de este modo, “mayormente los pavimentos en México y todo el mundo están hechos de asfalto, por tal motivo se tiene que hacer mucha investigación y desarrollo colectivos del tema, que ayude a mejorar las técnicas y obtener resultados positivos, para poder usar los materiales con mayor eficacia, con el mayor propósito de sustentabilidad y el reciclaje”, afirmó (Flores, 2015). Debe señalarse que el 90% de los pavimentos a nivel mundial están hechos de asfalto, por un lado, los pavimentos rígidos están compuestos por losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta armadas con acero, teniendo el costo más elevado que el pavimento flexible ya que su periodo de vida está entre 20 y 40 años; el mantenimiento que se requiere es mínimo, solo se efectúa comúnmente en las juntas.

Sucede pues, que en la guía AASHTO, referente al diseño de pavimentos, Una de las metodologías más publicadas en todo el mundo y en Chile es utilizada por los organismos encargados de la administración de infraestructuras viales. A esta guía de diseño ha tenido que revisar desde la primera versión (1968), hasta la actualidad se cuenta con la reciente versión (1993) (Thenoux, 2012). Esta guía es de gran importancia porque contiene nuevos criterios de diseño y en particular una parte dedicada a la rehabilitación de pavimentos. La guía AASHTO 1993, es una base significativa para el crecimiento de la humanidad. Es así que la guía AASHTO 1993 sugiere estas recomendaciones: primero, la mayor variabilidad de los parámetros en el pavimento existente, debe ser superior al 90%, mientras que para el error estimado se recomienda utilizar para los pavimentos rígidos un 0.39 y 0.49 para los flexibles. Segundo, la metodología para el cálculo de las capas, se basa en evaluar la diferencia de número estructural requerido (SNf) para soportar un nuevo de período solicitado, el número estructural efectivo existente (SNeff). Se explica en este caso que el valor (SNf) se calcula aplicando las fórmulas de diseño propuestas por ASSHO según sea pavimentos flexibles o rígidos. Lo más primordial es la medición de espesores de capas que permite evaluar metodológicamente el estado



presente de la estructura del pavimento y asignarles un coeficiente estructural a las capas se calcula  $S_{Neff}$  (Thenoux, 2012). En el caso de emplear ensayos no destructivos (NDT), AASHTO usa las deflexiones medidas con un Fall-ing Weight Deflectometer para calcular  $S_{Neff}$ .

En Colombia, el manual de Invias (Londoño, 2008) señala que el método más utilizado referido al diseño de pavimentos de concreto son los propuestos por AASHTO 1993 y PCA del 1984, quienes tienen características distintas y su aplicación puede conducir a que los espesores de capas calculados para condiciones similares, sean muy diferentes.

El Método del Instituto nacional de Vías Invias, El costo de operación de los vehículos que circulan sobre los pavimentos de concreto es menor a cuando circulan sobre pavimentos de asfalto, de tal manera existen estudios donde muestran que el consumo de combustibles es menor en los pavimentos de concreto, las distancias de frenado son más cortas teniendo como resultado que los accidentes de tránsito son menos graves (Londoño, 2008). También está probado que el consumo de energía para iluminar los pavimentos de concreto es menor, generando a largo plazo ahorros que pueden ser muy importantes cuando se trata de áreas urbanas. Las materias primas más influyentes en la competitividad de una u otra solución son los costos del asfalto, de los agregados, del cemento, de los equipos y el costo del mantenimiento de su vida útil (Nieto, 2016)

En cuanto al manual de Invias, se “aconseja que la selección del tipo de pavimentos están determinados por muchos criterios técnicos, las fuentes materiales, su idoneidad y distancia de acarreo, los factores económicos del país o de la zona, ahorros en energía, materiales y otros que en determinadas ocasiones pueden inclinar la decisión hacia un pavimento, como pueden ser la disponibilidad de equipos, mano de obra y condiciones ambientales ” (Londoño, 2008)

Entre los aspectos técnicos, como característica principal de los pavimentos de concreto son: alta rigidez que transmiten al suelo, las cargas y esfuerzos en áreas muy grandes permitiendo que los costos de construcción compitan con los de otras alternativas, principalmente si el suelo tiene baja capacidad portante, así como en vías con tráfico intenso o pesado. Precisamente en carreteras con tráfico muy bajo,



el pavimento de concreto se puede construir sobre el suelo sin interrupción de una capa de soporte (Londoño, 2008). El Manual del Invias, indica que cuando el pavimento está destinado a zonas de temperaturas altas, tiende a deformarse bajo la circulación de cargas pesadas. Los aspectos económicos, los pavimentos de concreto con los de asfalto son diferentes, además la vida útil de los pavimentos de asfalto puede ser de hasta cinco años, mientras que los de concreto pueden llegar a ser hasta de 50 años. Además. Estos pavimentos también demandan mano de obra con conocimientos básicos, equipos sencillos y herramientas de fácil obtención, facilitando su empleo en lugares con dificultad de ingreso de máquinas para aporte de asfalto (Londoño, 2008).

En España, no existe un diseño para el pavimento, cada país cuenta con su propio diseño ya sea por adopción o desarrollo; así mismo la mayoría de los países de la Unión Europea tienen un método empírico, excepto Francia y Holanda ellos utilizan un método analítico. La intervención de los pavimentos de concreto en las carreteras principales de los países europeos es del 10% de manera genérica, Alemania alcanza un valor del 25%, considerando los periodos de diseño para esta clase de pavimentos oscilan entre 40 a 50 años (Nieto, 2016).

La reglamentación para la construcción de pavimentos en España se encuentra en la Norma 6.1 IC originada el 23 de mayo de 1989 mediante orden ministerial, siendo su primera revisión que está vigente y aprobada mediante la orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre del año 2003, por la que se aprueba la norma en cuestión. El Catálogo facilita 13 opciones de solución para 5 tipos de tránsito diferente, 3 clases de sub rasante y 8 categorías de materiales diferentes, para el uso de capas de la estructura del pavimento. Finalmente se traduce como un catálogo que proporciona al usuario o diseñador un abanico del orden de 500 secciones de pavimento. Aplica para nueva construcción, acondicionamiento y reconstrucción, también se sabe que no se podrá utilizar para las construcciones de pavimentos sobre puentes y túneles. Se recomienda especialmente para proyectos a partir de los 1500 msnm para que incorporen un estudio especial que asegure la explanada y el drenaje subterráneo. (Alvarez, 2003).

Lima es una ciudad con más de 9 millones de habitantes, que vive las consecuencias de un desarrollo urbano no planificado. Los ciudadanos enfrentan graves niveles de



congestión y contaminación, el ciudadano limeño o visitante pierde entre 2 o 3 horas al día en el transporte. Esta situación se agrava si hablamos de ciudadanos de situación económica baja que usa el transporte público, como su único medio para satisfacer sus necesidades de transporte (Conroy, 2015).

La subgerencia de Caminos, inicia un operativo para combatir la gran cantidad de polvo que levanta el viento en los diferentes barrios del centro poblado Alto Trujillo. Según explicó el subgerente de Caminos, licenciado Joseph Cubas, esta dependencia ha empezado a ejecutar en diversas zonas de la región, por indicación del gobernador regional de La Libertad, doctor Luis Valdez Farías, quien ha mostrado su preocupación constante por los problemas que se presentan en las zonas más afectadas. Finalmente encontrando como solución de aplicar aditivo (cloruro de calcio) que fija el polvo en el suelo por meses, evitando que este se levante por los fuertes vientos suscitados en ciertas temporadas del año (Gobierno Regional de la Libertad, 2018).

Además, la Subgerencia inició los trabajos con el desplazamiento de cuatro cisternas de 30 T/M conteniendo cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) en los barrios 2, 2A, 2B, Villa Clementina, barrios 3, 3A, 3B, 4, 4<sup>a</sup>, 5, 5A, 6A, Instituciones y establecimientos, en el barrio 2, mercado, club de madres y C.E.I. Estrellitas del Futuro.

En el barrio 3, se benefició el mercado, Pronei Municipal, Reniec, Agencia De Mi Banco.

En el barrio 4<sup>a</sup>, el mercado y en el barrio 6A la I.E. Alto Trujillo, la ONG San Lucas, comedor popular y guardería y el mercado Central. La aplicación de este aditivo en las calles no asfaltadas controla el polvo levantado por los vientos y el paso de vehículos, también fijando la superficie por varios meses y mejorando la superficie de rodadura.

El diseño del pavimento flexible según el método de la AC 150/5320 6D muestra que se puede reducir formidablemente el espesor de la capa base si se tiene un CBR de sub base elevado. Sin embargo, el valor del espesor total será el mismo sea o no el pavimento estabilizado, sabiendo que el valor CBR de la sub rasante se toma como valor d calculo. Por otro lado, los pavimentos rígidos en la estabilización de



la base sí contribuyen a la reducción del espesor total del pavimento (Roel Rondo, 2018).

Según (Escobar, 2017) indica que se puede deducir que el IMD se incrementó de 275 veh/día en el año 2006 a 467 veh/día actualmente 2017, la demanda vehicular se ha incrementado intensamente, entonces el espesor de la estructura del pavimento se debe ratificar más aún en la carpeta asfáltica cumpliendo los requerimientos de diseño estructural.

La adición de fibras de polipropileno ayuda a alcanzar mejor resistencia a la compresión de la mezcla, para dosificaciones hasta de 115% del volumen de mezcla. Para dosis mayores recomendable reestructurar el diseño de mezcla, aplicando el uso de aditivos para mejorar la productividad del concreto logrando que el porcentaje disminuya (Chapoñan, 2017).

Las causas más comunes son tráfico de diseño, incremento en el tráfico con los años; la mala compactación del afirmado de la sub base, la mala dosificación de materiales usados en la elaboración del concreto, la mala calidad, los factores climáticos (lluvias), sistema de drenaje pluvial inadecuado (Asenjo, 2017).

En el Asentamiento Humano Alto Trujillo, en cierta manera la sociedad y el transporte vehicular viene incrementando constantemente, por el cual la población se ve afectada en cierto modo por la falta de pavimentación en las calles de la zona, en este sentido se visualiza que existe un descuido por parte de las autoridades, de esta manera, solo algunos de los barrios establecidos en el asentamiento humano están asfaltados, como el barrio 5, el resto de calles situadas en este lugar solo hay pistas de arena y trocha, el cual provoca una cierta contaminación en las personas de la comunidad.

El gran problema que tiene el centro poblado del alto Trujillo sector 2 es que no cuentan con una pavimentación, veredas, bermas y sardineles que no tienen por donde transitar las personas y vehículos, más que por trochas. Esto afecta la salud a distintas familias por el polvo que ocasionan cada vehículo al transitar, tampoco hay zonas peatonales a pesar que existen colegios que se ven afectados por el tránsito. Actualmente según lo observado por el investigador, aproximadamente tan solo se



han asfaltado menos del 1% de las vías y al parecer el anhelo de cada familia de contar con pistas y veredas tendrá que esperar, por que las autoridades a pesar que cuentan para el CP Alto Trujillo con 10 perfiles aprobados para la ejecución de sistemas de transitabilidad cuyos presupuestos serian en promedio 5 millones de soles, que estarían beneficiando al transporte y una mejor calidad de vida para todo el Alto Trujillo.

Debido que el centro poblado Alto Trujillo sigue creciendo, se debe buscar el mejor diseño de pavimentación flexible garantizando la calidad de vida hacia los pobladores. Por ende, es necesario hacer un diseño de pavimentación ya que, de no hacerla, los pobladores tendrán dificultades para poder acceder al transporte vehicular urbano, de este modo los pobladores carecen de movilidad del centro o de otros lugares hacia sus respectivas casas ya que en la actualidad cuando se menciona alto Trujillo las movilidades como taxistas o carros particulares, no quieren ir.

Se debe de tomar muy en cuenta las propuestas dadas por el alcalde para el desarrollo y crecimiento adecuado del centro poblado, tomando como punto principal el diseño de una pavimentación flexible en el sector 2, puesto que la mejora de este CP se deberá a las empresas instaladas recientemente como Mi banco y Caja Trujillo, también en este sector se encuentran ferreterías, mercado público, farmacias, restaurantes y sobre todo la comisaría. Esto ayudará a los habitantes a obtener más ingresos comerciales y permitirá el tránsito de cualquier tipo de vehículos.

Un Crecimiento bastante grande teniendo como promedio por sector que es de 600 a 800 viviendas, familias en total que viven esperando tener una calidad de vida mejor, Estas declaraciones las brindo la autoridad alcalde del distrito del porvenir Paul Rodríguez Armas.



## **1.2. Formulación del problema.**

### **¿CUÁL ES EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA LA AVENIDA PRINCIPAL, SECTOR 2 ALTO TRUJILLO – TRUJILLO 2019?**

## **1.3. Justificación del problema.**

El beneficio general, se realizará la investigación por que es necesario que todo y cada uno de la sociedad en general, cuenten con una pavimentación adecuada para disminuir la contaminación y dar una mejor calidad de vida. Los beneficios que tendrá el sector 2 del centro poblado Alto Trujillo será la Implementación vial a cada uno de los pobladores el cual se obtendrá una mejor economía, es así que incrementara bienestar en todas las familias. Ya que el tema de la contaminación ambiental, se reducirían a lo más mínimo por el beneficio de tener el sector 2 con pavimentos.

Como beneficio específico, los pobladores tendrán oportunidades comerciales, por la accesibilidad a este sector, sin contaminación, los restaurantes con mucha demanda, mejores lugares de consumo de abarrotes, como tiendas, la variedad de entidades bancarias en el sector, y mercado con variedad de alimentos dado, que se dará un libre acceso a los proveedores de llegar a estos lugares. Será el desarrollo continuamente del sector 2, dando así un nuevo comienzo, una nueva oportunidad a todas las familias afectadas por no tener una adecuada pavimentación.

Desde el punto de vista operativo, durante la etapa de construcción de la pavimentación en el sector 2 del Centro Poblado Alto Trujillo, este tendrá diversos beneficios para los pobladores de esta zona, ya que estando en ejecución, el personal de obras, tienen un receso durante el día, por la cual los mencionados necesariamente tiene que dirigirse a almorzar, el cual generara consumo en restaurantes, como conllevara al consumo en tiendas por cualquier producto que pueda satisfacer su necesidad, de esta manera también las farmacias tendrán afluencia, ya que puede haber algún accidente y por ende compraran medicina para su bienestar.

Respecto al aspecto académico, los futuros tesisistas tendrán un gran alcance de un guía del diseño de pavimentación flexible en zonas urbanas, también a nivel de



costos. Con todo esto sería fácilmente realizar diseños similares en otros sectores, o profundizar en temas de investigación relacionados.

#### **1.4. Objetivos.**

##### **1.4.1. Objetivo General.**

Determinar el diseño de pavimentación Flexible en la Av. Principal, sector 2 del Centro Poblado Alto Trujillo.

##### **1.4.2. Objetivos Específicos.**

- i. Establecer un levantamiento topográfico.
- ii. Definir el estudio de mecánica de suelo.
- iii. Deducir el estudio de tráfico.
- iv. Establecer la propuesta de diseño de pavimentación flexible método Asshto 93
- v. Calcular los costos de la solución propuesta.

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Antecedentes.**

El antecedente más importante que tuvo en consideración el presente proyecto de investigación es el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG - 2018). En este manual encontraremos todas las especificaciones generales establecidas para el diseño y control de calidad de pavimentos flexibles de mezclas asfálticas en caliente y en frío, tanto para pavimentos convencionales como para reciclados.

Del mismo modo, esta investigación se basa en las siguientes tesis:

**BALTAZAR, VARGAS, GUTIÉRREZ (2014)** En su tesis de pre grado. Análisis comparativo para el diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del método mecanicista empírico, mediante el método AASHTO 93, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR facultad de ingeniería y arquitectura, escuela de ingeniería civil. El problema en el SALVADOR, fue desarrollar la capacidad vial en constante cambio, tanto como: vías nuevas, reconstrucciones y reparaciones. En general, la investigación en el área es poca usual, dando lugar a un traslado insistente de técnicas, metodologías y reglamentos existentes, desarrollados en países con un avance muy significativo con el tema de construcciones viales, esto



debido a una mayor inversión para la investigación científica de disciplinas con aplicación de técnicas. Dado que existen otros enfoques de diseño de pavimentos, con bases mecanicistas-empíricas, es de primera mano conocer dichas metodologías, el SALVADOR se familiariza con diversas opciones de diseño, con un solo objetivo de comparar resultados característicos de diseño que arrojaran cada una de ellas, analizando su desempeño, funcionalidad y las ventajas económicas entre los métodos. La presente investigación es de tipo cualitativo porque permite describir las características del fenómeno estudiado por las diferentes metodologías. El proyecto investigativo es un trabajo proyectado en comparar las variables de cada una de las alternativas y el método de diseño de pavimentos flexibles en estudio, así como sus fortalezas y debilidades, para diversos requerimientos en la estructura del pavimento flexible.

El presente estudio, también busca generar un acercamiento a las alternativas IMT-PAVE y CR-ME, en nuestro país se usa AASHTO 93 desde hace muchos años para el diseño de pavimentos flexible, cabe decir que es necesario llegar y desarrollar nuevas alternativas que tengan relación con las necesidades actuales, tratando de desarrollar el objetivo demasiado ambicioso y que demandaría una inversión de tiempo y recursos que exceden la capacidad de la presente investigación. También hacerse del conocimiento de los métodos y las alternativas de diseño en pavimentos flexibles en las que ya se utiliza la metodología mecanicista-empírica, ya que en estas se realiza una mejor caracterización de los materiales (uso de los módulos elásticos), consideraciones reales del tránsito (pesos de los vehículos) y la utilización del factor climático (temperaturas ambientales); para que los diseños que se realizan sean acordes a condiciones de la zona.

**Rengifo (2014)** en su tesis de pre grado. Realizó la investigación: Diseño de los pavimentos de la nueva carretera panamericana norte en el tramo de HUACHO a PATIVILCA (Km 188 A 189). El problema fue: En el PERÚ las vías de comunicación más utilizadas dentro del territorio son las terrestres. Dentro de estas se encuentran los caminos, carreteras, etc. Las carreteras permiten optimizar los tiempos de recorrido de los vehículos debido al diseño de su capa de rodadura. El tipo de investigación es explicativo, el diseño de investigación que se utilizó fue el pre-experimental. La población y muestra estuvo constituida por el tramo de



HUACHO a PATIVILCA (Km 188 a 189) teniendo como objetivo realizar el diseño del pavimento de un kilómetro de la nueva carretera panamericana norte. Se diseñará dicho pavimento considerando el pavimento flexible y se diseñó mediante la metodología de la AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO) y la del INSTITUTO DEL ASFALTO (IA) para luego comparar ambos resultados y escoger la mejor opción.

Llegando a la conclusión: que, para los pavimentos flexibles, la fórmula de número estructural permite obtener diversas opciones para la conformación de la estructura. Así con el método de AASHTO se presenta ocho diversas opciones, las cuales se analizarán económicamente.

**Sarmiento y Arias (2015)** en su tesis de pre grado. Realizó la tesis titulada: Análisis y diseño vial de la avenida MÁRTIR OLAYA ubicada en el distrito de LURÍN del departamento de LIMA. Como principal problema que presentan las vías son los daños existentes en la capa de rodadura ocasionados por el aumento del flujo de vehículos livianos como autos y camionetas, y por la generación de un nuevo flujo de tránsito de vehículos pesados. El estudio es de tipo de investigación experimental, la población y muestra total estuvo conformada por la avenida MÁRTIR OLAYA ubicada en el distrito de LURÍN del departamento de LIMA. Las metodologías usadas fueron AASTHO 93. Para finalizar se llegó a la siguiente construcción en cuanto a el método AASTHO 93, se puede decir que este último es una herramienta más completa para el análisis y diseño de pavimentos ocupando el primer lugar, dejando atrás al método ESAL, se puede analizar los daños de diversos vehículos de manera individual como la deformación permanente y el agrietamiento por fatiga del pavimento. Así mismo, el AASTHO 2008 exige datos de entrada o inputs del clima, materiales, tráfico específicamente de la zona en donde se va a llevar a cabo la construcción de la vía.

