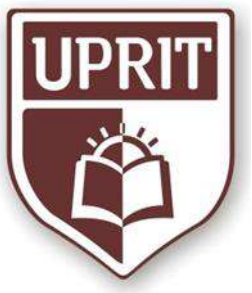
UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



"PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL PASAJE I DEL CENTRO URBANO INFORMAL DEL SECTOR SAN MIGUEL DISTRITO DE TRUJILLO, 2017"

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

GUEVARA ALFARO MARCO ANTONIO

TRUJILLO – PERÚ

2017

APROBACIÓN DE LA TESIS

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el (la) Bachiller **MARCO ANTONIO GUEVARA ALFARO,** denominada:

"PROPUESTA DE DISEÑO DE UN PAVIMENTO DE LA CALLE I DEL CENTRO URBANO INFORMAL DEL SECTOR SAN MIGUEL DISTRITO DE TRUJILLO, 2017"

Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz

ASESOR

Ing. Enrique Manuel Durand Bazán

JURADO

PRESIDENTE

Ing. Luis Alberto Acosta Sánchez

JURADO

Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz

JURADO

DEDICATORIA

A Dios ya que gracias a él he logrado culminar mi carrera, a mis padres Martha y Marco, porque siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo, su amor y sus consejos para ser una mejor persona.

A mis hermanos, Wagner y Leonardo y a toda mi familia por su compañía y sus palabras de fortaleza para cumplir con mis metas, Gracias a mis abuelos aunque no estén físicamente conmigo, pero sé que desde el cielo siempre me cuidan y me guían para que todo me salga muy bien.

A mi enamorada por sus palabras, su confianza, por su amor, y por brindarme el tiempo necesario para realizarme profesionalmente, a mis amigos y a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron en cumplimiento de mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a la Universidad Privada De Trujillo (UPRIT) por haberme aceptado ser parte de su institución y abrirme sus puertas para poder estudiar mi carrera profesional, así como también a los diferentes docentes que me brindaron sus conocimientos y su apoyo para poder culminar mi carrera.

A mis padres que con su amor, consejos y trabajo me educaron y apoyaron en toda mi formación profesional.

Agradezco también al asesor de tesis ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así también como también haberme tenido paciencia para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

Y para finalizar, agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clase durante todos los niveles de universidad ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral para seguir adelante y terminar mi carrera profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INDICE