Para obtener todo esto, primero se necesita implementar modelos de deterioro de pavimentos para poder predecir fallas como fatiga, deformación, ahuellamientos, deformación térmica, etc. También al mismo tiempo desarrollar base de datos climáticos detallados para diferentes regiones, implementar base de datos de espectro de carga para diferentes vías, mediciones de coeficientes de expansión térmica, finalmente llegar a desarrollar base de datos de módulos resilientes.



### **2.2.2. Bases Teóricas.**

#### **Pavimentos**

##### **Definición de pavimento**

Por el lado ingenieril, los pavimentos son elementos estructurales que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado sub rasante. Esta capa tiene que estar preparada para soportar un sistema de capas con diferentes espesores, llamado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado tiempo (Rodríguez, 2019).

##### **Características de un Pavimento**

Un pavimento debe reunir los siguientes requisitos:

- Tener resistencia a la acción de las cargas impuestas por el tráfico.
- Resistente a los agentes de intemperismo.
- Mostrar una textura visible adecuada a las velocidades pronosticadas de movimiento en los vehículos.
- El pavimento debe cumplir con una suficiente resistente a la abrasión producidas por las llantas de rodadura.
- Los pavimentos deben presentar uniformidad, en el sentido longitudinal y transversal, permitiendo al usuario una buena comodidad de circulación por el mismo.
- Contar con la durabilidad necesaria según diseño y también relacionado con su costo de ejecución.
- Los sistemas de drenaje adecuadamente ejecutadas para evitar los hinchamientos.
- Los pavimentos estar diseñados con la condición de tener el mínimo ruido producida por las llantas de rodadura del vehículo.
- Ofreciendo seguridad de tránsito y tener un color adecuado para evitar reflejos al conductor.

##### **Los pavimentos se clasifican en:**

###### **a) Por transferencia de carga**

Encontramos los pavimentos flexibles, pavimentos semi rígidos o semiflexibles, pavimentos rígidos, pavimentos articulados y afirmado.



### **b) Por su proceso constructivo**

Reciclado de Pavimentos Asfálticos, en todos los siguientes casos de reciclado, la estructura resultante del trabajo de reciclaje, podrá emplearse como capa de rodadura o base. Pueden ser:

- Reciclado Superficial
- Reciclado en el lugar (in situ) o conocido también como reciclaje en frío
- Reciclado en Planta (reciclaje en caliente)

### **Pavimentos Flexibles**

Los pavimentos flexibles son una estructura conformada por una o varias capas de materiales apoyados íntegramente sobre el terreno, se diseñan y construyen técnicamente con materiales preparadas para soportar las cargas repetidas del tránsito, para diferentes condiciones climáticas, sin agrietarse o deformarse excesivamente y con capacidad de transmitir las a los suelos de fundación, sin provocar hundimientos o asentamientos excesivos, dentro de un rango de serviciabilidad y durante su periodo de diseño de estructura del pavimento (Escobar, 2017).

Todo pavimento flexible esté conformado por una capa de sub rasante preparada y compactada a una densidad específica, una capa de sub-base que puede ser omitida dependiendo de la calidad de la sub rasante, una capa de base que se coloca sobre la sub-base, o sobre la sub rasante. Sobre la base se conforma la carpeta asfáltica que consiste de una mezcla de material bituminoso y agregados. El método AASHTO es un método básico en resultados empíricos de la carretera. AASHTO en los años 1972 publicó la guía para el diseño de estructuras de pavimento, cuyas revisiones fueron publicadas en 1981, 1986, 1993 y la actual versión de 2008 (Ayala, 2014).

### **El método AASHTO 93**

Este método tiene como objetivo analizar la resistencia de la sub rasantes para llegar a los cálculos las cargas vehiculares y espesores de capas.



### Periodo de Diseño

Si hablamos en pavimentos se dice que el periodo de diseño es mayor a la vida útil del mismo: encontramos que, 10 años para caminos de bajo volumen en el tránsito, se hace por dos etapas de 10 años y una etapa de 20 años para el periodo de diseño. (Especificaciones Generales de construcción de carreteras y normas de ensayo, 2013).

### Variables

La ecuación básica para el diseño de la estructura de un pavimento flexible se desarrolla de la siguiente manera:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_D + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

fotografía 1 : Ecuación diseño de pavimentos flexibles

Donde:

**W18:** Es número acumulado de ejes simples equivalentes a 18000 lb (80 kN) para el periodo de diseño, corresponde al número de repeticiones de (EE) de 8.2tn. (Escobar, 2017)

**Módulo de Resiliencia (MR):** Esta es la medida de rigidez del suelo a nivel de sub rasante, para su cálculo se empleará la ecuación siguiente quien tiene una relación directa con el CBR.

$$Mr(psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$$

fotografía 2 Modulo de Resiliencia

**Confiabilidad (%R):** esta es la probabilidad que un pavimento tenga entre el periodo de diseño y lo previsto en los cálculos.

**Desviación Estándar Normal (Zr):** simboliza el valor de la confiabilidad del pavimento (Escobar, 2017).



**Desviación Estándar Combinada (So):** Este valor toma en cuenta la variabilidad esperada de pronóstico del tránsito y de los demás factores que afectan el comportamiento del pavimento; por ejemplo, medio ambiente, construcción. AASHTO 93 como guía recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de (So) comprendidos entre 0.40 y 0.50, el presente manual se adopta para los diseños recomendados el valor de 0.45 (Escobar, 2017).

**Índice de Serviciabilidad Presente (PSI):** Es el confort de circulación que ofrece al usuario. El de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar), los valores oscilan de 0 a 5. En el momento que la condición de la vía decrece por deterioro, el (PSI) también (Escobar, 2017).

**Serviciabilidad Inicial (Pi):** Para pavimentos nuevos.

**Serviciabilidad Final o Terminal (PT):** Para pavimentos que haya sido necesario algún tipo de reconstrucción o rehabilitación (Escobar, 2017)

**Variación de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI):** Es la serviciabilidad inicial versus serviciabilidad terminal (Escobar, 2017).

**Numero Estructural Requerido (SNR):** se refiere al espesor total de pavimento, calculados mediante el uso de los factores estructurales, se usa la siguiente ecuación:

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

*fotografía 3 Numero estructural*

Donde:

**a1, a2, a3** = Factor estructural de capas.

**d1, d2, d3** = Espesor de capas.

**m2, m3** = factor de drenaje para las capas



### **Tráfico vehicular:**

Permite conocer los límites de volúmenes de tráfico, además se puede evaluar para ver en que dimensión crecerá la demanda y afecte a la estructura del pavimento (Escobar, 2017).

El estudio de tráfico deberá facilitar la información del índice medio diario anual (IMDA) para cada tramo vial en estudio. Para calcular el IMDA es de necesidad de los índices de variación mensual, también tener información del MTC. El uso de esta información nos respalda una mayor firmeza de la información obtenida y utilizada para los diversos estudios (Escobar, 2017).

En función a la demanda vehicular las carreteras en el Perú se clasifican en:

### **Autopistas de Primera clase:**

Su Índice Medio Diario Anual (IMDA) es mayor a 6.000 veh/día, las calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6,00 m.; estas calzadas deben tener 2 o más carriles con un ancho mínimo de 3,60 m sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas. Cabe recalcar que la superficie de rodadura debe ser pavimentada (Perú, 2013).

### **Autopistas de Segunda clase:**

Estas son carreteras con IMDA entre 6.000 y 4.001 veh/día, con un separador central en la calzada que puede variar de 6,00 m. hasta 1,00 m. además cada calzada debe tener dos o más carriles con un ancho mínimo de 3,60 m, también pueden tener pasos vehiculares o cruces y también puentes peatonales. (Perú, 2013).

### **Carreteras de Primera clase:**

Estas son carreteras con IMDA entre 4.000 y 2.001 veh/día, con calzada de 2 carriles de con un ancho mínimo de 3,60 m. Puede tener pasos vehiculares a nivel o cruces y para zonas urbanas se recomienda tener cuenta con puentes peatonales, que permitan mayor seguridad y una velocidad de operación. (Perú, 2013).



### Carreteras de Segunda Clase

Son carreteras con IMDA entre 2.000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles teniendo como mínimo 3,30 m. Puede tener pasos vehiculares a nivel o cruces y para zonas urbanas se recomienda tener cuenta con puentes peatonales, que permitan mayor seguridad y una velocidad de operación. (Perú, 2013).

### Carreteras de Tercera clase:

Denominamos carreteras de tercera clase cuando el IMDA son menores a 400 veh/día, con una calzada de dos carriles con un ancho mínimo de 3,00 m. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2,50 m (Perú, 2013).

### Trochas Carrozables

Por último, tenemos trochas carrozables, son aquellas que tiene un IMDA menor a 200 veh/día. Su calzada debe tener un ancho mínimo de 4,00 m, a estas se construirán ensanches llamadas plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. indicando también que la superficie de rodadura puede ser afirmada o no (Perú, 2013).

### Carreteras con IMDA igual o Mayor a 300 vehículos

Pavimento	Característica	IRI Promedio en Operaciones
Flexible	Compuesto por capas granulares (subbase y base drenante) y una capa de rodadura bituminosa de mezcla asfáltica en caliente de espesor variable según sea necesario.	3.5
Semirígido	Conformados con capas asfálticas (base asfáltica y carpeta asfáltica en caliente); también se considera como pavimento semirígido, la estructura compuesta por carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con cemento o base tratada con cal.	3.5
Rígido	Conformado por losa de concreto de cemento hidráulico y una subbase granular para uniformizar las características de cimentación de la losa.	3.5

*fotografía 4 Fuente MTC – Dirección de Estudios Especiales*



### Carreteras con IMDA menor a 300 vehículos

Pavimento	Característica	IRI Promedio en Operaciones
Pavimento económico	Compuesto por capas granulares, con base estabilizada y una capa de rodadura bituminosa en frío como: tratamiento superficial bicapa, lechada asfáltica o mortero asfáltico, micropavimento en frío, macadam asfáltico, carpetas de mezclas asfálticas en frío, etc.).	4
Afirmado con protección	Afirmados tratados o suelos estabilizados con una capa de protección bituminosa (monocapa, lechada asfáltica, etc.).	5
Afirmado mejorado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afirmados con grava tratada con materiales como: asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros.</li> <li>Suelos naturales estabilizados con asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros.</li> </ul>	7
Afirmado	Constituidos por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificados naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo de 25 mm.	10

fotografía 5 Fuente MTC – dirección de Estudios Especiales

### Numero de calicatas para exploración de suelos

Tipo de carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 600 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km. x sentido</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras duales o multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km. x sentido</li> </ul>	
Carreteras de primera clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto.	• 4 calicatas x km.	
Carreteras de segunda clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto.	• 3 calicatas x km.	
Carreteras de tercera clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto.	• 2 calicatas x km.	
Carreteras de bajo volumen de tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto.	• 1 calicata x km.	

fotografía 6 Manual de Carreteras Suelos, sección Suelos y pavimentos



**Signos convencionales para perfil de calcatas – clasificación AASHTO**

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A - 1 - a		A - 5
	A - 1 - b		A - 6
	A - 3		A - 7 - 5
	A - 2 - 4		A - 7 - 6
	A - 2 - 5		Materia orgánica
	A - 2 - 6		Roca sana
	A - 2 - 7		Roca desintegrada
	A - 4		

fotografía 7 Fuente Simbología AASHTO

**Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño**

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMD a total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMD a total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

fotografía 8 Manual de Carreteras Suelos, sección Suelos y Pavimentos del MTC



### Número de repeticiones de Ejes Equivalentes

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	Nº de Neumáticos	Gráfico
EJE SIMPLE (Con rueda simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con rueda coble)	1RD	04	
EJE TANDEM (1 Eje rueda simple + 1 Eje rueda doble)	1RS + 1RD	06	
EJE TANDEM (2 Rueda doble)	2 RD	08	
EJE TRIDEM (1 Rueda simple + 2 ejes rueda doble)	1RS + 2RD	10	
EJE TRIDEM (3 Ejes rueda doble)	3RD	12	

fotografía 9 Fuente Guia AASHTO – 93

Nota: RS: Rueda simple RD: Rueda Doble

### Relacion de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para afirmados, pavimentos Flexibles y semirrígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>8.2m</sub> )
Eje simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.0}$
Eje simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	$EE_{S2} = [P/8.2]^{4.0}$
Eje tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	$EE_{TA1} = [P/14.8]^{4.0}$
Eje tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	$EE_{TA2} = [P/15.1]^{4.0}$
Eje tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	$EE_{TR1} = [P/20.7]^{3.9}$
Eje tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	$EE_{TR2} = [P/21.8]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

fotografía 10 Manual de carreteras suelos, sección suelos y pavimentos



### Relación de ejes por tipos de vehículos

Clase de vehículo	Eje equivalente (8.2 tn.)
Bus (de 2 o 3 ejes)	1.850
Camión ligero (2 ejes)	1.150
Camión mediano (2 ejes)	2.750
Camión pesado (3 ejes)	2.000
Camión articulado (> 3 ejes)	4.350
Auto o vehículo ligero	0.0001

*fotografía 11 Manual para Diseño de carreteras pavimentos de bajo volumen de tránsito*

#### 2.2.3. Definición de términos básicos.

**Diseño:** Es el proceso consciente y deliberado por el cual elementos, componentes, potenciales, tendencias, etc. se disponen de forma intencionada en el continuo espacio-tiempo con el fin de lograr un resultado deseado. (Chavira, 2017)

**Pavimento:** Un pavimento es un conjunto de capas de material seleccionado que recibe de forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a las franjas inferiores en forma disipada, paralelamente proporcionando una superficie de rodadura, quien debe funcionar correctamente (Garcia, 2012).

**Sector 2 del Alto Trujillo:** Centro poblado, que por los recursos que tienen, están a un paso para ser distrito. A este sector es muy fácil de llegar, pueden llegar por la 25 de diciembre, pasando por colegio Jorge Basadre, el colegio Bolognesi, hasta llegar a la Camisería, sector 2 Alto Trujillo.

**Pavimento flexible:** Este tipo de pavimento está formado por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra. (Castaño, 2014)



### 2.2.4 Operalización de variables

Tabla 1. Matriz de operacionalización de pavimentos flexibles

diseño de pavimento	Un diseño es el resultado final de un proceso, cuyo objetivo es buscar una solución a cierta problemática particular, por eso es necesario la aplicación de distintos métodos y técnicas	Es la de proveer una superficie de rodadura adecuada al tránsito y distribuir las cargas aplicadas, sin que se sobrepasen las tensiones aceptables de las distintas capas del pavimento y de los de fundación.	Estudio de Suelos	CBR		Proctor Modificado ASHTO T-180-D	
				Contenido de Humedad			
				Granulometría			
			Levantamiento Topográfico	Densidad Máxima		Proctor Modificado	
				Trazo		Diseño Geométrico en planta (DG-2018)	
			Longitudinal				
			Diseño de Pavimento Flexible	Estudio de Trafico		Parámetros de diseño según norma vigente DG-2018	
				Módulo Resiliencia MR			
				Confiabilidad (R%)			
				Desviación estándar Zr			
Índice de Servicialidad PSI							
Variación de Servicialidad							
Numero estructural SNR							

## 2.3. Propuesta de aplicación Profesional

### 2.3.1. Técnicas, procedimientos e instrumentos.

#### 2.3.1.1. De recolección de información.

Para este proyecto se va utilizar la estadística descriptiva, porque podemos:

- ✓ Organizar la información
- ✓ Sintetizar la información
- ✓ Ver sus características más relevantes
- ✓ Presentar la información

Los instrumentos que se va utilizar en este proyecto son:

- ✓ Cuaderno de campo para la recolección de datos.
- ✓ GPS (para ubicación de las coordenadas)
- ✓ Software Civil 3d (El levantamiento topográfico y diseño)
- ✓ S10 (Para el presupuesto)
- ✓ Computadora corei5 (Para la utilización de los programas)
- ✓ Estación Total (Para el levantamiento Topográfico)
- ✓ Microsoft Office (Juego completo)



### Instrumento para medir el tránsito Vehicular



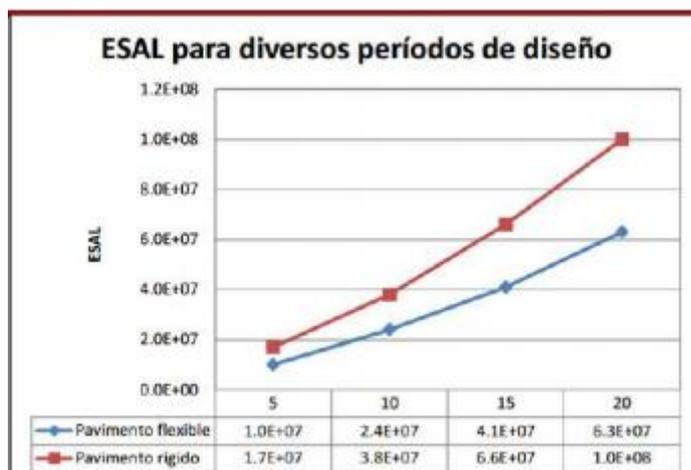
fotografía 12 Distribución de volumen de tránsito

### Instrumento para medir el Índice medio Diario Anual

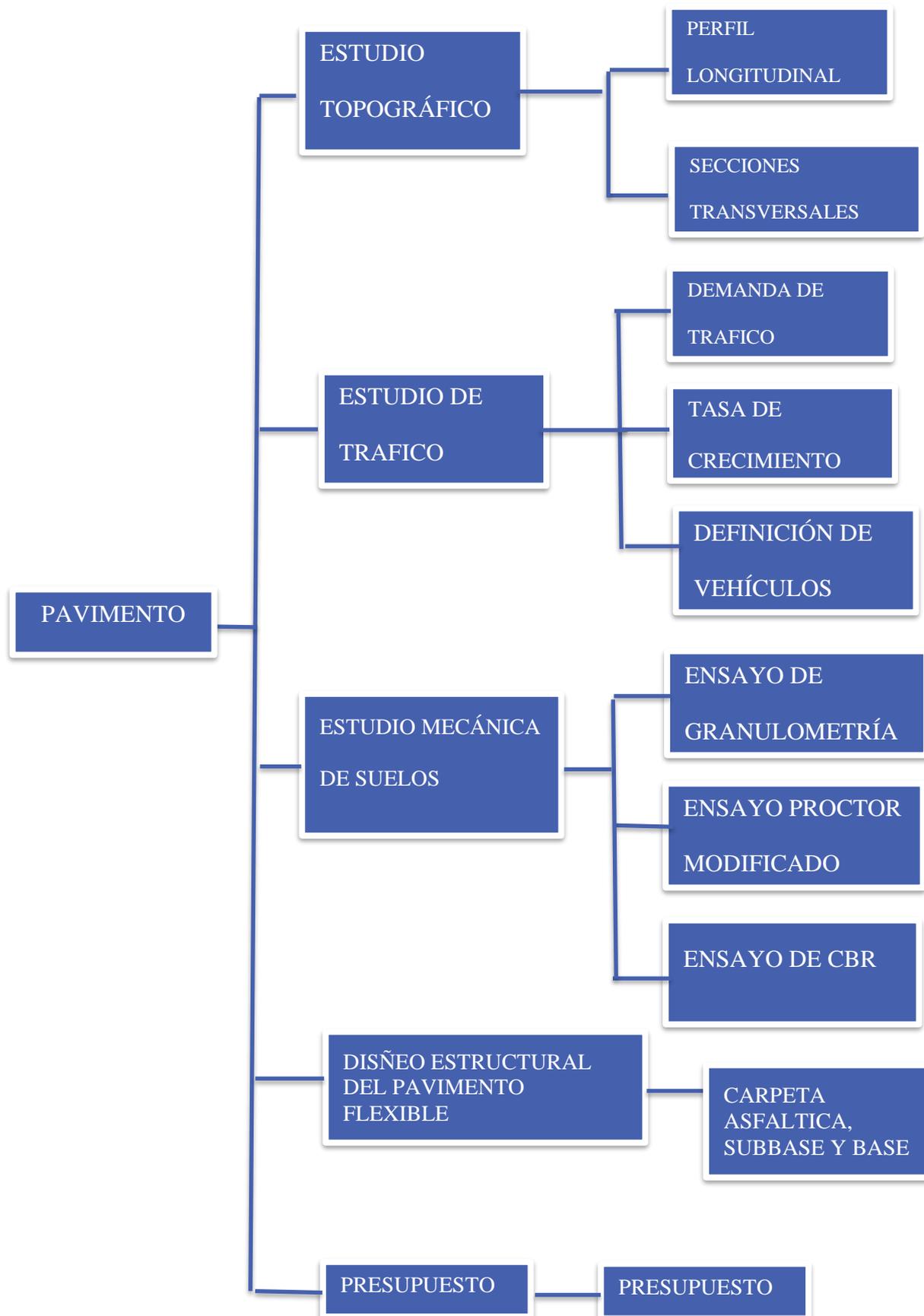


fotografía 13 Proyección del IMDA

### Instrumento para medir el periodo de Diseño



fotografía 14 ESAL para diversos periodos de diseño





### **Estudio Topográfico**

Contendrá toda la información de los trabajos topográficos realizados, de acuerdo a los requerimientos por la entidad. Se presentará la información cartográfica georreferenciada correspondiente, a escalas requeridas, teniendo en cuenta todas las áreas que son levantadas, longitud de medición poligonal, magnitud de todos los errores de cierre de la poligonal, trazo de controles enlazados a la Red Geodésica Nacional (GPS), estableciendo sus coordenadas geográficas y UTM, para esto el contenido a presentar es el siguiente:

- ✓ Definición de la franja a levantar, teniendo como sistema de evacuación fluvial la llamada cuneta, en toda la longitud del tramo y considerando un ancho suficiente de calzada.
- ✓ Los puntos bien establecidos a distancias no mayores a 10 m o según lo requerido en los documentos de la entidad contratante.
- ✓ La colocación de BMs (Bench Mark) serán a cada 500 m o a una distancia que establezca la entidad contratante, tomando como referencia las cotas de los hitos de control vertical del GN.
- ✓ Presentación de detalles planimétricos, planos topográficos, levantamientos complementarios, altimétricos y otros, de acuerdo a los requerimientos de la entidad (Perú, 2013).

### **Estudio de Trafico**

#### **Determinación demandada de tráfico.**

Nos facultará conocer hasta que márgenes de volúmenes de tráfico puede estimarse y en que magnitud crecerá la demanda que afectará a la estructura del pavimento durante el periodo del análisis. Este estudio deberá otorgar la información del índice medio diario anual (IMDA) para cada tramo en estudio, los cálculos del IMDA es necesario tener los índices de variación mensual y también información que el MTC. El uso de esta información nos respalda una mayor firmeza de la información obtenida y utilizada para los diversos estudios (Escobar, 2017).

#### **Demanda Proyectada**

Es de prioridad hacer el levantamiento de información para ser usada como base para el estudio de demanda y de tal manera encontrar el número de Ejes

Equivalentes (EE) de diseño para los pavimentos. Los responsables tal como el Ingeniero deberán sustentar si existen razones para fijar que el crecimiento de la demanda seguirá la tendencia histórica reconocidas con información previa procedente o si sea modificada y afectados por factores socioeconómicos. (Perú, 2013).

### **Clasificación de Vehículos**

#### **Categoría L: Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.**

**L1:** Velocidad máxima de 50 km/h y hasta 50 cm<sup>3</sup> (vehículos dos ruedas)

**L2:** Velocidad máxima de 50 km/h y hasta 50 cm<sup>3</sup> (vehículos dos ruedas)

**L3:** Velocidad mayor a 50 km/h o más de 50 cm<sup>3</sup> (vehículos dos ruedas)

**L4:** Velocidad mayor de 50 km/h y de más de 50 cm<sup>3</sup> (vehículos tres ruedas asimétricas al eje longitudinal)

**L5:** Velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto no exceda de 1 tonelada o de más de 50 cm<sup>3</sup> (vehículos tres ruedas simétricas al eje longitudinal). (Perú, 2013)

#### **Categoría M: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y contruidos para el transporte de pasajeros.**

**M1:** Vehículos menos a 8 asientos, no considera el asiento del chofer.

**M2:** Vehículos mayor a 8 asientos, no considerar el asiento del chofer y con un peso bruto menor a 5 toneladas. (Perú, 2013)

**M3:** Vehículos mayor a 8 asientos, no considerar el asiento del chofer y con un peso bruto a más de 5 toneladas.

Para los vehículos de las categorías M2 y M3, se catalogan en:

**Clase I:** Vehículos contruidos con áreas para pasajeros de pie facultando el desplazamiento frecuente de los mismos. (Perú, 2013)

**Clase II:** Vehículos contruidos especialmente para la movilización de pasajeros sentados, a su vez también diseñados para facultar la movilización de pasajeros de pie en el pasadizo. (Perú, 2013)

**Clase III:** Vehículos contruidos únicamente para la movilización de pasajeros sentados. (Perú, 2013)

#### **Categoría N: Vehículos automotores de 4 a más ruedas son diseñados y contruidos para la movilización de mercancía.**

N1: Peso bruto vehicular de 3,5 toneladas o menos.

N2: Peso bruto vehicular mayor a 3,5 toneladas hasta 12 toneladas.

N3: Peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.

***Categoría O: Remolques (incluidos semirremolques).***

O1: De peso bruto vehicular de 0,75 toneladas o menos

O2: De peso bruto vehicular de más 0,75 toneladas hasta 3,5 toneladas.

O3: De peso bruto vehicular de más de 3,5 toneladas hasta 10 toneladas.

O4: De peso bruto vehicular de más de 10 toneladas.

**Categoría S: Para los vehículos de las categorías M, N u O para la movilización de pasajeros o de mercancías quienes necesariamente requieren equipos especiales y/o carrocerías, son clasificadas en:**

- ✓ SA: Casas portátiles.
- ✓ SB: Vehículos de seguridad (blindados).
- ✓ SC: vehículos tipo Ambulancia.
- ✓ SD: Vehículos especiales de funeraria.

Las simbologías anteriormente tienen que ser acopladas con el símbolo de la categoría perteneciente. Ejemplo: si tenemos un vehículo de la categoría N1 transformado en ambulancia tendrá como código N1SC. (Perú, 2013)

**Crecimiento del Tránsito**

Una carretera debe ser diseñada para soportar el volumen de tráfico. La vida útil de una carretera, requiere la evaluación de las variaciones de los principales parámetros en cada segmento de la misma, este análisis reviste cierta complejidad por la propia infraestructura o inesperados cambios en el uso de la tierra, con las modificaciones en los volúmenes de tráfico, patrones, y demandas. Como efectos prácticos, se utiliza como base para el diseño a un periodo de 20 años. La definición geométrica de las nuevas carreteras, no debe basarse únicamente en el volumen de tránsito actual, sino que debe considerar el volumen previsto que va a utilizar esta instalación en el futuro.

De este modo, se deberá establecer los volúmenes de tránsito presentes en el año de puesta en servicio y aquellos correspondientes al año horizonte de diseño.

Podemos decir que también se puede fijar algunas características del proyecto, permitiendo eventualmente la elaborar un programa de construcción por etapas. (Perú, 2013).

A continuación, se establece la metodología para el estudio de la demanda de tránsito:

$$P_f = P_0(1 + T_c)^n$$

Dónde:

**P<sub>f</sub>** : tránsito final.

**P<sub>0</sub>** : tránsito inicial (año base).

**T<sub>c</sub>** : tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo.

**n** : año a estimarse.

**Presentamos los factores de Distribución direccionales y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño.**

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor direccional (F <sub>d</sub> )	Factor Carril (F <sub>c</sub> )	Factor ponderado F <sub>d</sub> x F <sub>c</sub> para carril de diseño
1 calzada (para IMD a total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMD a total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos del MTC.

*fotografía 15 Manual de carreteras Suelos, sección Suelos y pavimentos*

### Numero de repeticiones de ejes Equivalentes

- ✓ A que tener en cuenta que, para el diseño de pavimentos, la demanda corresponde al tráfico pesado de camiones y ómnibus. (MTC, 2013)
- ✓ Los Ejes Equivalentes (EE) son factores de equivalencia que caracterizan el factor de distribución de las distintas cargas aplicadas en las capas de mismo, por cada tipo de eje que conforman los tipos de vehículo pesado. (MTC, 2013)
- ✓ AASHTO brinda la definición de configuración de ejes y el periodo de diseño que se tomó en el análisis, podemos pronosticar que los efectos de deterioro que son causados sobre un pavimento soportando una carga de 8.2 toneladas de peso, tendría 80 lbs/plg<sup>2</sup> de presión para cada neumático. (MTC, 2013)

Si nos vamos por el lado de la determinación de los Ejes Equivalentes (EE), se tomará en cuenta las relaciones simplificadas encontrados en la Guía AASHTO 93 (MTC, 2013)

- ✓ Si queremos definir la demanda sobre el carril de diseño se analizará la carretera de manera transversal, el número de calzadas vehiculares y la distribución de la carga sobre cada carril que conforma la calzada. (MTC, 2013)

### **Estudio de suelos**

- ✓ Para la determinación del tipo de suelo que presenta el pavimento nos basaremos en el Análisis granulométrico de suelos por Tamizado, guiándonos de la norma E.07 observada en el Manual de ensayos y materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- ✓ Los equipos y materiales que se emplearán son:
  - Dos Balanzas: Con sensibilidad de 0.01 g, que pase por el tamiz N°4 (4.760 mm).
  - Estufa:  $110 \pm 5$  °C
  - Tamices:
  - Envases
  - Cepillo y Brocha

Tabla 2. Tamices

<b>TAMICES</b>	<b>ABERTURA (MM)</b>
<b>3''</b>	75
<b>2''</b>	50.8
<b>1 ½''</b>	38.1
<b>1''</b>	25.4
<b>¾''</b>	19
<b>⅜''</b>	9.5
<b>Nº4</b>	4.76
<b>Nº10</b>	2
<b>Nº20</b>	0.84
<b>Nº40</b>	0.425
<b>Nº60</b>	0.260
<b>Nº140</b>	0.106
<b>Nº200</b>	0.075

### **Procedimiento**

- Seleccionar un recipiente de referencia y masa conocida. (Botía, 2015)
- Una vez seleccionada la muestra a ensayar, depositar la misma dentro del recipiente y determinar la masa del conjunto (recipiente + muestra). (Botía, 2015)
- Se procede a dejar el recipiente con la muestra dentro del horno, a una temperatura constante de  $110 \pm 5^\circ \text{C}$ . Se debe dejar en el horno el tiempo suficiente para que se alcance una masa constante. Para tener seguridad de lo anterior se deben hacer mediciones de masa en intervalos de tiempo. (Botía, 2015)
- Una vez se haya secado el material se retira del horno y se deja secar a temperatura constante para luego determinar su peso seco. (Botía, 2015)

## **Límites de Atterberg**

### ✓ **Instrumentos Y Equipo:**

- Copa de Casagrande
- Taras, espátulas, acanalador
- Recipientes para mezclado
- Balanza aprox. 0.01g

### ✓ **Procedimiento:**

- Se pasa la muestra seca de suelo por la malla 3/8", separar el material que pasa esta malla, con la finalidad de encontrar los porcentajes de suelos finos. (Lambe, 1951)
- Por las mallas 3/8", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2" y 3/8" pasa el material retenido y las fracciones de material retenido en cada una de ellas. (Lambe, 1951)
- Hacer la mezclar homogéneamente el material que pasó por la malla 3/8" y tomar una muestra representativa según indicación del instructor,
- Se colocar la fracción muestra obtenida en etapas. (Lambe, 1951)
- Después del lavado el material con agua, quien paso por la malla #200, dejando que agua arrastre los especímenes de finos haciéndolos pasar por esta malla, logrando finalmente que le agua sea transparente. (Lambe, 1951)
- Voltear esmeradamente el residuo, en un recipiente desecador, hasta que llegue a sedimentar en un tiempo suficiente hasta lograr que el agua pasada por las mallas tenga una transparencia, luego eliminarla y colocar el recipiente con la suspensión suelo y finalmente colocar el horno para su respectivo secado. (Lambe, 1951)
- Después de pasar 24 horas, regresamos al laboratorio por nuestra muestra para pesar el residuo secado en el horno, para esto tendremos que estar con un instructor del laboratorio para alguna consulta o duda. (Lambe, 1951)

- Finalmente se usa las mallas #4 a la #200 para pasar la muestra (lavada y seca) y tomando nota los pesos retenidos en cada malla. Presentando el análisis granulométrico un gráfico semilogarítmico dicho papel en abscisas indican los diámetros de partículas y en ordenadas el porcentaje en peso que pasa. (Lambe, 1951)

✓ **CONTENIDO DE HUMEDAD**

Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$W_I (\%) = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100$$

Dónde:

$W_i$  % = Contenido de humedad

$W_1$  = Peso de la Lata vacía

$W_2$  = Peso del Suelo Húmedo + Lata

$W_3$  = Peso del Suelo Seco + Lata

**Determinación del límite plástico.**

✓ **Instrumentos Y Equipo:**

- Balanza con sensibilidad a 0.01g.
- Una placa esmerilada de vidrio mayor 30cm de lado, por 1cm de espesor.
- Horno de temperatura a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .
- Espátula de acero inoxidable.
- Cápsula de plástico o porcelana para evaporización de mezclado.
- Recipientes o taras respectivamente enumeradas.

✓ **Procedimiento:**

- Usamos material con un aproximado de 20g para el límite líquido.
- Para la perdida de humedad se amasa el suelo hasta una consistencia manejable y pueda enrollarse sin ninguna dificultad y mezclar continuamente sobre la placa de vidrio.
- Tenemos que llegar a un rollo de 3.2 mm (1/8 pulgada).

- Continúa hasta que el rollo empiece a partirse y se desmorone.
- En este paso llegamos al límite plástico se colocar el rollo en un recipiente de peso conocido y se pesa para encontrar el contenido de humedad.
- Se continua con los mismos pasos, pero con una diferente porción de material (suelo).
- Finalmente el límite plástico es el promedio de ambas determinaciones.

✓ **Cálculos y Resultados:**

Para los cálculos respectivos se utilizará la siguiente fórmula:

$$L_p = \frac{(W_2 - W_3)}{W_3} \times 100$$

Dónde:

$L_p$  = Límite Plástico

$W_2$  = Peso del Suelo Húmedo

$W_3$  = Peso del Suelo Seco

**CBR De Suelos**

El CBR de un suelo puede ser usado como un parámetro indicador de la calidad del mismo para pavimentos. Así según su valor de CBR podrá ser utilizado en las distintas capas que conforman a los mismos.

Existen valores límites de CBR que un material debe reflejar para poder ser utilizado como parte de un pavimento. En la siguiente tabla se muestran estos valores, calificando los suelos según el uso que pueda tener, dependiendo de su valor CBR.

**Tabla No 1: Energías de Compactación**

	Método	Golpes	Capas	Peso del martillo
D698	2 (suelo de grano fino)	56	3	24,5
	4 (suelos gruesos)	56	3	24,5
D1557	2 (suelo de grano fino)	56	5	44,5
	4 (suelos gruesos)	56	5	44,5

El CBR es un ensayo que se utiliza para establecer la relación del comportamiento de los suelos utilizados como bases y subrasantes bajo el pavimento y aeropistas, para esto se muestra la siguiente tabla de clasificación típica:

Tabla 3. Clasificación de suelos para Infraestructura de Pavimentos

<b>SISTEMA DE CLASIFICACIÓN</b>				
<b>CBR</b>	<b>Clasificación gral.</b>	<b>Usos</b>	<b>Unificado</b>	<b>AASHTO</b>
0 – 3	Muy pobre	Sub rasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 – 7	Pobre a regular	Sub rasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 – 20	Regular	Sub – base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 – 50	Bueno	Base, sub base	GM, GC, W, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
> 50	Excelente	Base	GW, GM	A1-a, A2-4, A3

#### **Calificación de un suelo para pavimentos, en base a su valor de CBR**

Tabla 4. Calidad de los suelos para estructura de pavimentos en función de su valor CBR

<b>CAPA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>				
	<b>MB</b>	<b>B</b>	<b>R</b>	<b>M</b>	<b>NM</b>
SUBCORONA	CBR $\geq$ 20%	10% < CBR < 20%	5% < CBR $\leq$ 10%	CBR < 10%	CBR < 5%
SUBBASE	CBR $\geq$ 50%	30% < CBR < 50%	20% < CBR $\leq$ 30%	CBR < 30%	CBR $\leq$ 20%
BASE	CBR $\geq$ 80%	50% < CBR < 80%	40% < CBR < 50%	CBR < 40%	CBR $\leq$ 30%

Fuente: Carreteras, calles y aeropistas, Valle Rodas, Raúl, sexta edición.

#### **Ensayo para determinar el CBR del suelo.**

##### ✓ **Objetivos**

- Determinar la resistencia del material a utilizar.
- Elaborar el ensayo mediante la comparación entre material natural y la carga de penetración en el suelo.

- Definir el índice CBR, que permite expresar las propiedades de resistencia y deformación del suelo trabajado.
- Encontrar el porcentaje de humedad utilizando el horno.
- relacionar la humedad usada en el diseño con la del terreno.

✓ **Materiales y equipos utilizados**

- Muestra de suelo (inalterado)
- Deformímetro
- Molde cilíndrico más collar
- Disco espaciador
- Pisón
- Pesas
- Dispositivo de carga (aparato de compresión)
- Cronometro
- Recipientes
- Horno
- Balanza

✓ **Procedimiento**

Para muestras en general:

1. Primeramente, se prepara una muestra de suelo de grano fino suficiente para 6 probetas, con el tamiz # 4, al contenido de humedad óptima del suelo usando el ensayo de Proctor Modificado. (Lambe, 1951)
2. Luego tomar una muestra de suelo en los moldes sin compactar, tomar una muestra representativa para determinar su contenido de humedad, por lo menos 100 gramos en caso el suelo es de grano fino. (Lambe, 1951)
3. Procedemos al pesado de moldes sin la base ni tampoco el collar. (Lambe, 1951)
4. Terminado el pesado de moldes se ajustar a la base, luego insertar el disco espaciador en el molde y cubrirlo con papel filtro para evitar que el suelo quede pegado al molde. (Lambe, 1951)

5. Ya todo listo procedemos a la fabricación de 6 probetas con 5 capas cada una: 2 de 12 golpes, 2 de 26 golpes y 2 de 56 golpes (por capa); hasta que la muestras llegue compactada de 12, 26 y 56 golpes por capa. (Lambe, 1951)
6. Retiramos la base de cada molde, también el collar y el disco de separación, seguimos y pesamos el molde con todo y suelo compactado para determinar el peso unitario total del suelo. (Lambe, 1951)
7. Sobre la base se coloca un papel filtro, voltear esta muestra asegurando el molde a la base para que el suelo quede en contacto con el papel filtro. (Lambe, 1951)

Los ítems de 8 a 10 nos sirven para muestras no saturadas:

8. Las pesas ranuradas colocar las suficientes sobre la muestra de suelo para simular la presión de sobrecarga requerida (pesas no menos de 4.5 kg). (Lambe, 1951)
9. Se coloca la muestra en la máquina de compresión y sentar el pistón sobre la superficie de suelo utilizando como carga inicial menor o igual a 4.5 kg. marcar el 0 en los deformímetros de penetración o deformación y medida de carga. (Lambe, 1951)
10. Consiguientemente continuamos con la lectura de deformación o penetración. moldear la muestra del molde y tomar 2 muestras adicionales para encontrar el contenido de humedad. (Lambe, 1951)

Los ítems 11 a 17 nos sirven para muestras o suelos saturados:

11. Ajustar el vástago junto con la placa perforada sobre el suelo ya compactado y después aplicar la carga necesaria y obtener la sobrecarga indispensable, los resultados obtenidos tienes que estar por encima de 4.5 kg. (Lambe, 1951)
12. Paso siguiente saturar el molde junto con las pesas en un recipiente con suficiente tapando todo, también ajustar el deformímetro de carátula con una lecturas al 0.01 mm. (Lambe, 1951)

13. Acondicionar el 0 del deformímetro de expansión y así registrar el tiempo de comienzo del ensayo. Se tomará estas lecturas de 0, 1, 2, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72 y 96 horas respectivas; además se sabe que el ensayo puede terminar después de 48. (Lambe, 1951)
14. al finalizar las 96 horas de inmersión, se retira la muestra y se deja drenar por espacio de 15 minutos; asegurarse de haber secado completamente la superficie superior de la muestra con toallas de papel. (Lambe, 1951)
15. Llevamos a pesar la muestra sumergida todo y molde. (Lambe, 1951)
16. Realizar los ítems 8 al 10 para cada muestra. (Lambe, 1951)
17. Recoger muestra para encontrar el contenido de humedad de las muestras saturadas y se hace de la siguiente manera:
  - 2 pequeñas muestras dentro de los 3 cm de la parte superiores del suelo
  - 2 pequeñas muestras dentro de los 3 cm de la parte inferiores del suelo
  - 2 pequeñas muestras del centro de la muestra de suelo.