RESUMEN. ..... ***ix***

ABSTRACT ..... ***x***

CAPITULO I. INTRODUCCION. ***1***

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA **1**

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA **11**

1.3 JUSTIFICACION. **11**

1.4. LIMITACIONES. **13**

1.5. OBJETIVOS. **13**

1.5.1. Objetivo General. 13

1.5.2. Objetivos Específicos. 13

CAPITULO II. MARCO TEORICO. ***14***

2.1. ANTECEDENTES. **14**

2.2. BASES TEORICAS. **17**

2.2.1. Tipos de Pavimento 17

2.2.1.1. Pavimento Flexible 17

2.2.1.2. Pavimento Rígido. 22

2.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS. **31**

CAPITULO III. METODOLOGIA: ***32***

3.1. VARIABLES. **32**

3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES. **33**

3.4. DISEÑO DE INVESTIGACION. **34**

3.5. UNIDAD DE ESTUDIO. **34**

3.6. POBLACION. **34**

3.7. MUESTRA. **34**

3.8. TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS. **35**

3.8.1. LA TÉCNICA.- 35

3.8.2. INSTRUMENTOS.- 35

3.9. MÉTODOS E INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS **36**

3.9.1. Método: 36

3.9.2. Instrumentos: 36

3.9.3. PROCEDIMIENTO: 37

CAPITULO IV. DESARROLLO DE TESIS. *93*

4.1. INFORME GEODESICO Y TOPOGRAFICO **93**

4.2. ESTUDIO MECANICO DE SUELOS **115**

4.3. MEMORIA DE CALCULOS. **123**

CAPITULO V. RESULTADOS. *127*

CAPITULO VI. *130*

6.1. DISCUSIÓN **130**

6.2. CONCLUSIONES. **131**

6.3. RECOMENDACIONES. **133**

Bibliografía *134*

ANEXOS. *136*

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: PARA DETERMINAR LA CANTIDAD DE HUMEDAD. 42
TABLA 2: CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA DE AGREGADO GRUESO. 45
TABLA 3: A-1. 53
TABLA 4: TABLA DE ESTIMACIÓN DE PRESIÓN. 53
TABLA 5: PARA LA ESTIMACIÓN DE PRESIÓN. 55
TABLA 6: MASA REDONDEADA PARA EL ESPÉCIMEN DE ENSAYO. 61
TABLA 7: DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO. 64
TABLA 8: CLASIFICACIÓN DEL SUELO DE ACUERDO AL CBR. 73
TABLA 9: PERCENTIL PARA DETERMINAR EL CBR DE LA SUB-RASANTE 73
TABLA 10: PESO VEHICULAR. 74
TABLA 11: VALORES UTILIZADOS POR AASHTO 75
TABLA 12: PORCENTAJE PARA EL CARRIL DE DISEÑO. 75
TABLA 13: SEGÚN EL CRECIMIENTO DE TRÁNSITO. 77
TABLA 14: COEFICIENTE ESTADÍSTICO DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR) PARA DOS ETAPAS DE DISEÑO DE 10 AÑOS CADA UNA SEGÚN EL NIVEL DE CONFIABILIDAD SELECCIONADO Y RANGO DE TRÁFICO. 80
TABLA 15: VALORES DE Z, EN FUNCIÓN DE LA CONFIABILIDAD R. 81
TABLA 16: COEFICIENTE "A1"- SEGÚN MTC 88
TABLA 17: COEFICIENTE "A2, A3"- SEGÚN MTC 89

INDICE DE GRAFICOS.

GRAFICO 1. PROCEDIMIENTO TOPOGRAFICO. 39
GRAFICO 2: NÚMERO DE CARRILES EN UNA DIRECCIÓN. 75
GRAFICO 3: CARGAS DE TRÁFICO VEHICULAR. 76

INDICE DE FIGURAS.

FIGURAS 1: CORTE TRANSVERSAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE. 18
FIGURAS 2: CORTE TRANSVERSAL DE PAVIMENTO RÍGIDO. 22
FIGURAS 3: FISURAS. 22
FIGURAS 4: COMPONENTES PRINCIPALES DEL SISTEMA. 23
FIGURAS 5: APARATO MANUAL PARA LÍMITE LÍQUIDO. 50
FIGURAS 6: MUESTRA DEL SUELO ANTES Y DESPUÉS DE LA PRUEBA. 50
FIGURAS 7: APARATO PARA DETERMINAR EL CAMBIO VOLUMÉTRICO DEL SUELO. 59
FIGURAS 8: MUESTRA ANTES Y DESPUÉS DEL ENCOGIMIENTO. 59
FIGURAS 9: GUÍA PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO, AASHTO, 1993. 83
FIGURAS 10: PARA HALLAR A1 EN FUNCIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DE C. ASFALTICO. 85
FIGURAS 11: VARIACIÓN DEL COEFICIENTE A2 CON DIFERENTE PARÁMETROS DE RESISTENCIA DE LA BASE GRANULAR. 86
FIGURAS 12: VARIACIÓN DEL COEFICIENTE A3 CON DIFERENTES PARÁMETROS DE RESISTENCIA SE LA SUB-BASE. 87

RESUMEN.

El desarrollo de la investigación de la tesis se realizó en la calle I del Centro urbano informal del sector san miguel, en el distrito de Trujillo, departamento de la libertad. El propósito de esta investigación es proponer un diseño de un pavimento flexible; para lograr el objetivo deseado se tuvo que realizar el levantamiento topográfico, estudio mecánico de suelos, análisis de costos unitario; para mejorar la calidad de vida de las personas, las vías de comunicación son esenciales para el desarrollo del sector, disminución de la contaminación al bajar los niveles de polvo en suspensión, eliminación de problemas de accesibilidad, reducción de accidentes peatonales por aceras en mal estado, mejoramiento de la imagen del sector, mejoramiento del tráfico vehicular, mejorar las condiciones de habitabilidad, mejorar la movilidad vial y peatonal, propiciar condiciones óptimas para el disfrute del espacio público; para la investigación se tuvo que tener en cuenta las normas E. 050 suelos y cimentaciones y el manual de ensayo de material (según el MTC); la investigación realizada es de tipo no experimental de diseño transversal descriptivo, la población son todas las calles del sector San Miguel, la unidad y la muestra es la calle I del sector san miguel, la técnica para esta investigación fue la observación y el instrumento la guía de observación, el método utilizado fue la estadística descriptiva y los instrumentos fueron los gráficos estadísticos; en la observación realizada en el lugar de estudio, se pudo establecer que las condiciones de la vía actual no son las óptimas para el transito vehicula normal y peatonal por la ausencia de calzada , el suelo es una arena mal graduada, densidad máx. De 1.888 gr/cm3 y con una sub-rasante de 18.25; se encontró en la calicata C-01 un estrado de desmonte de 0.20mt de espesor, por lo que se realizara un mejoramiento de suelos de 0.30mts. Carpeta asfáltica de 2" de espesor.