✓ **Cálculos**

1. Se Dibuja una curva de resistencia a la penetración en las unidades libras por pulgada cuadrada – [psi] ó [kPa], y del otro lado la penetración en unidades de pulgadas ó mm. Hacer estos gráficos de todas las probetas compactadas a 12, 26 y 56 golpes/capa. Demostrar en un mismo gráfico las muestras secas y en otro las muestras saturadas. Seguidamente Dibujar estas curvas en un mismo gráfico con la finalidad de comparaciones entre la resistencia seca y saturada. (Lambe, 1951)
2. Se debe mostrar en cada gráfico, saturado y no saturado, la resistencia a la penetración de cada una de las curvas para los valores de penetración de 0.1”, 0.2” y 0.3”. (Lambe, 1951)
3. Como penúltimo paso es calcular el CBR según la fórmula de definición (expuesta anteriormente), en las que se debe considerar las cargas patrones de cada penetración (3000, 4500 y 5700 [psi] para 0.1”, 0.2” y 0.3”

respectivamente). Además, ya conocidas las densidades secas a las cuales cada probeta que fue sometida a 12, 26 y 56 golpes/capa queda confeccionada, también demostrar con una gráfica donde este dibujada la curva CBR (%) versus densidad seca ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ ), se hace curvas para las muestras secas y otro para las muestras saturadas en cada una de las penetraciones realizadas en el ensayo de proctor modificado. (Lambe, 1951)

4. Finalmente se obtiene el porcentaje real de CBR al que el suelo se encuentra mediante la intersección de la curva de densidad Proctor a los 2 [ $\text{gr}/\text{cm}^3$ ]. (Lambe, 1951)

## CAPITULO III. PROPUESTA DE APLICACIÓN PROFESIONAL

### 3.1 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

La finalidad del estudio topográfico, es tener la geometría del terreno en planos, que nos servirán para identificar mejor nuestro terreno natural en la cual se elaborará nuestra carpeta de rodadura, también podemos tener en nuestros planos, perfiles longitudinales y secciones transversales, que ayudará a nuestro proyecto.

El primer BM se tomó en el barrio 1, en el cruce las magnolia y av. Principal, en el BM2 se tomó por el circulo solidario y el tercer BM3 se tomó en RENIEC

PUNTOS DE CONTROL			
N	E	Z	DESC.
9107531.202	717530.194	187.000	E1
9107518.570	717505.407	186.774	A1
9107545.079	717606.518	184.061	E2
9107544.707	717596.321	184.612	BM1
9107580.914	717819.364	174.650	E3
9107614.829	717998.259	166.990	E4
9107611.007	717953.733	169.182	A3
9107614.130	717953.931	169.500	BM2
9107639.249	718103.087	164.044	A4
9107644.604	718149.289	163.852	E5
9107657.350	718226.014	167.001	E6
9107654.902	718225.347	166.998	BM3

Fuente: Elaboración propia

#### 3.1.1 Clima y Geología

La zona presenta un clima seco – cálido, cuya temperatura máxima en verano alcanza los 30°C y la temperatura mínima en invierno es de 17° c. de otro lado, la precipitación pluvial es casi nula, no sobre pasa los 30 mm. En promedio anual, la cual está relacionada con la formación de alta nubosidad que existe en el invierno.

Durante los meses de verano hay vientos regulares que van de sur a norte que soplan en horas de la tarde los cuales, en combinación con el sol intenso, el aire seco de estos meses y la presencia de capas de arena origina el aumento de la evapotranspiración, causando la erosión del suelo y pequeños remolinos de viento que causan molestias a la población. La mayor parte del terreno tiene una topografía

moderada con pendientes hasta un 5%, no presenta vegetación. Los vientos son la única fuerza de erosión causando la condición desértica absoluta. La zona presenta un suelo origen aluvial con grandes depósitos de arena eólica de densidad variable.

### 3.2 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Tabla 5. Estudio de mecánica de suelos

Ensayos	Norma MTC	Norma AASTM
Humedad natural – peso específico	MTC-E115	D-1557
Contenido de sales solubles	MTC-E219	D-1888
Análisis granulométricos	MTC-E204	D-422
C.B.R	MTC-E132	D-1883

#### 3.2.1 Investigación efectuada

Se ha tomado muestras de cada una de las 2 calicatas que se ha excavado en las calles de avenida principal sector 2 del Alto Trujillo.

Tabla 6. Calicatas

CALICATA N°	UBICACIÓN
CALICATA N° 1	AVENIDA PRINCIPAL – progresiva 00+433.31 km
CALICATA N° 2	AVENIDA PRINCIPAL – progresiva 00+622.50 km

Fuente: Elaboración propia

Luego estas muestras, con los cuidados respectivos, fueron traídas por el consultor al Laboratorio, para determinarles.

- Humedad
- Peso Especifico
- Contenido de sales solubles.
- Granulometría
- Densidad Seca y Optimo contenido de humedad
- Cbr

Los resultados fueron proporcionados por el estudio de suelos efectuados en la avenida principal alto Trujillo sector 2

### 3.3 ESTUDIO DE TRÁFICO

- La ubicación que se hizo el punto de conteo para el estudio de tráfico fue en la avenida principal del sector 2 cuadra 5 - alto Trujillo.
- Se realizó conteo por 7 días continuos para luego de ello promediar y sacar el IMD
- Para el tráfico generado se tomó el 15 %

<b>Tipo de Intervención</b>	<b>% de Tráfico Normal</b>
Mejoramiento	15
Rehabilitación	10

- Para el factor de corrección estacional se utilizó el peaje más cercano, en este caso fue de Chicama, para peso ligeros fue de 0.9915 y peso pesado 0.9889, información que nos brinda el MTC
- Para el cálculo IMDA se utilizó un factor de corrección estacional proporcionado por el MTC.
- Para nuestro ESAL se utilizó también el factor camión, que fue recopilado de manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimento.
- Se obtuvo por medio del INEIL la tasa de crecimiento anual que se utilizara el 2.5%
- Teniendo el factor de corrección anual que nos brinda el manual de carreteras se puede calcular el ESAL
- También se utilizó el factor direccional y factor carril que nos brinda el manual de carreteras



**Periodo de diseño a 10 años**

Tabla 7. Periodo de diseño a 10 años

VEHÍCULOS	TRAF. GEN	FC. C. ESTAC	IMD	IMDA	F.C	R%	Fc.a.	ESAL
<b>AUTOMOVIL</b>	15%	0.9915	150.00	62427.32	0.0011	2.5	11.20	769.34
<b>COMBIS</b>	15%	0.9915	100.00	41618.21	0.0052	2.5	11.20	2424.58
<b>CAMIONETAS</b>	15%	0.9915	50.00	20809.11	0.0122	2.5	11.20	2844.21
<b>BICICLETAS</b>								
<b>CAMION C2</b>	15%	0.9889	17.00	7056.54	3.4770	2.5	11.20	274798.73
<b>BUS B3</b>	15%	0.9889	8.00	3320.73	2.3210	2.5	11.20	86349.01
<b>CAM2 ejes, 4 ruedas</b>	15%	0.9889	10.00	4150.91	3.4770	2.5	11.20	161695.12
<b>MOTOS</b>								
<b>TRAILER ( T3 S3 )</b>	15%	0.9889	7.00	2905.64	3.7580	2.5	11.20	122333.96
							<b>TOTAL E.E.</b>	651214.94
							<b>TRAFI DISEÑO</b>	520,971.95

<b>FD</b>	<b>1</b>
<b>FC</b>	<b>0.8</b>

Fuente: Elaboración propia



Haciendo el estudio de tráfico, mediante el ESAL se obtuvo el total de Ejes Equivalentes, la cual sirvió para el tráfico de diseño que es 520,971.95 en un periodo de 10 años.

### **3.4 DISEÑO DEL PAVIMENTO**

Usando la metodología AASHTO-93 que es para diseño de pavimentos flexibles se usa una ecuación por la cual nos da el número estructural más conocido con las siglas de (SN) que en pocas palabras sería para determinar nuestro espesor de pavimento flexible. Para determinar este parámetro se utiliza un ábaco que ingresando la confiabilidad, conociendo el tránsito, la desviación estándar, confiabilidad y el índice de serviciabilidad se obtiene el (SN), así teniendo el SN se puede determinar nuestro espesor de pavimento.

#### **3.4.1 Cálculo de tráfico para el periodo de diseño W18**

Con el w18 podemos tener el número de cargas producidas por los ejes de los vehículos en el pavimento. Teniendo como resultado w18 de 520971.95

#### **3.4.2 Factor de crecimiento r%**

Es el crecimiento promedio anual del tránsito medio diario anual. Las tasas de crecimiento son diferentes para cada tipo de vehículo. Obteniendo un factor de crecimiento de 2.5% según INEI.

#### **3.4.3 Determinación del factor camión y tránsito promedio diario anual**

Para ver que produce el tráfico, o que daños ocasiona es donde nace el concepto de factor camión, que viene a ser la suma de cada eje que pasa por nuestro pavimento. Se define como el número de ESAL's. w18 es 520971.95

#### **3.4.4 Determinación de la confiabilidad (R%)**

Los parámetros establecidos por el AASTHO-93, el valor que toma, es función a la importancia de la vía, obteniendo así una confiabilidad  $R=80\%$   $Z_r = -0.842$

Tabla 8. Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal Zr 10 a 20 años

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	65%
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	70%
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	75%
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	80%
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	85%
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	85%
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	85%
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	90%
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	90%
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	90%
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	90%
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	95%
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	95%
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	95%
T <sub>P15</sub>	>30'000,000		95%	

Tabla 9. Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal Zr

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	100,001	150,000	-0.385
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	-0.524
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	-0.674
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	-0.842
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	-1.645
T <sub>P15</sub>	>30'000,000		-1.645	

Fuente: Guía AASTHO93

### 3.4.5 Determinación de la desviación estándar total

Se define como un error estándar combinado de la predicción de tráfico y de la predicción del comportamiento estructural. El rango es de 0.40 y 0.45, y para el presente diseño se tomará como  $S_o = 0.45$  establecido en el cálculo de diseño.

### 3.4.6 Perdida o disminución del índice de serviciabilidad

Es la condición de una vía que alcanza la necesidad de algún tipo de rehabilitación o construcción. Obteniendo como resultado  $P_i = 3.80$  y  $P_t = 2$ , valores establecidos según índice de tráfico.

Tabla 10. Índice de serviciabilidad inicial ( $P_i$ )

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL ( $P_i$ )
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	$T_{P1}$	150,001	300,000	3.80
	$T_{P2}$	300,001	500,000	3.80
	$T_{P3}$	500,001	750,000	3.80
	$T_{P4}$	750,001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	$T_{P5}$	1,000,001	1,500,000	4.00
	$T_{P6}$	1,500,001	3,000,000	4.00
	$T_{P7}$	3,000,001	5,000,000	4.00
	$T_{P8}$	5,000,001	7,500,000	4.00
	$T_{P9}$	7,500,001	10,000,000	4.00
	$T_{P10}$	10,000,001	12,500,000	4.00
	$T_{P11}$	12,500,001	15,000,000	4.00
	$T_{P12}$	15,000,001	20,000,000	4.20
	$T_{P13}$	20,000,001	25,000,000	4.20
	$T_{P14}$	25,000,001	30,000,000	4.20
	$T_{P15}$		>30,000,000	4.20

Fuente elaboración propia en base a datos de la Guía AASTHO 93

Tabla 11. Serviciabilidad final (pt)

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>F1</sub>	150,001	300,000	2.00
	T <sub>F2</sub>	300,001	500,000	2.00
	T <sub>F3</sub>	500,001	750,000	2.00
	T <sub>F4</sub>	750,001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	T <sub>F5</sub>	1,000,001	1,500,000	2.50
	T <sub>F6</sub>	1,500,001	3,000,000	2.50
	T <sub>F7</sub>	3,000,001	5,000,000	2.50
	T <sub>F8</sub>	5,000,001	7,500,000	2.50
	T <sub>F9</sub>	7,500,001	10'000,000	2.50
	T <sub>F10</sub>	10'000,001	12'500,000	2.50
	T <sub>F11</sub>	12'500,001	15'000,000	2.50
	T <sub>F12</sub>	15'000,001	20'000,000	3.00
	T <sub>F13</sub>	20'000,001	25'000,000	3.00
	T <sub>F14</sub>	25'000,001	30'000,000	3.00
	T <sub>F15</sub>		>30'000,000	3.00

Fuente: Guia AASTHO 93

### 3.4.7 Modulo residente efectivo de sub rasante MR

Con el MR podemos obtener el numero estructural (NS) y en función al mismo se determinan los distintos espesores de capas que forman la estructura.

$$MR = 3000 * CBR^{0.64}$$

$$MR = 3000 * 29.34^{0.64}$$

$$MR = 1460.60 \text{ PSI}$$

### 3.4.8 Calculo de numero estructural SN

Se realizó el cálculo del número estructural requerido, obteniendo así SN= 5.48. ver Anexo II

### 3.4.9 Determinación de espesores D1, D2, D3 del pavimento flexible

Tabla 12. Determinación de espesores D1, D2, D3 del pavimento flexible

ALTERNATIVA	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
1	5.48	5.63	7	20	25
2	5.48	6.34	6	20	35
3	5.48	5.55	7.5	15	30
4	5.48	5.71	7.5	20	25

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo así D1 = 7cm

D2 = 20cm

D3 = 25cm

Por lo tanto:

Tabla 13. Determinación es espesores

CAPA	ESPEJOR EN cm
Capa de rodadura (plg)	7
Capa de subbase	20
Capa de base	25
Total	52

Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Cálculo del costo estimado

De las 4 alternativas Se elige el menor costo estimado para el diseño, teniendo así:

Iteracion 01			
Descripcion	Precio m3	Altura	Precio m2
Excavacion	11.50	0.50	5.75
Eliminacion	12.00	0.625	7.50
Nivelacion y Compactacion	3.60		3.60
Sub Base	28.73	0.20	5.75
Base	48.67	0.25	12.17
MAC	399.30	0.07	27.95
<b>Precio por m3 de Pavimento</b>			<b>s/ 62.71</b>

Costo estimado de todo el tramo = 744 m \* 62.71\*8

Costo total del tramo = s/ 408,961.92

Datos presentes correspondientes al costo promedio de obras similares que se realizaron por la municipalidad provincial de Trujillo. Se tiene de estimación utilizada a la estimación análoga

## CAPITULO IV. CONCLUSIONES

- Se Determinó el diseño de pavimentación Flexible en la Av. Principal, sector 2 del Centro Poblado Alto Trujillo, mediante el método Aashto 93.
- En la investigación se pudo elaborar los planos de topografía, como es el de secciones transversales, perfil longitudinal y plano de ubicación.
- El estudio de suelo realizado en la localidad de alto Trujillo barrio 2 av. principal, tiene un CBR como resultado de 29.34%, siendo este estudio uno de los más importantes para la elaboración del diseño de pavimentos flexibles ya que describe la capacidad portante del suelo en la zona.
- En el estudio de tráfico, se obtuvo por medio de ESAL de 520,971.95 como resultado.
- El diseño de pavimento flexible se hizo en la localidad de alto Trujillo barrio 2, av. principal, perteneciente al distrito del porvenir. Obteniendo como resultados: capa de rodadura = 7                  base = 25                  sub base = 20
- En la elaboración del presupuesto se obtuvo como referencias de distintas cotizaciones, dando así un precio por m<sup>3</sup> de pavimento = s/ 59.72 y costo total seria de s/ 45656.24.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, C. (2003). *Orden Fom/3460/2003, de 28 de noviembre, por la que se aprueba la norma 6.1 IC secciones de firme, de la instrucción de carreteras (BOE DE 12 DE DICIEMBRE DE 2003)*. Madrid – España. Recuperado de <http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/83B68E89-3CD8-4246-B28B-2BBA01D95AD8/55775/1010100.pdf>
- Apolinario, M. (2012). *Innovación del método vizir en estrategias de conservación y mantenimiento de carreteras con bajo Volumen de Tránsito*. (Tesis de posgrado). Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Lima – Perú. Recuperado de [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1315/1/apolinario\\_me.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1315/1/apolinario_me.pdf)
- Asenjo, C. (2017). *evaluación del estado del pavimento rígido en la avenida mariscal castilla, mediante la metodología del pci*. (Tesis de titulación). Universidad de Piura. Piura – Perú. Recuperado de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2919/ICI\\_234.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2919/ICI_234.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Botía, W. (2015). *Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo*. (Tesis de titulación). Universidad Militar Nueva Granada. Bogota. Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6239/MANUAL%20DE%20PROCEDIMIENTOS%20DE%20ENSAYOS%20DE%20SUELOS.pdf;jsessionid=D8F94D7036FDA0F845CC34A8C7F8921D?sequence=1>
- Castaño, F., Herrera, J., Gómez, J, & Reyes, F. (2009). *Pavimentos flexibles. Análisis Cualitativo del flujo de agua de infiltración para el control de drenaje de una estructura de pavimento flexible en la ciudad de Bogotá D.C*. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/1730/1703>
- Chapoñan, J. (2017). *análisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el A.A.H.H Villamaría-nuevo Chimbote*. Obtenido de <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2724/42998.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chavira, A. (24 de marzo de 2017). Medium. Obtenido de <https://medium.com/@alechavira/dise%C3%B1o-qu%C3%A9-es-aplicaci%C3%B3n-prop%C3%B3sito-fin-y-tipos-f765201d25cf>

Comunicaciones. (2011). *Manual de carreteras Paraguay Norma para Materiales y ensayo de Materiales*. (Tomo 6- Volumen 1). Paraguay. Recuperado de <https://www.mopc.gov.py/userfiles/files/suelos.pdf>

Comunicaciones. (mayo de 2016). Manual de ensayo de materiales. Obtenido de <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/harenas/docs/INVESTIGATIVA%20II%20GEOTE%20NOLOGIA/MEMORIAS%20DE%20CLASE%20Y%20LECTURAS/Manual%20Ensayo%20de%20MaterialesPERU%202016.pdf>

Conroy, I. (2015). *Vialidad y Transporte Latinoamericano*. Obtenido de <http://vialidadytransporte.com/revista/Vialidad-transporte-latinoamericano.pdf>

Corredor, G. (2010). *Maestría en Vías terrestres Modulo III Diseño de Pavimentos*. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/fallas-en-pavimentos1.pdf>

Escobar, L. (2017). *Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en santa rosa - sachapite, huancavelica - 2017'*. (Tesis de titulación), Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica. Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1388/TP%20-%20UNH%20CIVIL.%200085.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Especificaciones Generales de construcción de carreteras y normas de ensayo. (2012). 02. California: California Bering Ratio CBR y perímetro dinámico de cono PDC. Obtenido de [https://www3.opic.gov/Environment/EIA/pasto/Annexes/Pedregal/Annex\\_7.pdf](https://www3.opic.gov/Environment/EIA/pasto/Annexes/Pedregal/Annex_7.pdf)

Fano, J. (Mayo de 2017). Diseño Estructural de un Pavimento Básico Reciclado y mejorado con cemento Portland para diferentes dosificaciones en el proyecto de conservación vial de Huancavelica. Obtenido de [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/622302/Chavez\\_CM.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/622302/Chavez_CM.pdf?sequence=5&isAllowed=y)

- Flores, d. L. (29 de 10 de 2015). "Pavimentos Asfálticos". Obtenido de 90 por ciento de los pavimentos a nivel mundial están hechos de asfalto: <http://blog.udlap.mx/blog/2015/10/reuniondeconsejoestudiantilamaac/>
- Fontalba, G. E. (2015). Diseño de un Pavimento Alternativo para la avenida Circunvalación sector Guacamayo 1 Etapa. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2015/bmfcif678d/doc/bmfcif678d.pdf>
- Gallardo, J. (2016). El estado invirtio alrededor de 30,000 millones en carreteras. Obtenido de <https://elperuano.pe/noticia-%E2%80%9Ccel-estado-invirtio-alrededor-s-30000-millones-carreteras%E2%80%9D-43667.aspx>
- Garcia, I. (2012). Concepto de pavimento. Revista ARQHYS, 12. Obtenido de <https://www.arqhys.com/contenidos/pavimento-concepto.html>
- Gobierno Regional de la Libertad. (15 de enero de 2018). GRLL aplica aditivo para evitar polvo en el Alto Trujillo. Obtenido de <http://www.regionlalibertad.gob.pe/noticias/locales/8471-grll-aplica-aditivo-para-evitar-polvo-en-alto-trujillo>
- Gomez, S. (09 de 2014). repositorio.upao.edu.pe. Obtenido de Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del Ovalo Grau - Trujillo - La Libertad ": [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/638/1/GOMEZ\\_SUSAN\\_PAVIMEN\\_TO\\_FLEXIBLE\\_%C3%93VALO.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/638/1/GOMEZ_SUSAN_PAVIMEN_TO_FLEXIBLE_%C3%93VALO.pdf)
- Huamán, N. (2011). cybertesis.uni.edu.pe. Obtenido de La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/819/1/huaman\\_gn.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/819/1/huaman_gn.pdf)
- Huamán, G. N. (2011). La Deformación permanente en las mezclas Asfálticas y el consecuente deterioro de los Pavimentos Asfálticos en el Perú. Obtenido de Universidad Nacional de Ingeniería: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/819/1/huaman\\_gn.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/819/1/huaman_gn.pdf)
- Huincho, J. (2017). Diseño de Pavimento Flexible, Bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa - Sachapite, Huancavelica - 2017.