ABSTRACT.

The development of the research of the thesis was realized in the street I of the informal urban center of the sector San Miguel, in the district of Trujillo, department of the freedom. The purpose of this research is to propose a design of a flexible pavement; to achieve the desired objective had to perform the topographical survey, mechanical study of soils, analysis of unit costs; to improve the quality of life of people, communication routes are essential for the development of the sector, reduce pollution by lowering levels of dust in suspension, elimination of accessibility problems, reduced pedestrian accidents by poor sidewalks improvement of the image of the sector improvement of vehicular traffic Improve living conditions Improve road and pedestrian mobility Improve conditions for the enjoyment of public space; For the investigation, the standards E. 050 floors and foundations and the material testing manual (according to the MTC) had to be taken into account; the research carried out is of non-experimental type with descriptive cross-sectional design, the population is all streets of the San Miguel sector, the unit and the sample is street I of the San Miguel sector, the technique for this investigation was observation and the instrument guide of observation, the method used was descriptive statistics and the instruments were the statistical graphs; In the observation carried out at the study site, it was possible to establish that the conditions of the current road are not optimal for normal and pedestrian vehicular traffic due to the absence of roadway, the soil is a bad graded sand, max. Of 1,888 gr / cm3 and with a subgrade of 18.25; It was found in the calicata C-01 a decking of 0.20mt of thickness, reason why a improvement of floors of 0.30mts. Asphalt folder 2 "thick.

CAPITULO I. INTRODUCCION.

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.

El transporte es un motor fundamental del desarrollo económico y social de un país ya que genera oportunidades para los pobres y mejora la competitividad de la economía. La infraestructura de transporte conecta a las personas con los lugares de trabajo, los centros educativos y los servicios de salud. Además, permite la distribución de bienes y servicios a través del mundo, y facilita la interacción entre los seres humanos y la generación de conocimientos y soluciones que propician el crecimiento a largo plazo. Por ejemplo, los caminos rurales permiten prevenir muertes maternas al dar acceso oportuno a servicios relacionados con el parto, aumentar la matrícula escolar de las niñas, e incrementar y diversificar los ingresos agrícolas al conectar a los productores con los mercados.

Este sector es crucial para reducir la pobreza, impulsar la prosperidad y lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS), (i) y constituye un tema central de los desafíos más importantes del desarrollo:

El cambio climático: el transporte representa alrededor del 64 % del consumo mundial de petróleo, el 27 % del consumo total de energía y el 23 % de las emisiones mundiales de CO2 relacionadas con la energía. Dado el aumento en las tasas de motorización, se espera un incremento considerable del impacto ambiental del sector del transporte.

La rápida urbanización y motorización: en las ciudades vivirán unos 5400 millones de habitantes en 2050, es decir dos terceras partes de la población mundial. La cantidad de vehículos en funcionamiento se duplicará y llegará a los 2000 millones en dicho año.

(BANCO MUNDIAL, 2017)

La infraestructura vial incide mucho en la economía de los países por el gran valor que tiene en esta, pues al alto costo de construcción, mantenimiento o rehabilitación hay que adicionarles también los costos que se derivan por el mal estado de las vías, por eso los nuevos ingenieros que se dediquen a esta rama de la profesión se enfrentará a un reto muy importante que es el de proporcionar estructuras de pavimentos eficaces con presupuestos cada vez más restringidos.

Dentro del contexto del diseño de pavimentos se acepta que el dimensionamiento de estas estructuras permite que se establezca las características de los materiales de las distintas capas del pavimento y los espesores, de tal forma que el pavimento mantenga un índice de servicio aceptable durante la vida de servicio estimada.

Los métodos que se describe en diversos documentos está encaminado a dar una aproximación de las correlaciones empíricas logradas hasta la primera mitad del siglo XX en el diseño estructural de pavimentos; se ha llegado a este estado del arte aplicando metodologías usadas en otras áreas de la ingeniería que tienen en cuenta las propiedades de los materiales que constituyen el pavimento; el procedimiento puede tener el grado de sofisticación que el ingeniero desee con este procedimiento se puede obtener los esfuerzos, deformaciones y deflexiones producidos por cargas a las que está sometida la estructura. (HENRY A, 2003)

La Red vial de Argentina se encuentra integrada por toda superficie terrestre, pública o privada, por donde circulan peatones y vehículos, la cual está señalizada bajo la jurisdicción de las autoridades nacionales, provinciales o municipales responsables de la aplicación de las leyes de tránsito argentino bajo la gestión de la Dirección Nacional de Vialidad.

La Red de carreteras de Argentina tiene aproximadamente 500.000 km, de los cuales 37.800 km pertenecen a la red troncal primaria con jurisdicción nacional, 178.000 km están gestionados por la jurisdicción provincial, 285.000 km forman la red terciaria administrada por municipalidades o comunas. Se trata sin duda de una red compleja a la cual naturalmente se debe sumar la red ferroviaria con la cual se completa el sistema de transporte argentino. El 75% del tránsito vehicular se realiza por las carreteras pavimentadas; en el 95% de la red vial circula un tránsito medio de 500 vehículos por día. Aproximadamente 5000 km de la red total son vías rápidas (autopistas y autovías) y por ella circulan más de 4500 vehículos por día.

La Red Vial Nacional ha sido construida durante las últimas cinco décadas; en el año 1950 se contaba con aproximadamente 7.000 km de caminos pavimentados y 7.000 km de caminos mejorados, en general enripiados. Las redes Provinciales, del total de 60.000 km de caminos pavimentados o mejorados, en la actualidad no menos de 85% han sido construidos en este período. Mediante el Decreto Nacional 1020 del año 2009, el Órgano de Control de las Concesiones Viales (OCCOVI) pasó a depender de

la Dirección Nacional de Vialidad. Este organismo tenía facultades para supervisar el cumplimiento de los contratos de concesión de casi 10.000 km de caminos nacionales de alta densidad de tráfico.

Durante la administración del presidente Néstor Kirchner se lanzó un Plan vial Nacional, que desde el 2003 a la fecha el Gobierno Nacional realizó una fuerte inversión en obras de infraestructura que ha permitido construir 1.300 km de nuevas carreteras, pavimentar 4.100 km.de rutas nacionales y cubrir con obras de mantenimiento la totalidad de la red vial nacional. Además, se llevó la cobertura de obras de mantenimiento a la totalidad de la red vial pavimentada, cuando en el 2003 sólo se alcanzaba a cubrir el 50% de la misma. Gracias a estas inversiones desde 2003 al año 2014 produjo un crecimiento del 130% de la red vial argentina. En 2016 la dirección decreto un aumento del 500% en todos los peajes de rutas y autopistas nacionales. (RVA, 2017)

"En Chile se desarrollan buenos proyectos de ingeniería de pavimentos, sin embargo, aun debemos colocar el énfasis en las recomendaciones para su construcción, siguiéndolas al pie de la letra. En general, los pavimentos fallan por problemas que se producen durante su etapa de construcción y que luego no son abordados de manera adecuada durante la etapa de mantenimiento y conservación. La ingeniería de pavimentos debe ir mejorando día a día en ese aspecto y en aspectos de actividades de mantenimiento preventivo, de esta manera el país en general ahorraría muchos recursos económicos y nuestros caminos otorgarían a los usuarios y un nivel de servicio de mayor estándar que el que tenemos hoy", afirma.