- Obtenido de Universidad Nacional de Huancavelica:  
<file:///C:/Users/PC4/Downloads/TP%20-%20UNH%20CIVIL.%200085.pdf>
- Irigoin, Q. (2018). *Comparación entre los métodos AASHTO 93 e instituto del asfalto para optimizar el diseño del pavimento flexible en el ah san lorenzo - josé leonardo ortiz – chiclayo – Perú*. (Tesis de titulación). Universidad de San Martín de Porras (USMP). Lima – Perú. Recuperado de [http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/bitstream/usmp/4622/1/irigoin\\_qrj.pdf](http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/bitstream/usmp/4622/1/irigoin_qrj.pdf)
- Lambe, T. W. (1951) GUIA DE LABORATORIO. Soil Testing for Engineers. Biblioteca IDIEM. Obtenido de [https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2011/2/GL5201/1/material\\_docente/bajar?id\\_material=396219](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2011/2/GL5201/1/material_docente/bajar?id_material=396219)
- Lambe, W. (1951) GUIA DE LABORATORIO DE CONSOLIDACIÓN Y CBR. Soil Testing for Engineers. Biblioteca IDIEM. Obtenido de [https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2007/1/CI44A/1/material\\_docente/previsualizar?id\\_material=129639](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2007/1/CI44A/1/material_docente/previsualizar?id_material=129639)
- Londoño, C. (2008). Manual de diseño de pavimentos de concreto: para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito. Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concreto-para-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito/file>
- Lopez, H. C. (2014). Repositorio.unh.edu.pe. Obtenido de Determinación y Evaluación de las Patologías en el concreto de pavimentos Rígidos, distrito San Juan Bautista Provincia de Huamanga - Ayacucho: <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/247/TP%20-%20UNH%20CIVIL%200030.pdf?sequence=1>
- MTC (2013). Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Perú. Obtenido de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)
- Nieto, J. (2016). Comparación entre los Métodos de Diseño de pavimentos en Colombia, España e Italia. Obtenido de Universidad Militar Nueva Granada Facultad de Ingeniería Civil Bogotá 2016:

[http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/15930/1/NIETOGALVISJHONN\\_YMAURICIO2016.pdf](http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/15930/1/NIETOGALVISJHONN_YMAURICIO2016.pdf)

Nieto, J. (2016). Comparación entre los Métodos de Diseño de pavimentos en Colombia, España e Italia. Obtenido de Universidad Militar Nueva Granada Facultad de Ingeniería Civil Bogotá:  
[http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/15930/1/NIETOGALVISJHONN\\_YMAURICIO2016.pdf](http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/15930/1/NIETOGALVISJHONN_YMAURICIO2016.pdf)

Osuna, Y. (28 de agosto de 2015). Pavimento rígido. Obtenido de  
<https://prezi.com/cgh2n3y6o9es/pavimento-rigido-definicion/>

Paez, D. (s.f.). Pavimentos . Obtenido de  
<http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/admin/uploads/docTec/Pavimentos.pdf>

Perez, D. (2017). *Diseño de Pavimento Flexible para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en el AA.HH ampliación Tupac Amaru distrito de Chiclayo*, Provincia Chiclayo Región Lambayeque 2017. Obtenido de  
[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/16554/Torres\\_BP-Perez\\_BDS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/16554/Torres_BP-Perez_BDS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Perú. (2013). *Manual de carreteras diseño Geométrico DG-2013*. Obtenido de  
[http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/DISE%C3%91O%20GEOMETRICO%20DE%20CARRETERAS%20%28DG-2013%29.pdf](http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/DISE%C3%91O%20GEOMETRICO%20DE%20CARRETERAS%20%28DG-2013%29.pdf)

Rengifo, K. (Abril de 2014). Tesis Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de Diseño de los Pavimentos de la nueva carretera panamericana Norte en el tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189):  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5826/RENGIFO\\_KI\\_MIKO\\_PAVIMENTOS\\_CARRETERA\\_HUACHO\\_PATIVILCA.pdf?sequence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5826/RENGIFO_KI_MIKO_PAVIMENTOS_CARRETERA_HUACHO_PATIVILCA.pdf?sequence=1)

Republica del Perú. (2013). Resolución Directoral. R.D. N° 05-2013-MTC/14, MTC/14, Lima, Lima. Obtenido de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)

- Rodriguez, E. (2009). Cálculo de índice de condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Casilla. Repositorio Institucional Pirhua, 167. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI\\_180.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI_180.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Roel Rondo, A. (febrero de 2018). Diseño del Pavimento de un Aeropuerto Internacional de Pisco. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/10191>
- Roel, K. (Febrero de 2018). Diseño del Pavimento de un Aeropuerto Internacional de Pisco. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/10191>
- Suárez, C. (2015). Estudio y Diseño de la Vía el Salado - Manantial de Guangala Del Cantón Santa Elena. Obtenido de <http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2273/1/UPSE-TIC-2015-010.pdf>
- Susan, V. (setiembre de 2014). "Diseño Estructural del pavimento Flexible para el anillo Vial del Ovalo Grau - Trujillo - La Libertad ". Obtenido de Universidad Privada Antenor Orrego: [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/638/1/GOMEZ\\_SUSAN\\_PAVIMENTO\\_FLEXIBLE\\_%C3%93VALO.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/638/1/GOMEZ_SUSAN_PAVIMENTO_FLEXIBLE_%C3%93VALO.pdf)
- Telecomunicaciones, M. d. (2014). Manual de Carreteras, Diseño Geométrico. Obtenido de dirección general de caminos y ferrocarriles: [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_3580.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3580.pdf)
- Thenoux, G. (2012). Evaluación técnica del pavimento y comparación de métodos de diseño de capas de refuerzo asfáltico. Obtenido de <http://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/viewFile/364/306>

## **ANEXOS**

**ANEXO I**  
**UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL DISTRITO EL PORVENIR – ALTO**  
**TRUJILLO BARRIO 2 – AV. PRINCIPAL, TRUJILLO**

## ASPECTOS GENERALES

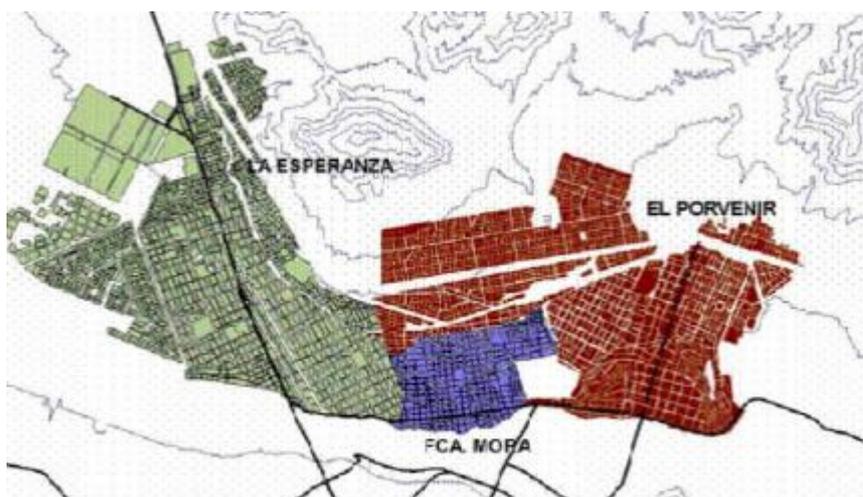
### Limites distritales

- a) Por el norte: con los distritos de Florencia de mora y huanchaco
- b) Por el este: con el distrito de Laredo
- c) Por el sur con el distrito de Trujillo
- d) Por el oeste: con el distrito de Trujillo



Fuente: plan de desarrollo concentrado del distrito del porvenir

### Ubicación geográfica del distrito el porvenir



**ANEXO II**  
**CALCULO DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL**  
**MÉTODO AASTHO 93**

## DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN LA LOCALIDAD DEL ALTO TRUJILLO BARRIO AV. PRINCIPAL

### 2.1 Requisitos del diseño

- Periodo de diseño
- Numero de ejes equivalentes
- Serviciabilidad inicial
- Serviciabilidad final
- Factor confiabilidad
- Estándar normal deviate
- Overall standard deviation

<b>Años de diseño</b>	<b>10</b>
<b>W18</b>	<b>564135.27</b>
<b>Pi</b>	<b>3.8</b>
<b>Pt</b>	<b>2</b>
<b>R</b>	<b>80%</b>
<b>Zr</b>	<b>-0.842</b>
<b>So</b>	<b>0.45</b>

### 2.3 Formula diseño de pavimento

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Obteniendo así un SN de 5.48 como resultado de la ecuación de diseño de pavimentos flexibles AASTHO 93

## 2.4.1 Estructuración del Pavimento

### a) Coeficientes estructurales de capa

- Concreto asfáltico
- Base granular
- Súbase

<b>a1</b>	<b>0.40</b>
<b>a2</b>	<b>0.30</b>
<b>a3</b>	<b>0.22</b>

### b) Coeficientes de drenaje de capa

- Base granular
- Subbase

<b>m2</b>	<b>1</b>
<b>m3</b>	<b>1</b>

## 2.5 Diseño de pavimento

PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE - ALTO TRUJILLO BARRIO 2 AV PRINCIPAL FECHA : 09/12/2019  
SECCION 1 :

### 1. REQUISITOS DEL DISEÑO

a. PERIODO DE DISEÑO (Años)	10
b. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	520,971.95
c. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	3.8
d. SERVICIABILIDAD FINAL (pf)	2.0
e. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	80%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	-0.842
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0.45

### 2. PROPIEDADES DE MATERIALES

a. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (KIP/IN <sup>2</sup> )	2.90
b. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE	2.80
c. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)	1.21

### 3. CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL (Variar SN Requerido hasta que N18 Nominal = N18 Calculo)

SN Requerido	G <sub>t</sub>	N18 NOMINAL	N18 CALCULO
5.48	-0.17609	5.72	5.72

### 4. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO

a. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Concreto Asfáltico (a1)	0.40
Base granular (a2)	0.30
Subbase (a3)	0.22
b. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base granular (m2)	1.00
Subbase (m3)	1.00

ALTERNATIVA	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
1	5.48	5.63	7	20	25
2	5.48	6.34	6	20	35
3	5.48	5.55	7.5	15	30
4	5.48	5.71	7.5	20	25

Comentarios: Se recomienda la primera alternativa, con una estructura de pavimento:

HMA= 7cm  
Base= 25 cm  
Subbase= 20 cm

## 3.1 Presupuesto

Iteracion 01			
Descripcion	Precio m3	Altura	Precio m2
Excavacion	11.50	0.50	5.75
Eliminacion	12.00	0.625	7.50
Nivelacion y Compactacion	3.60		3.60
Sub Base	28.73	0.20	5.75
Base	48.67	0.25	12.17
MAC	399.30	0.07	27.95
<b>Precio por m3 de Pavimento</b>			<b>62.71</b>

**ANEXO III**  
**ESTUDIO DE SUELOS**

### 3. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO Y SU COMPORTAMIENTO

El proceso de compactación depende de varios factores

- Naturaleza del suelo
- Método de compactación
- Energía de compactación
- Contenido de agua del suelo
- Siendo el factor determinante el contenido de humedad para lograr las densidades exigidas en las especificaciones técnicas.

#### 3.1 Propiedad del terreno natural

##### CALICATA N° 1

<b>AVENIDA PRINCIPAL - BARRIO 2 - ALTO TRUJILLO</b>		
<b>PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL</b>		
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>Muestra N° 1</b>	<b>Muestra N° 2</b>
Peso M. Hmeda + tara	121	120
Peso M. seca + tara	121	120
Peso Capsula	25	25
Peso de la muestra seca	96	95
Peso del Agua	0	0
Humedad	0	0
% de Humedad Natural	0	0
% de Humedad Natural promedio	0	

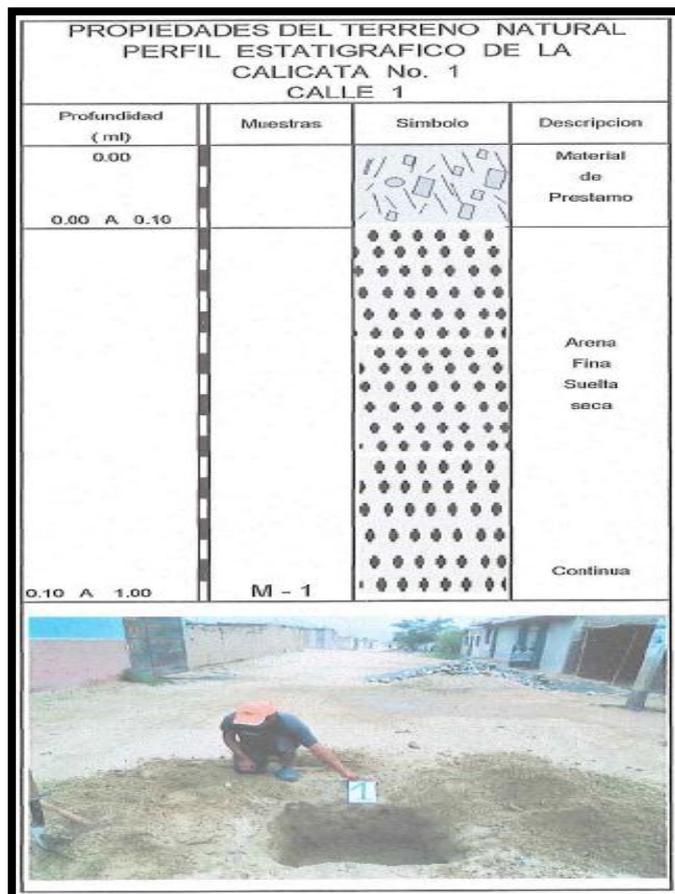
#### 3.1.2 Determinación del peso específico

<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>Muestra N°1</b>	<b>Muestra N°2</b>
Peso Muestra Seca	108	102
Volumen Inicial del Agua	50	50
Volumen Agua + M, Seca	90	89
Diferencia de Volúmenes	40	39
Peso específico del material	2.70	2.62
Peso específico de agua	1.00	1.00
Peso específico del material	2.70	2.62
Peso específico, Promedio	2.658	

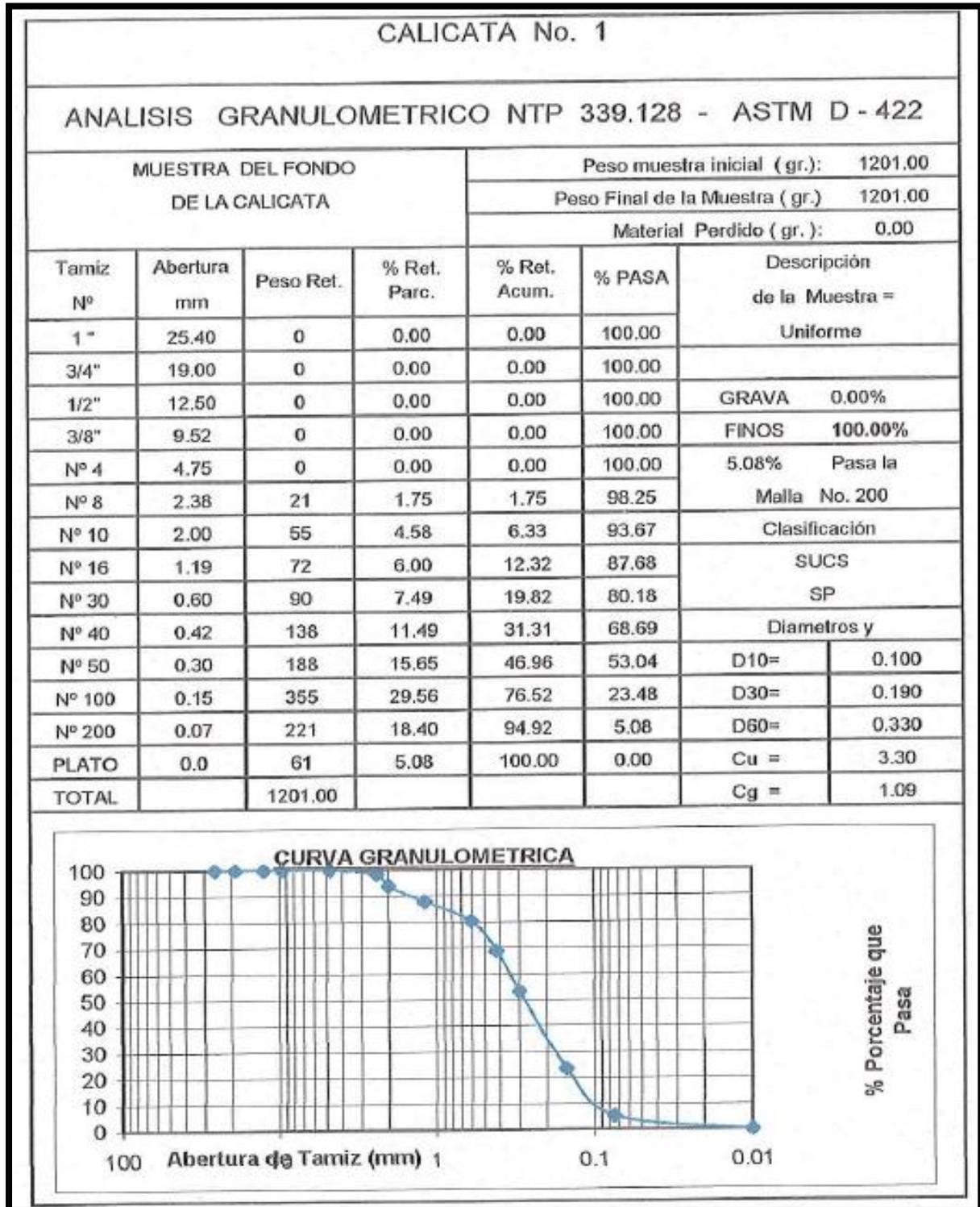
### 3.1.3 Determinación de sales solubles

PROCEDIMIENTO	Muestra N°1	Muestra N°2
P. Recipiente + agua dest. + Material	105	102
Peso del Recipiente	50	50
Peso del agua destilada + sales	55	89
Peso del agua destilada	54.9	39
Contenido de la sal	0.1	2.62
Contenido de sales	0.0018	1.00
Contenido de sales (%)	0.182	2.62
Contenido de sales (%) promedio	0.365	
0.00 hasta 0.10 = insignificante		
0.10 hasta 0.20 = moderada		
0.20 hasta 2.00 = severa		
mayor de 2.00 = muy severa		

### 3.1.4 Perfil estatigráfico de la calicata N° 1



### 3.1.5 Análisis Granulométrico CALICATA N° 1



### 3.2 Propiedades del terreno natural

#### CALICATA N° 2

<b>AVENIDA PRINCIPAL - BARRIO 2 - ALTO TRUJILLO</b>		
<b>PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL</b>		
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		
<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>Muestra N° 1</b>	<b>Muestra N° 2</b>
Peso M. Hmeda + tara	106	113
Peso M. seca + tara	106	113
Peso Capsula	20	22
Peso de la muestra seca	86	91
Peso del Agua	0	0
Humedad	0	0
% de Humedad Natural	0	0
% de Humedad Natural promedio	0	

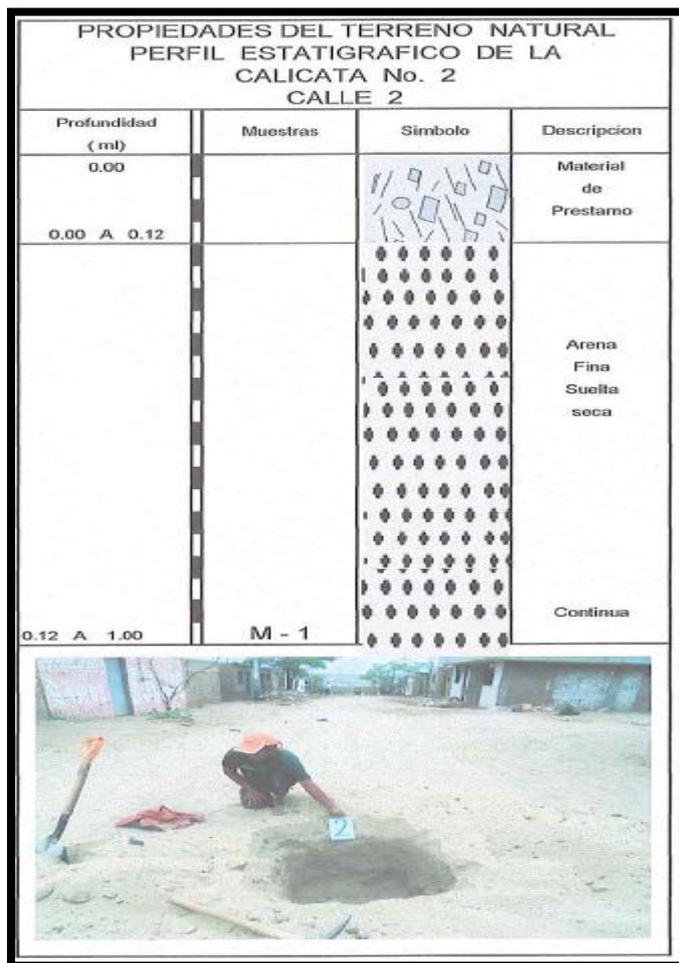
#### 3.2.2 Determinación del peso específico

<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>Muestra N°1</b>	<b>Muestra N°2</b>
Peso Muestra Seca	110	106
Volumen Inicial del Agua	50	50
Volumen Agua + M, Seca	90	91
Diferencia de Volúmenes	40	41
Peso específico del material	2.75	2.59
Peso específico de agua	1.00	1.00
Peso específico del material	2.75	2.59
Peso específico, Promedio	2.668	

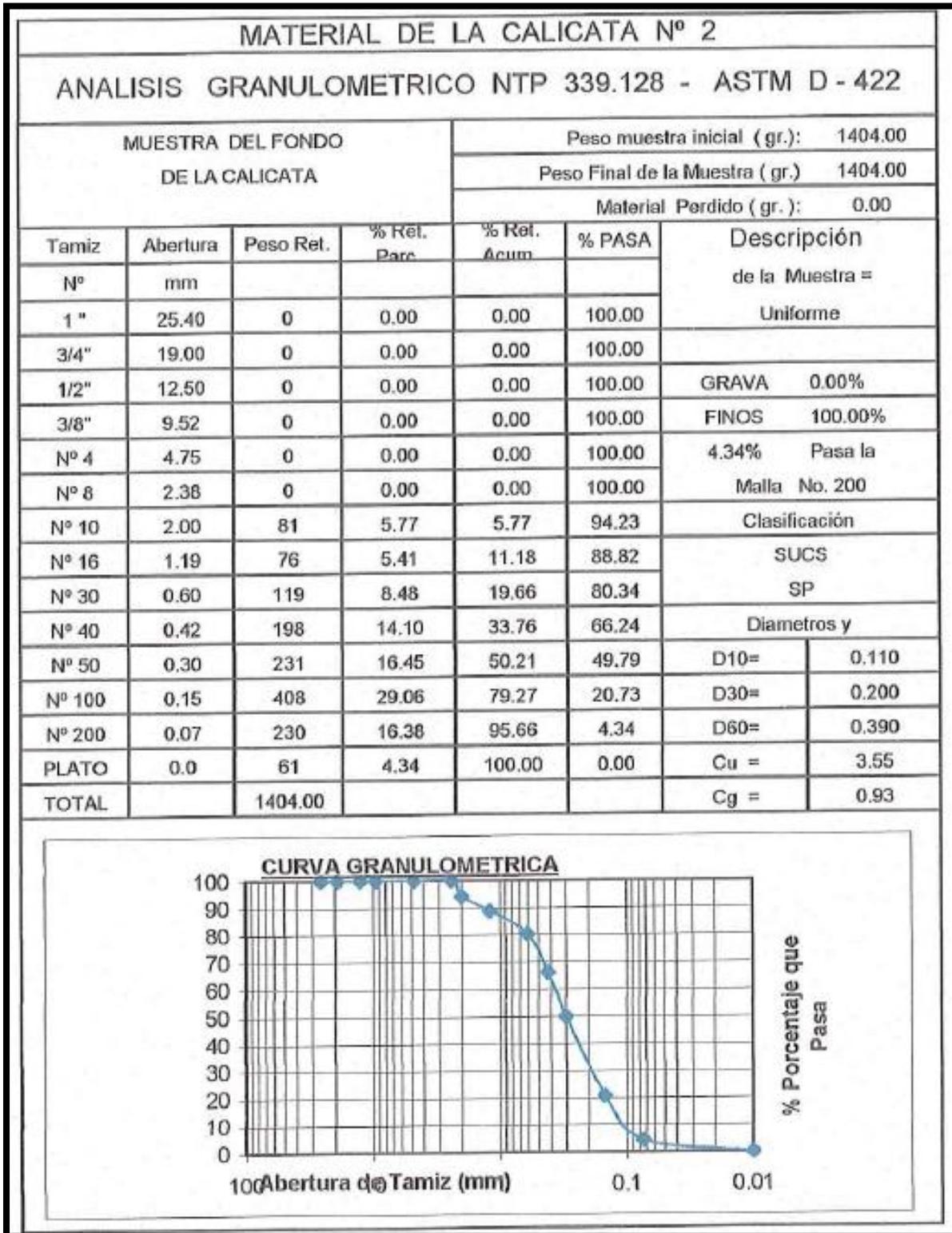
### 3.2.3 Determinación de sales solubles

PROCEDIMIENTO	Muestra N°1	Muestra N°2
P. Recipiente + agua dest. + Material	105	110
Peso del Recipiente	50	50
Peso del agua destilada + sales	55	60
Peso del agua destilada	54.9	60
Peso de la sal	0.1	0.30
Contenido de sales	0.0018	0.01
Contenido de sales (%)	0.182	0.50
Contenido de sales (%) promedio	0.342	
0.00 hasta 0.10 = insignificante		
0.10 hasta 0.20 = moderada		
0.20 hasta 2.00 = severa		
mayor de 2.00 = muy severa		

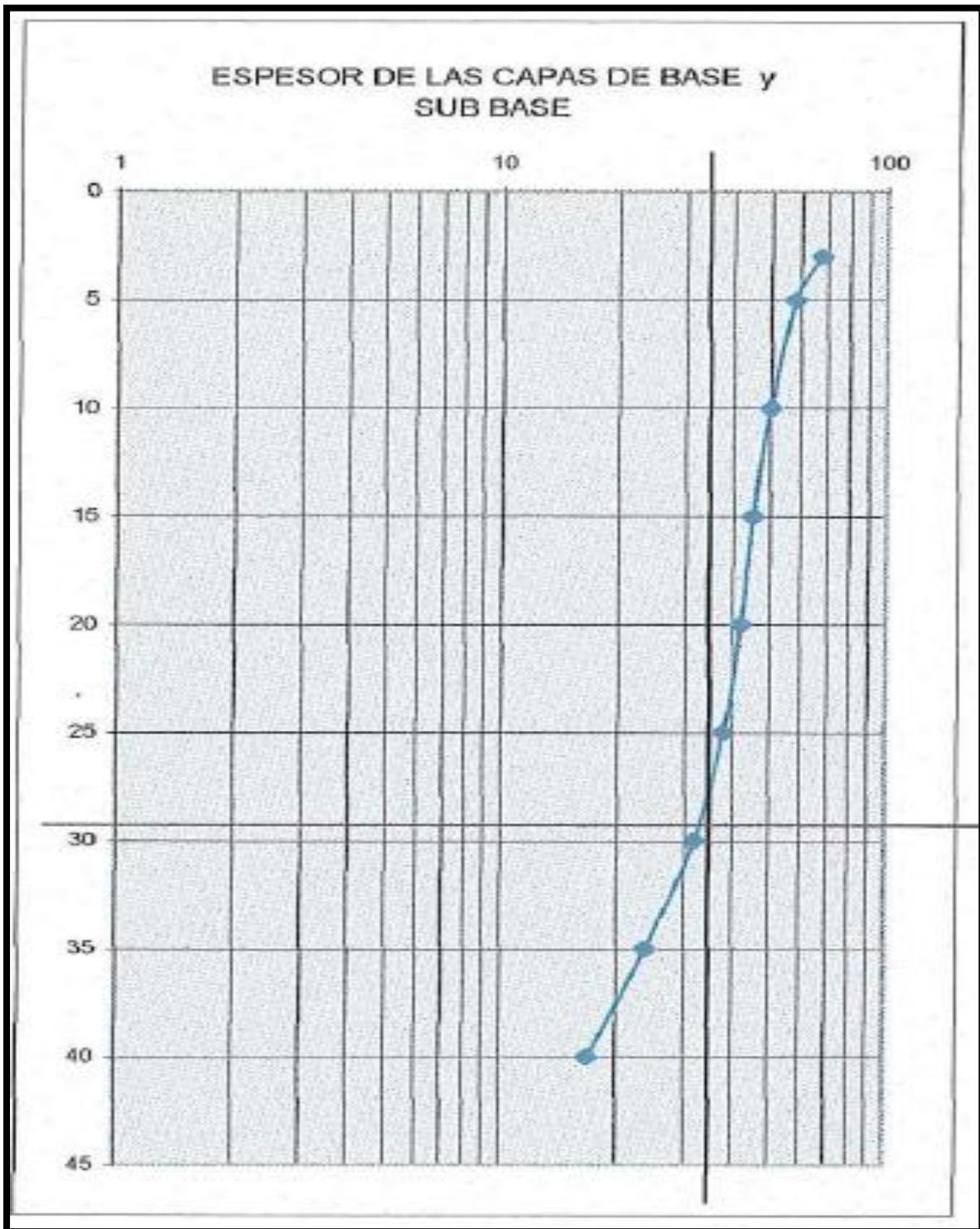
### 3.2.4 Perfil estatigrafico de la calicata N° 2



### 3.2.5 Análisis granulométrico N° 2 - CALICATA N° 2



### 3.2.6 Espesor de las capas Base y Sub base



### 3.3 Ensayo de proctor para la determinación del CBR

MATERIAL: TERRENO NATURAL						
ENSAYO DE PROCTOR PARA LA DETERMINACION DEL CBR.						
Molde Numero	1		3		2	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de Golpes por Capa	56		56		56	
Condicion de la Muestra	No Saturada		No Saturada	Saturada	No Saturada	Saturada
Peso del Molde + Suelo Humedo (gr)	12858		12680		12874	
Peso del Molde ( gr )	7870		7870		7810	
Peso del suelo Humedo ( gr.)	4988		4810		5064	
Volumen del Molde ( cm3)	2198.00		2198.00		2198.00	
Densidad Humeda del Suelo (gr/cm3)	2.269		2.188		2.304	
Humedad Contenida						
Peso Muestra Humeda + Tara ( gr.)	122.0		116.0		136.0	
Peso Muestra Seca + Tara ( gr.)	109.50		106.50		119.5	
Peso de la Tara ( gr )	25		25		28	
Peso de la Muestra Humeda ( gr )	97.00		91.0		108.0	
Peso de la Muestra Seca ( gr.)	84.50		81.5		91.5	
Peso del Agua ( gr )	12.50		9.50		16.5	
Contenido de Humedad	0.1479		0.1166		0.1803	
Contenido de Humedad ( % )	100	14.79	11.66		18.03	
Factor de Densidad Seca	1	1.1479	1.1166		1.1803	
Densidad Seca de la Muestra ( gr/cm3)	1.977		1.960		1.952	

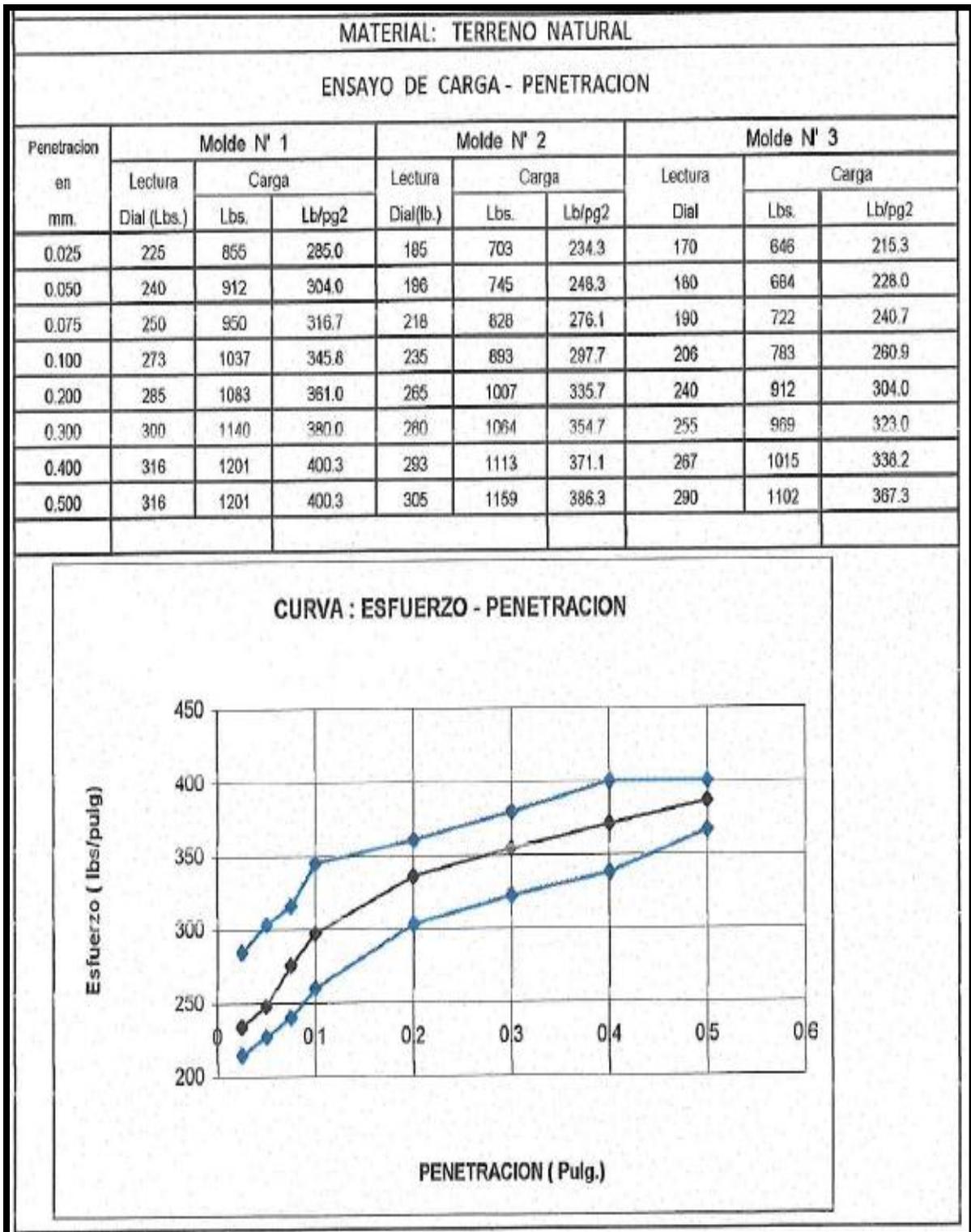
  

CURVA: DENSIDAD SECA-HUMEDAD	
Maxima Densidad Seca	1.977 gr./cm3
Optimo Contenido de Humedad	14.6 %

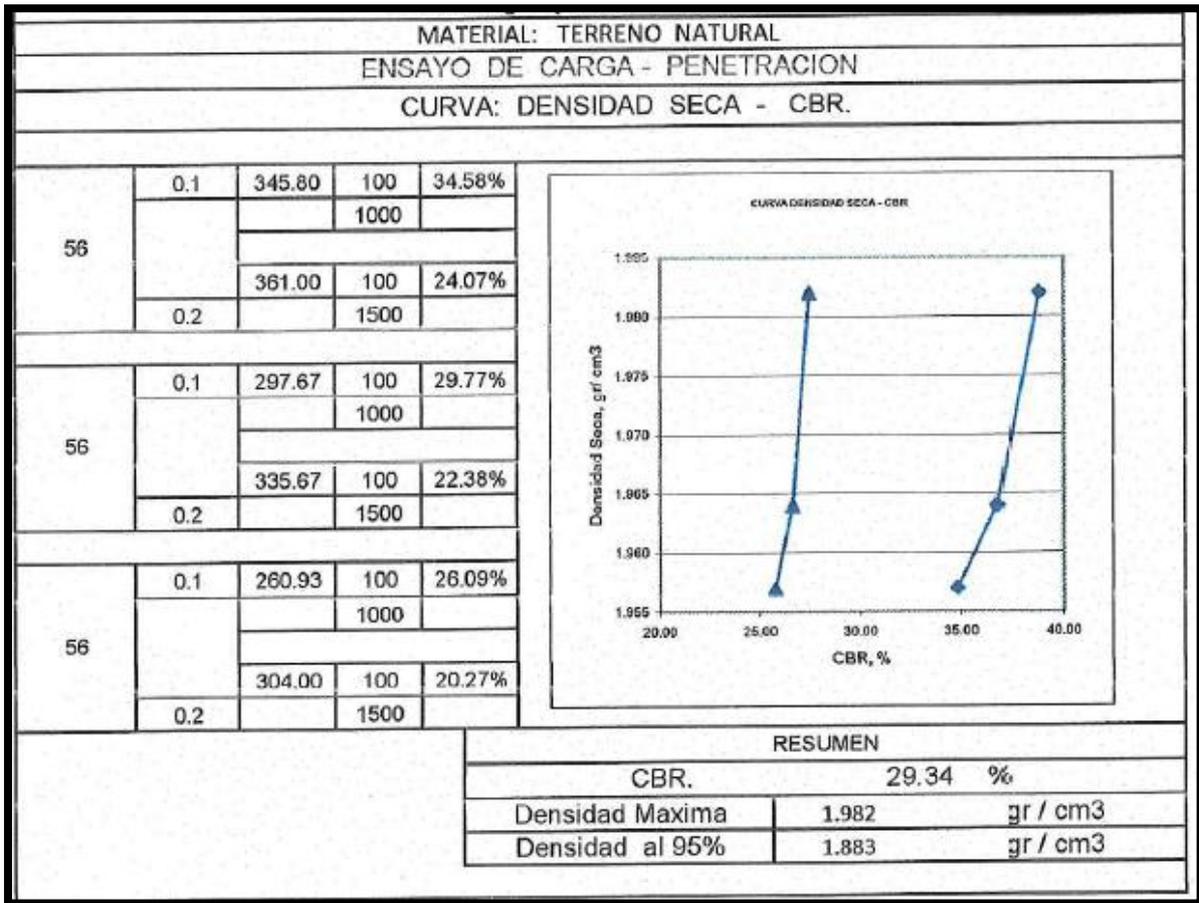
  

EXPANSION								
Fecha	Hora	Tiempo - H	Dial	Expansion	Dial	Expansion	Dial	Expansion
22/06/2014	01:30- p.m.	0	0	mm.	0	mm.	0	mm.
23/06/2014	01:30- p.m.	24	0	0.0	0	0.0	0	0.0
24/06/2014	01:30- p.m.	48	0	0.0	0	0.0	0	0.0
25/06/2014	01:30- p.m.	72	0	0.0	0	0.0	0	0.0

### 3.3.2 Ensayo de carga – Penetración



### 3.3.3 Ensayo de carga - Penetración – curva: densidad seca – CBR



#### 3.3.3.1 Criterio según muestras profundidad CBR MDS (mm)

CALICATAS	MUESTRAS	PROFUNDIDAD	CBR % MDS (mm)
N° 1 Y N° 2	Del fondo de la calicata N° 2	1	29.34

Se observa que el valor del CBR es de 29.34% por lo que se tomara este dato como base para el cálculo del espesor del pavimento.