Otro aspecto clave en la calidad de la construcción de pavimentos es la Inspección Técnica durante la ejecución, que, como explica Miguel Mellado, tiene especial importancia en la fase de ejecución de las bases y sub bases del pavimento -los pavimentos son estructuras formadas por capas siendo la carpeta de rodado la que ven los usuarios-, las cuales son primordiales para la capacidad de soporte del pavimento. "En la otra fase, de ejecución de la carpeta de rodado, es muy importante la inspección, principalmente en el caso de los pavimentos asfálticos, en los cuales se debe ser especialmente cuidadoso con la temperatura de colocación, la existencia de lentes de agua entre el riego de liga y el pavimento, y finalmente, en el contenido de asfalto", señala.

Por último, el estado o calidad del servicio que prestan los pavimentos, depende de las intervenciones que se hayan efectuado sobre la vía (rotura de pavimentos para el tendido o reparación de tuberías de servicios (eléctrico, teléfono, etc.), las cuales no siempre son efectuadas en la calidad y materialidad del pavimento original, de tránsito real que este circulando por la vía.

En este punto no solo es relevante el tamaño de los flujos de vehículos, sino que fundamentalmente su composición. Los camiones y buses de mayor tonelaje por eje, generan daños significativos a la carpeta de rodado y, por tanto, a su vida útil y calidad de servicio. (EMB CONSTRUCCION, 2014)

Construir un kilómetro de carretera asfaltada en Bolivia oscila entre $ 500 mil y un millón de dólares. Los costos de construcción difieren unas a otras por diferentes variables como la topografía, a su densidad de población y escasez de terreno. Los expertos en el tema consideran que si bien no hay estadísticas; estas se encuentran entre las más caras de la región sudamericana.

La doble vía Oruro- La Paz, cuyo asfaltado significó 203 kilómetros de longitud, tuvo un costo total de $ 312,5 millones, a un promedio equivalente de $ 1,5 millones por kilómetro construido. Este hecho, en su momento tanto por los expertos y los medios internacionales fue catalogado como "la carretera más cara del mundo".

Adhemar Rocabado, Director Regional de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC), puntualizó que es difícil establecer una cifra global de cuánto cuesta el promedio de asfaltado, por kilómetro de longitud en el país. Sin embargo, estimó que las adjudicaciones realizadas por el Estado, en diferentes tramos y con inversiones significativas, el promedio alcanza a los $us 1.000.000 por kilómetro de asfaltado. "En general las grandes inversiones que se vienen desarrollando están en promedio de un millón de dólares. Pero estos varían según cada proyecto", informó.

En el contexto de las variables. Rocabado puntualizó que técnicamente los caminos que se construyen en el país básicamente tienen la característica de 7 metros de ancho, con una estructura de pavimento mínimo de 5 a 7 centímetros (cm), una capa base de 20 y sub base de 25 centímetros. "Las carpetas que tenemos son inferiores a los otros países y bajo condiciones técnicas mínimas. En otros países, los montos son mucho mayores porque las consideraciones implican mayor espesor de carpeta. Por ejemplo, la carpeta asfáltica es de 15 centímetros". (EL DIA MOVIL, 2015)

El tráfico es el segundo gran problema que tiene la capital. Según la encuesta, "Lima, como vamos", la mitad de los limeños lo incluye dentro de los tres mayores problemas que enfrentan cada día en la ciudad.

Sin embargo, el tema del transporte no es solo un problema de los limeños. Durante los últimos años, las quejas sobre el transporte urbano se han extendido a las ciudades del interior del país con mayor expansión geográfica, comercial o turística.

Ciudades como Cusco, Arequipa, Piura y Chiclayo, con gran expansión urbana, experimentan una congestión vehicular como producto del crecimiento del parque automotor y la mala planificación urbana.

El horrible tráfico en las calles de Lima se ha descentralizado. Las causas del problema son varias, entre ellas están los malos hábitos del ciudadano, la falta de planificación urbana y el aumento de unidades vehiculares.

Parque automotor. A principios de año, un medio de circulación nacional informó que el parque automotor en la ciudad del Cusco se había incrementado en 328% en los últimos 10 años. Es decir, de 35 mil unidades que circulaban por las calles de la Ciudad Imperial, hoy se cuentan más de 115 mil.

Del mismo modo, a mediados de 2015 se informaba en la edición de Correo Lambayeque que por las calles de Chiclayo circulaban 85 mil vehículos, lo que según la Coordinadora Regional de Transporte Público de Lambayeque (Cortpul) ha generado que el sistema de transporte de esa ciudad colapse.