**ANEXO IV**  
**FOTOS**

## Alto Trujillo Barrio -2

Donde se inició con el levantamiento topográfico, en el cruce de la av. principal con av. magnolias



Tomando punto y coordenadas en poste de la Av. Principal Alto Trujillo Barrio 2, en donde se pudo laborar de lo más tranquilo sin inconveniencias durante el trabajo realizado



Circulo Solidario Alto Trujillo barrio 2, Av. Principal, en donde se tomó punto de poste, esquinas de circulo solidario y casa. También se logró el trabajo sin inconveniencias.



Vista de otro lado, de Av. Principal Alto Trujillo Barrio 2, sitio más conocido como círculo solidario, se tomaron buzones que conecta Av. Magnolias y Av. Principal del Barrio 2



Comisaría Alto Trujillo Barrio 2, donde se tuvo inconveniencias por los ambulantes y carros que pasaban, al no dejar dar lectura a nuestra estación total.



Se pudo hacer la lectura por que pedimos apoyo a un policía, dando así lugar espacio para nuestro levantamiento.



Av. Principal Barrio 3 Alto Trujillo, en donde no se presentó inconveniencias, por que no existía tráfico en el momento de hacer el levantamiento topográfico



Cambiando de punto a la estación total para empezar con el levantamiento topográfico, se pido apoyo a compañeros vecinales para este logro, ya que la zona es peligrosa



Av. Principal Alto Trujillo, verificando que el topógrafo este dando lectura a los puntos estimados.

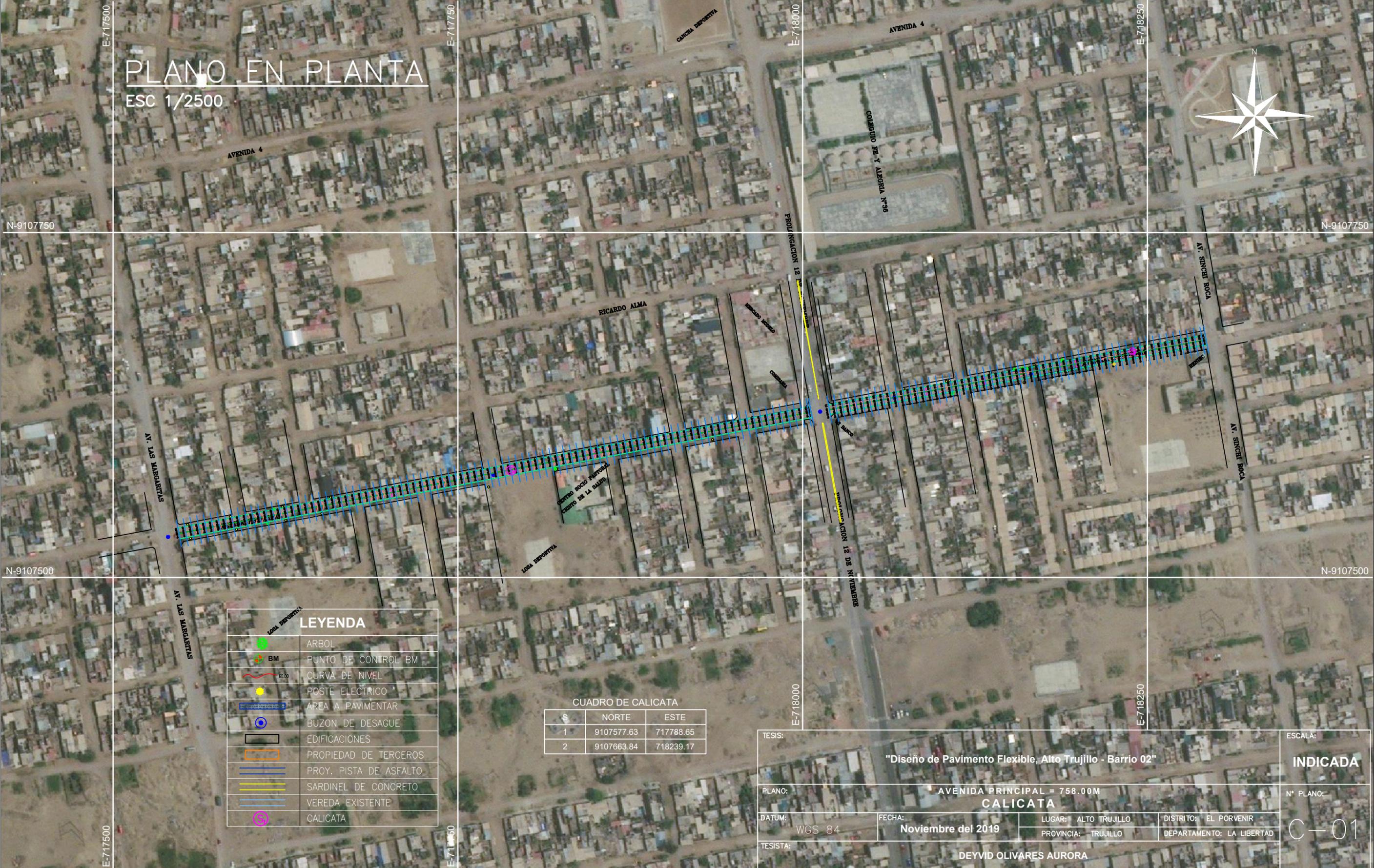


Cruce de Av. Principal Barrio 3 Alto Trujillo y Magnolias, donde se realizó el levantamiento topográfico frente a la RENIEC y restaurantes



# PLANO EN PLANTA

ESC 1/2500

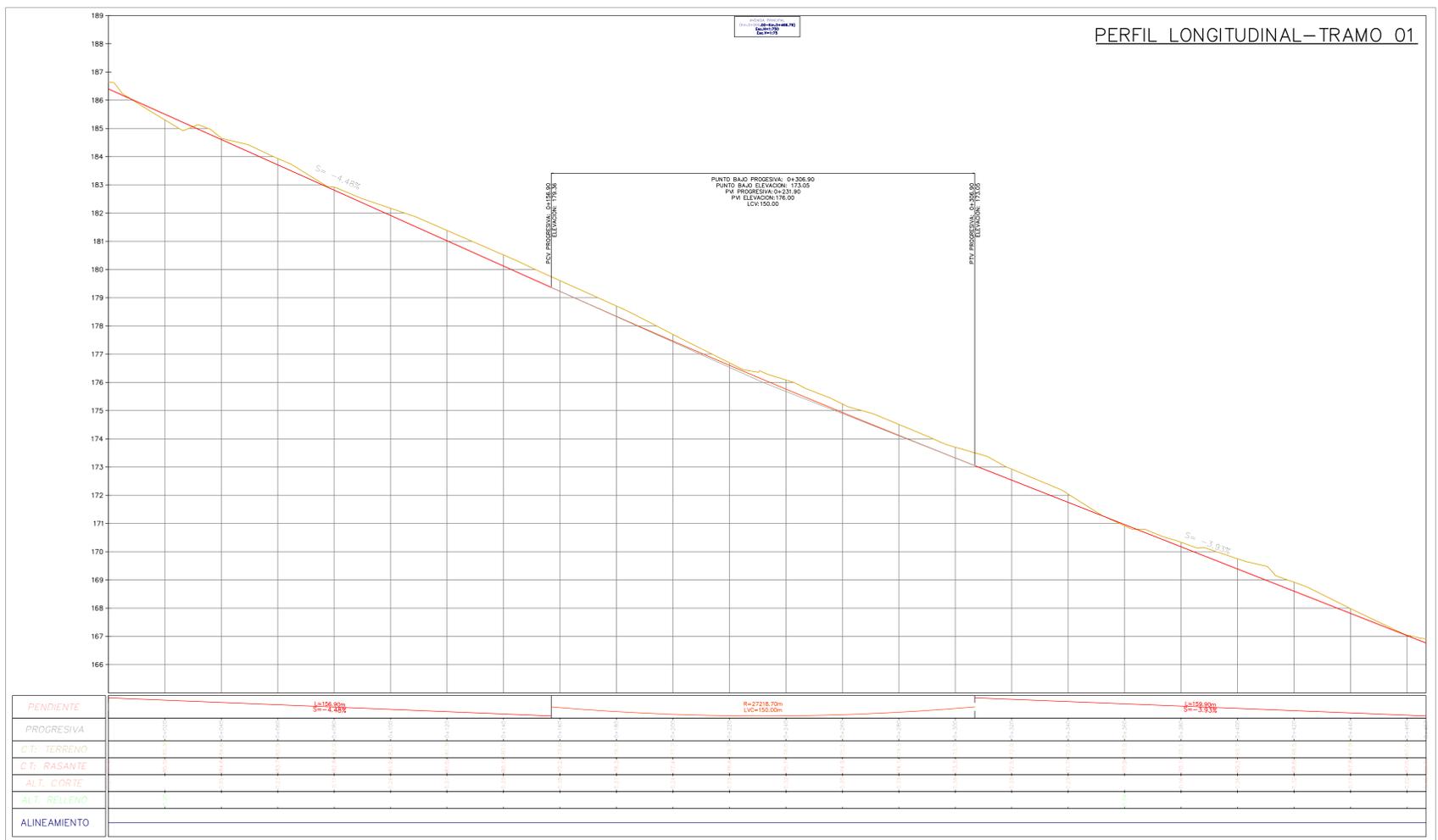


LEYENDA	
	ARBOL
	PUNTO DE CONTROL BM
	CURVA DE NIVEL
	POSTE ELECTRICO
	AREA A PAVIMENTAR
	BUZON DE DESAGUE
	EDIFICACIONES
	PROPIEDAD DE TERCEROS
	PROY. PISTA DE ASFALTO
	SARDINEL DE CONCRETO
	VEREDA EXISTENTE
	CALICATA

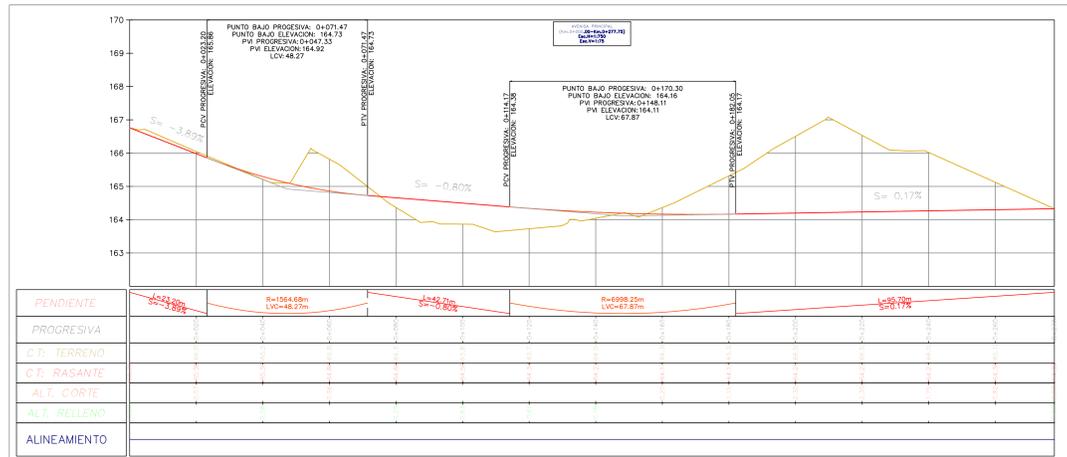
CUADRO DE CALICATA		
S	NORTE	ESTE
1	9107577.63	717788.65
2	9107663.84	718239.17

TESIS:		"Diseño de Pavimento Flexible, Alto Trujillo - Barrio 02"		ESCALA:	INDICADA
PLANO:		AVENIDA PRINCIPAL = 758.00M		N° PLANO:	
		CALICATA		C-01	
DATUM:	WGS 84	FECHA:	Noviembre del 2019	LUGAR:	ALTO TRUJILLO
				PROVINCIA:	TRUJILLO
				DISTRITO:	EL PORVENIR
				DEPARTAMENTO:	LA LIBERTAD
TESISTA: DEYVID OLIVARES AURORA					

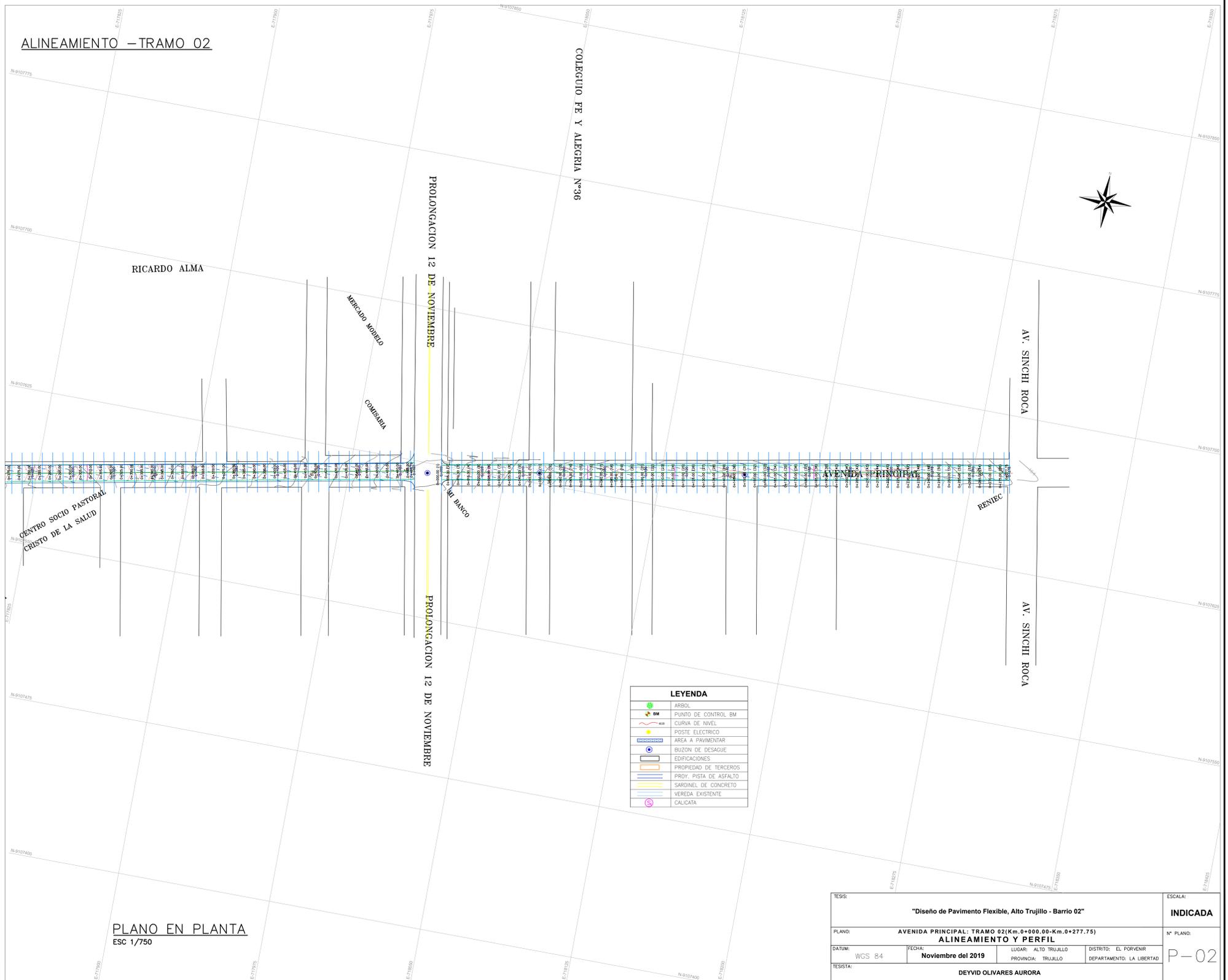
PERFIL LONGITUDINAL-TRAMO 01



PERFILLONGITUDINAL-TRAMO 02

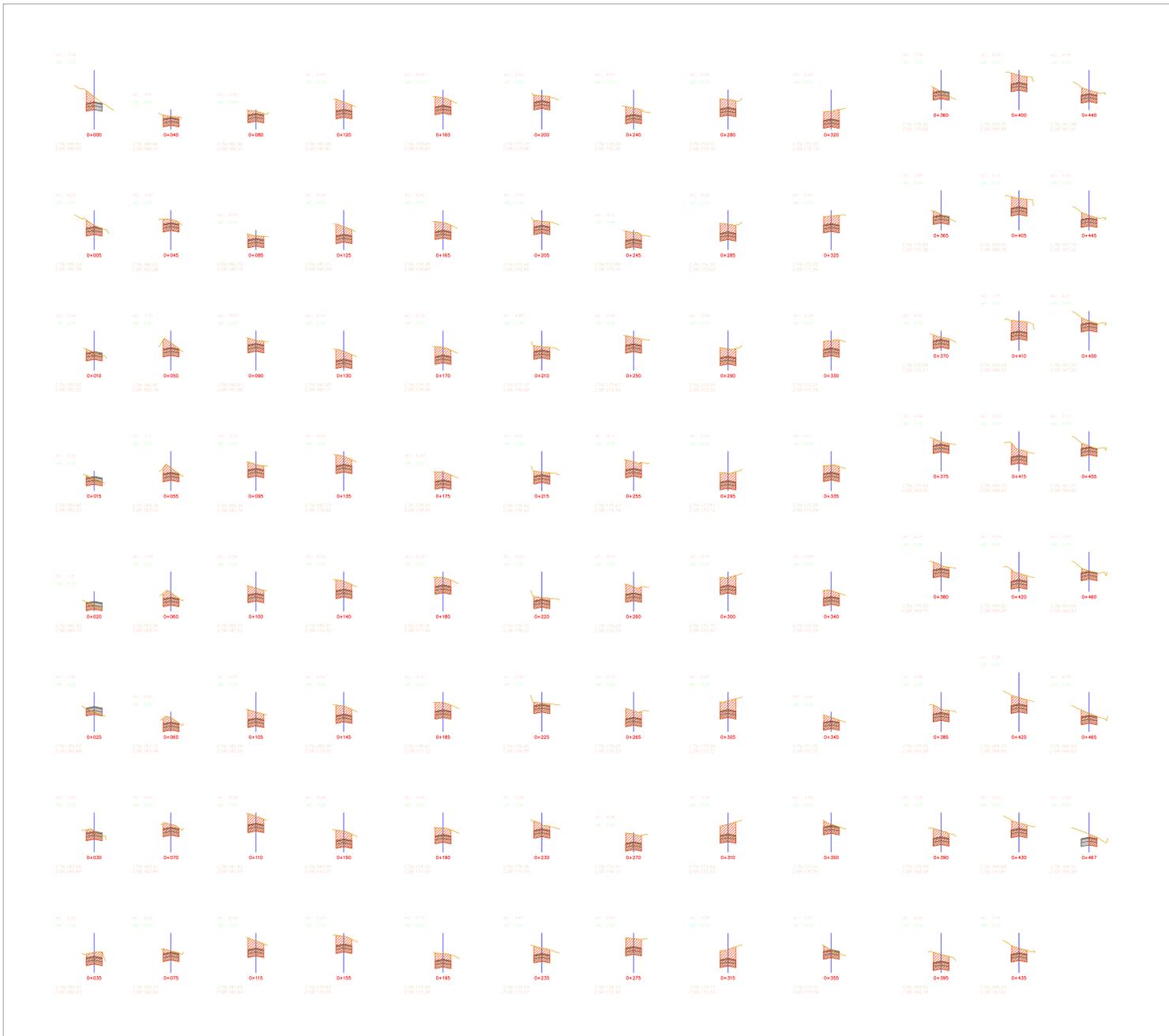


ALINEAMIENTO -TRAMO 02



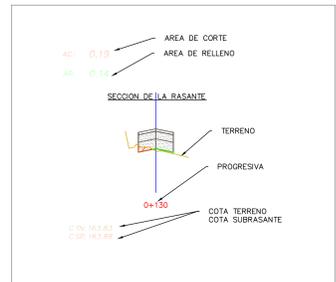
PLANO EN PLANTA  
ESC 1/750

TESS:		"Diseño de Pavimento Flexible, Alto Trujillo - Barrio 02"		ESCALA:	INDICADA
PLANO:		AVENIDA PRINCIPAL: TRAMO 02(Km. 0+000.00-Km.0+277.75)		N° PLANO:	P-02
DATUM:		WGS 84		FECHA:	Noviembre del 2019
TESISTA:		DEYVID OLIVARES AURORA		LUGAR:	ALTO TRUJILLO
				PROVINCIA:	TRUJILLO
				DISTRITO:	EL PORVENIR
				DEPARTAMENTO:	LA LIBERTAD