Según los informes de diversas instituciones, el crecimiento del parque automotor se mantiene por las compras de vehículos en provincias, lo que explica el exceso de las unidades y el colapso de los sistemas de transporte en las provincias. (DIARIO CORREO, 2016)

En los últimos 17 años el Perú ha impulsado una política favorable para la Construcción de Obras Viales a lo largo y ancho del territorio, habiéndose ejecutado más de 15,000 kilómetros de carreteras con pavimentos asfálticos, según reportes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La dinámica se manifiesta en obras importantes como las carreteras interoceánicas que atraviesan transversalmente el territorio peruano por el norte, centro y sur. La Interoceánica Sur, parte de límites con Brasil terminando en puertos marítimos del Océano Pacífico; interconectando de esta manera pueblos del Perú y permitiendo que Brasil tenga salida al mar hacia los mercados orientales.

Considerando las redes viales de Perú y Bolivia, existen más de 4,000 km de carreteras ubicadas por encima de los 3,500 metros sobre el nivel del mar, que requieren una inversión de unos 3,000 millones de dólares, para ser asfaltadas o rehabilitadas. Los pavimentos de estas carreteras, comprendidos en la "categoría" de "pavimentos en zonas de altura", son afectados por una serie de 13 factores climatológicos, como temperaturas bajas, gradiente térmico, radiación solar intensa, y, por los efectos de flujos de agua superficial y subterránea, que determinan su deterioro prematuro y acelerado. Además, en dichas altitudes, existen problemas de escasez de materiales, a lo que converge la limitación de los países para contar con productos asfálticos de calidad garantizada.

Para dar solución al problema de diseñar y construir los pavimentos, de manera tal que pueda mantenerse estándares de performance adecuados, y, sobre todo, cumplirse con los períodos de diseño establecidos, se han elaborado métodos y criterios basados en la experiencia propia, muchos de los cuales han tenido un proceso evolutivo y otros, aún, se encuentran en fase de "experimentación". Algunas de las soluciones rompen los cánones de la tecnología convencional. La magnitud de la inversión requerida para la construcción de los proyectos, compromete el esfuerzo de los ingenieros viales, para la búsqueda de cada vez mejores soluciones. (GUERRERO, 2011)

Dado el carácter exportador de las principales actividades agrícolas y mineras, gran parte de las funciones operacionales y de toma de decisiones se desarrollan en la costa por la mayor facilidad y rapidez de comunicación con los mercados internacionales. Esto ha propiciado que en Trujillo se concentre la mayor parte de las actividades del sistema de transportes, permitiendo tener una comunicación permanente con los otros centros poblados mediante empresas de transportes de carga y pasajeros, sistemas de comunicación etc., convirtiéndolo en un centro clave de la red vial del departamento, porque es un punto confluyente de las vías provenientes del norte, sur y del interior, las que conectan con el principal puerto de Salaverry. Desde el punto de vista físico la región La Libertad cuenta con una red vial conformada por 4,241 Km., siendo de distintas características y tipos de superficie de rodadura, correspondiéndole a la costa el 25.50 % y a la sierra el 74.50%. De la longitud total (4,241 Km.), sólo el 12.40% (523 Km.) corresponde a carreteras asfaltadas, de los cuales el 12.30 % están ubicados en la costa y el 0.10 % en la sierra, específicamente en la provincia de Otuzco; el 14.00% (596 Km.)

corresponden a carreteras afirmadas de las cuales en la sierra se localizan el 12.40% y en la costa el 1.60%. El otro conjunto de caminos son vías sin afirmar y trochas carrozables, correspondiéndole 21.70% y 51.90% respectivamente, encontrándose la mayor parte de ellas en la sierra. (GOBIERNO REGIONAL, 2006)

La Urbanización San Miguel, tiene una topografía relativamente plana, se encuentra conectada con el sector a través de la Av. Metropolitana 1. El Planteamiento Urbano de la Urb. San Miguel, se caracteriza por su integración con la estructura urbana colindante de la ciudad.