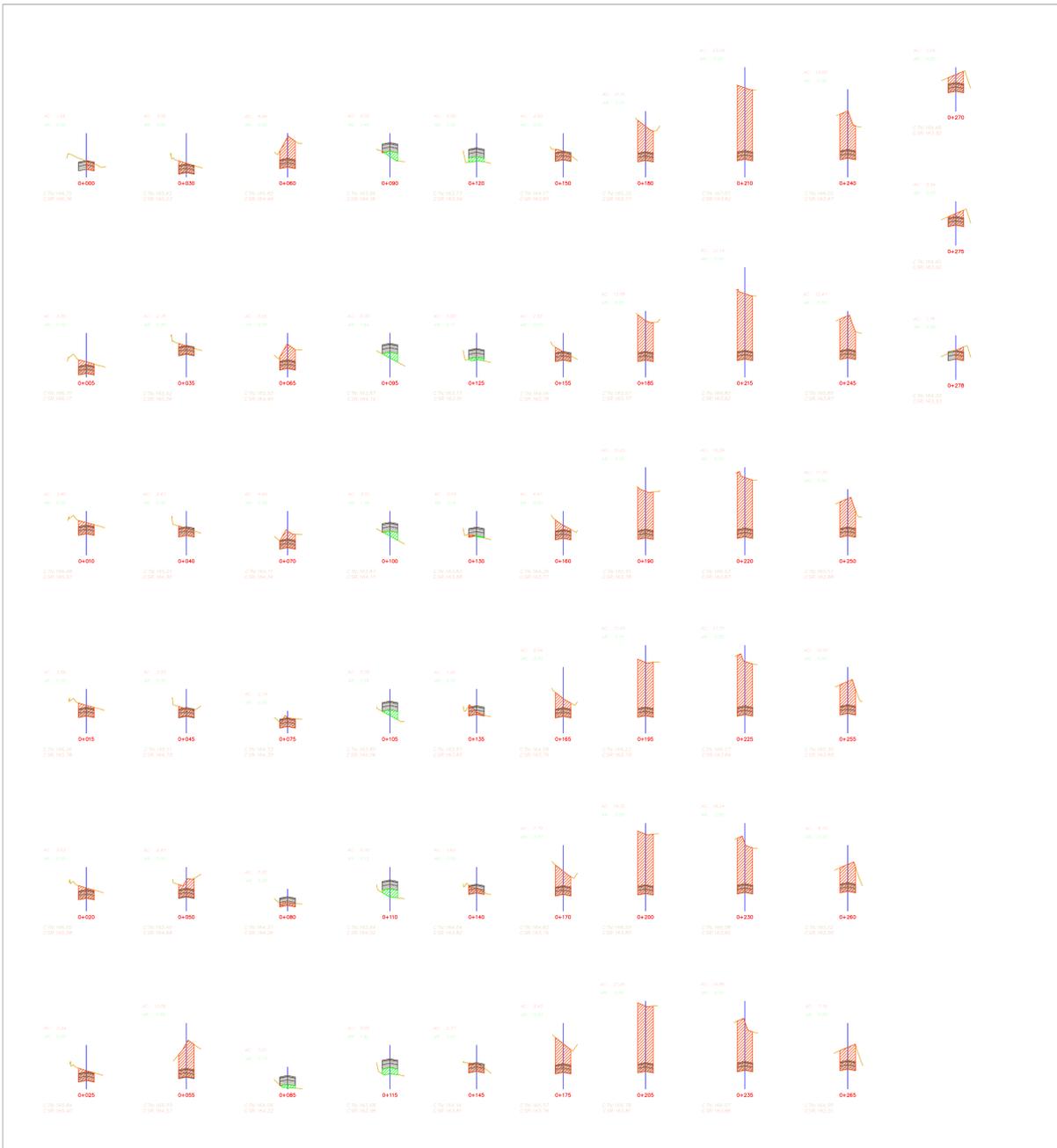


MOVIMIENTO DE TIERRA						
PROGRESIVA	RELLENO M3	CORTE M3	RELLENO M3	CORTE M3	RELLENO ACUMULADO M3	CORTE ACUMULADO M3
0+000.00	0.00	3.39	0.00	0.00	0.00	0.00
0+005.00	0.00	4.23	0.00	19.04	0.00	19.04
0+010.00	0.00	3.24	0.00	18.69	0.00	37.73
0+015.00	0.00	2.55	0.00	14.49	0.00	52.22
0+020.00	0.00	1.91	0.00	11.15	0.00	63.37
0+025.00	0.00	1.30	0.00	8.03	0.00	71.41
0+030.00	0.00	3.35	0.00	11.64	0.00	83.05
0+035.00	0.00	4.93	0.00	20.71	0.00	103.76
0+040.00	0.00	4.01	0.00	22.34	0.00	126.10
0+045.00	0.00	4.61	0.00	21.53	0.00	147.63
0+050.00	0.00	5.31	0.00	24.80	0.00	172.43
0+055.00	0.00	5.11	0.00	26.06	0.00	198.50
0+060.00	0.00	5.00	0.00	25.28	0.00	223.78
0+065.00	0.00	4.53	0.00	24.82	0.00	248.60
0+070.00	0.00	4.60	0.00	23.83	0.00	272.43
0+075.00	0.00	4.02	0.00	21.55	0.00	293.98
0+080.00	0.00	4.25	0.00	20.67	0.00	314.65
0+085.00	0.00	4.60	0.00	22.12	0.00	336.77
0+090.00	0.00	4.85	0.00	23.62	0.00	360.39
0+095.00	0.00	5.17	0.00	25.04	0.00	385.43
0+100.00	0.00	5.56	0.00	26.83	0.00	412.26
0+105.00	0.00	6.00	0.00	28.91	0.00	441.16
0+110.00	0.00	6.32	0.00	30.81	0.00	471.97
0+115.00	0.00	6.40	0.00	31.81	0.00	503.78
0+120.00	0.00	6.45	0.00	32.14	0.00	535.92
0+125.00	0.00	6.50	0.00	32.38	0.00	568.29
0+130.00	0.00	6.53	0.00	32.55	0.00	600.85
0+135.00	0.00	6.54	0.00	32.66	0.00	633.51
0+140.00	0.00	6.54	0.00	32.68	0.00	666.19
0+145.00	0.00	6.52	0.00	32.63	0.00	698.82
0+150.00	0.00	6.48	0.00	32.50	0.00	731.32
0+155.00	0.00	6.47	0.00	32.37	0.00	763.69
0+160.00	0.00	6.46	0.00	32.33	0.00	796.02
0+165.00	0.00	6.43	0.00	32.24	0.00	828.26
0+170.00	0.00	6.39	0.00	32.06	0.00	860.32
0+175.00	0.00	6.33	0.00	31.81	0.00	892.13
0+180.00	0.00	6.26	0.00	31.49	0.00	923.63
0+185.00	0.00	6.15	0.00	31.04	0.00	954.67
0+190.00	0.00	5.96	0.00	30.27	0.00	984.95
0+195.00	0.00	5.70	0.00	29.14	0.00	1014.08
0+200.00	0.00	5.42	0.00	27.80	0.00	1041.88
0+205.00	0.00	5.10	0.00	26.32	0.00	1068.20
0+210.00	0.00	4.80	0.00	24.76	0.00	1092.96
0+215.00	0.00	4.51	0.00	23.27	0.00	1116.24
0+220.00	0.00	4.23	0.00	21.84	0.00	1138.07
0+225.00	0.00	3.96	0.00	20.46	0.00	1158.53
0+230.00	0.00	3.58	0.00	19.36	0.00	1177.88
0+235.00	0.00	3.47	0.00	18.63	0.00	1195.51
0+240.00	0.00	3.07	0.00	17.34	0.00	1211.85
0+245.00	0.00	2.71	0.00	16.30	0.00	1227.30
0+250.00	0.00	2.30	0.00	15.40	0.00	1241.90
0+255.00	0.00	1.85	0.00	14.63	0.00	1255.67
0+260.00	0.00	1.37	0.00	13.98	0.00	1268.65
0+265.00	0.00	0.86	0.00	13.54	0.00	1280.85
0+270.00	0.00	0.33	0.00	13.31	0.00	1292.16
0+275.00	0.00	-0.21	0.00	13.27	0.00	1302.59
0+280.00	0.00	-0.76	0.00	13.41	0.00	1312.14
0+285.00	0.00	-1.28	0.00	13.71	0.00	1320.86
0+290.00	0.00	-1.77	0.00	14.16	0.00	1328.74
0+295.00	0.00	-2.23	0.00	14.74	0.00	1335.83
0+300.00	0.00	-2.67	0.00	15.43	0.00	1342.16
0+305.00	0.00	-3.07	0.00	16.22	0.00	1347.77
0+310.00	0.00	-3.44	0.00	17.10	0.00	1352.67
0+315.00	0.00	-3.78	0.00	18.06	0.00	1356.91
0+320.00	0.00	-4.08	0.00	19.09	0.00	1360.54
0+325.00	0.00	-4.35	0.00	20.18	0.00	1363.61
0+330.00	0.00	-4.58	0.00	21.32	0.00	1366.17
0+335.00	0.00	-4.77	0.00	22.50	0.00	1368.28
0+340.00	0.00	-4.92	0.00	23.72	0.00	1369.98
0+345.00	0.00	-5.04	0.00	24.97	0.00	1371.29
0+350.00	0.00	-5.12	0.00	26.24	0.00	1372.15
0+355.00	0.00	-5.17	0.00	27.52	0.00	1372.59
0+360.00	0.00	-5.19	0.00	28.80	0.00	1372.54
0+365.00	0.00	-5.18	0.00	30.07	0.00	1372.01
0+370.00	0.00	-5.14	0.00	31.33	0.00	1371.03
0+375.00	0.00	-5.07	0.00	32.57	0.00	1369.64
0+380.00	0.00	-4.97	0.00	33.78	0.00	1367.87
0+385.00	0.00	-4.84	0.00	34.94	0.00	1365.76
0+390.00	0.00	-4.68	0.00	36.04	0.00	1363.34
0+395.00	0.00	-4.49	0.00	37.07	0.00	1360.64
0+400.00	0.00	-4.27	0.00	38.03	0.00	1357.69
0+405.00	0.00	-4.02	0.00	38.91	0.00	1354.53
0+410.00	0.00	-3.74	0.00	39.71	0.00	1351.20
0+415.00	0.00	-3.43	0.00	40.42	0.00	1347.74
0+420.00	0.00	-3.09	0.00	41.04	0.00	1344.19
0+425.00	0.00	-2.72	0.00	41.57	0.00	1340.50
0+430.00	0.00	-2.32	0.00	42.01	0.00	1336.72
0+435.00	0.00	-1.89	0.00	42.36	0.00	1332.89
0+440.00	0.00	-1.43	0.00	42.62	0.00	1329.06
0+445.00	0.00	-0.94	0.00	42.79	0.00	1325.27
0+450.00	0.00	-0.42	0.00	42.87	0.00	1321.57
0+455.00	0.00	0.13	0.00	42.86	0.00	1317.99
0+460.00	0.00	0.64	0.00	42.76	0.00	1314.57
0+465.00	0.00	1.11	0.00	42.57	0.00	1311.34
0+466.79	0.00	2.02	0.00	5.71	0.00	1307.61

**SECCIONES**  
ESC 1/1000

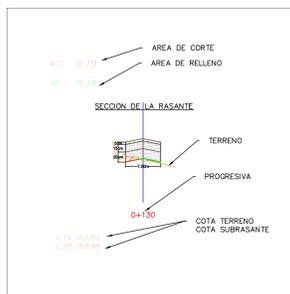


TESS: "Diseño de Pavimento Flexible, Alto Trujillo - Barrio 02"				ESCALA: INDICADA
PLANO: AVENIDA PRINCIPAL: TRAMO 01 (Km. 0+000.00-Km. 0+466.79)				N° PLANO: S-01
<b>SECCIONES</b>				
DAIUM: WGS 84	FECHA: Noviembre del 2019	LUGAR: ALTO TRUJILLO PROVINCIA: TRUJILLO	DISTRITO: EL PORVENIR DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD	
TESISTA: DEYVID OLIVARES AURORA				



PROGRESIVA	MOVIMIENTO DE TIERRA					
	RELLENO M2	CORTE M2	RELLENO M3	CORTE M3	RELLENO ACUMULADO M3	CORTE ACUMULADO M3
0+000.00	0.00	1.26	0.00	0.00	0.00	0.00
0+005.00	0.00	3.95	0.00	13.02	0.00	13.02
0+010.00	0.00	3.80	0.00	19.38	0.00	32.40
0+015.00	0.00	3.66	0.00	18.65	0.00	51.06
0+020.00	0.00	3.53	0.00	17.87	0.00	69.03
0+025.00	0.00	3.34	0.00	17.18	0.00	86.21
0+030.00	0.00	3.05	0.00	15.97	0.00	102.18
0+035.00	0.00	2.76	0.00	14.51	0.00	116.69
0+040.00	0.00	2.47	0.00	13.06	0.00	129.75
0+045.00	0.00	2.50	0.00	12.41	0.00	142.16
0+050.00	0.00	4.87	0.00	18.43	0.00	160.58
0+055.00	0.00	10.06	0.00	37.33	0.00	197.91
0+060.00	0.00	8.46	0.00	46.31	0.00	244.22
0+065.00	0.00	6.55	0.00	37.54	0.00	281.76
0+070.00	0.00	4.65	0.00	28.01	0.00	309.76
0+075.00	0.00	2.74	0.00	18.48	0.00	328.25
0+080.00	0.00	0.92	0.00	9.15	0.00	337.40
0+085.00	0.79	0.01	1.98	2.32	1.98	339.72
0+090.00	1.46	0.02	5.62	0.08	7.60	339.79
0+095.00	1.64	0.00	7.75	0.08	15.35	339.85
0+100.00	1.36	0.01	7.55	0.01	22.90	339.86
0+105.00	1.58	0.00	7.40	0.01	30.30	339.88
0+110.00	2.13	0.00	9.28	0.00	39.58	339.88
0+115.00	1.92	0.00	10.13	0.00	49.72	339.88
0+120.00	1.35	0.00	8.16	0.00	57.88	339.88
0+125.00	0.77	0.00	5.29	0.00	63.16	339.88
0+130.00	0.14	0.19	2.26	0.47	65.43	340.35
0+135.00	0.00	1.40	0.34	3.97	65.77	344.32
0+140.00	0.00	1.63	0.00	7.57	65.77	351.88
0+145.00	0.00	2.37	0.00	9.98	65.77	361.86
0+150.00	0.00	2.82	0.00	12.97	65.77	374.83
0+155.00	0.00	2.93	0.00	14.38	65.77	389.22
0+160.00	0.00	4.47	0.00	18.51	65.77	407.73
0+165.00	0.00	6.04	0.00	26.28	65.77	434.01
0+170.00	0.00	7.70	0.00	34.35	65.77	468.36
0+175.00	0.00	9.40	0.00	42.77	65.77	511.13
0+180.00	0.00	11.15	0.00	51.39	65.77	562.52
0+185.00	0.00	13.08	0.00	60.59	65.77	623.11
0+190.00	0.00	15.25	0.00	70.84	65.77	693.95
0+195.00	0.00	17.45	0.00	81.77	65.77	775.72
0+200.00	0.00	19.35	0.00	92.02	65.77	867.74
0+205.00	0.00	21.26	0.00	101.54	65.77	969.28
0+210.00	0.00	23.04	0.00	110.74	65.77	1080.02
0+215.00	0.00	21.14	0.00	110.45	65.77	1190.46
0+220.00	0.00	19.38	0.00	101.31	65.77	1291.77
0+225.00	0.00	17.75	0.00	92.83	65.77	1384.60
0+230.00	0.00	16.24	0.00	84.98	65.77	1469.58
0+235.00	0.00	14.86	0.00	77.76	65.77	1547.34
0+240.00	0.00	13.60	0.00	71.17	65.77	1618.51
0+245.00	0.00	12.47	0.00	65.19	65.77	1683.70
0+250.00	0.00	11.35	0.00	59.55	65.77	1743.26
0+255.00	0.00	10.10	0.00	53.62	65.77	1796.88
0+260.00	0.00	8.72	0.00	47.05	65.77	1843.94
0+265.00	0.00	7.19	0.00	39.77	65.77	1883.71
0+270.00	0.00	5.56	0.00	31.88	65.77	1915.59
0+275.00	0.00	3.94	0.00	23.76	65.77	1939.35
0+277.75	0.00	1.78	0.00	7.87	65.77	1947.22

SECCIONES  
ESC 1/1000



TESES:				"Diseño de Pavimento Flexible, Alto Trujillo - Barrio 02"				ESCALA:	
								INDICADA	
PLANO:				AVENIDA PRINCIPAL: TRAMO 02 (Km. 0+000.00-Km. 0+277.75)				N° PLANO:	
				SECCIONES				S-02	
DATUM:		FECHA:		LUGAR:		DISTRITO:			
WGS 84		Noviembre del 2019		ALTO TRUJILLO		ES. PORVENIR			
				PROVINCIA: TRUJILLO		DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD			
TESISTA:				DEYVID OLIVARES AURORA					