La Habilitación del terreno en mención cuenta con un total de 10 manzanas que se integran a la estructura urbana de la Urbanización Virgen de la Puerta, con un total de 32,051.34m2 de área. Cuenta con 205 lotes, de los cuales 204 están destinados a uso Residencial y 1 a Recreación Pública, la configuración de los lotes son de uso residencial, cuya área varían en un rango de 90.00m2 a 300.00m2

La habilitación cuenta con la Avenida Metropolitana 1, calles y pasajes. Donde la Avenida Metropolitana 1, forma parte del sistema vial de la ciudad, En cuanto a las vías vehiculares que constituyen las calles, se caracterizan por haber mantenido su sección propuesta en la Reestructuración del Planeamiento Urbano Integral del sector La Esperancita, permitiendo una circulación vehicular fluida. Los pasajes completan la infraestructura vial y permiten el acceso peatonal a algunos lotes de vivienda.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC): es el órgano del Estado Peruano que busca lograr un racional ordenamiento territorial vinculado a las áreas de recursos, producción, mercados y centros poblados, a través de la regulación, promoción, ejecución y supervisión de la infraestructura de transportes y comunicaciones.

FUNCIONES DEL (MTC):

- Diseñar, normar y ejecutar la política de promoción y desarrollo en materia de Transportes y Comunicaciones.
- Formular los planes nacionales sectoriales de desarrollo.
- Fiscalizar y supervisar el cumplimiento del marco normativo relacionado con su ámbito de competencia.
- Otorgar y reconocer derechos a través de autorizaciones, permisos, licencias y concesiones.

- Orientar en el ámbito de su competencia el funcionamiento de los Organismos Públicos Descentralizados, Comisiones Sectoriales y Multisectoriales y Proyectos o entidades similares que los constituyan.
- Planificar, promover y administrar la provisión y prestación de servicios públicos, de acuerdo a las leyes de la materia.
- Cumplir funciones ejecutivas en todo el territorio nacional directamente o mediante proyectos especiales o entidades similares que los sustituyan respecto a las actividades que se señalan en su Reglamento de Organización y Funciones.

Susan Jackelin Gómez Vallejos (2014), "Diseño Estructural Del Pavimento Flexible Para El Anillo Vial Del Óvalo Grau – Trujillo - La Libertad" estudio de Tráfico y el procedimiento para diseño del pavimento flexible. Se justifica socialmente porque proporcionará una alternativa más adecuada para afrontar el problema del inadecuado servicio de transitabilidad y el mal estado de la superficie de rodadura, viéndose favorecidos los pobladores de la ciudad de Trujillo.

En el año 2006, se ejecutó un recapeo a las pistas adyacentes al Óvalo Grau y Av. La Marina, mejorando la zona solo a nivel de superficie de rodadura.

Kimiko Katherine Harumi Rengifo Arakaki, "Diseño De Los Pavimentos De La Nueva Carretera Panamericana Norte En El Tramo De Huacho A Pativilca (Km 188 A 189)" La carretera Huacho – Pativilca tiene 57 kilómetros de longitud y conecta las ciudades de Huacho, Huaura, Medio Mundo, Supe, Barranca y Pativilca. En general, la Panamericana Norte es una carretera interprovincial que conecta todos los departamentos de la Costa. El tramo de estudio de esta tesis une a las provincias de Barranca y Huaura. Cabe resaltar que entre las particularidades de la zona se incluye el tránsito de gran porcentaje de vehículos pesados. Además presenta un clima templado y con pocas precipitaciones.

Posso Mendoza, Jorge Luis Concepción, "Mejoramiento De Calles Mediante La Pavimentación De Pistas, Muros De Contención Y Veredas Del Jr. Túpac, Amaru, Distrito De Puquio, Provincia De Lucanas -Ayacucho" El presente estudio logrará garantizar las obras necesarias para obtener adecuadas condiciones para la transitabilidad peatonal y vehicular en la Jr. Túpac Amaru.

ODEBRECHT PERÚ. Entre los nombres de empresas constructoras en el país, Odebrecht, de origen brasileño, es una de las más reconocidas. Incursionó en

territorio peruano en 1979 con la construcción en Arequipa de la única hidroeléctrica a escala mundial que opera en un volcán.

Posteriormente, fue afirmando su presencia en el sector con la erección de excelentes obras y, por ejemplo, en 2014 sus dos principales firmas, Odebrecht Perú Ingeniería y Construcción S.A.C y la Constructora Norberto Odebrecht S.A., lograron obtener contratos estatales que ascienden a S/. 486 millones.

COSAPI. Es el resultado de la unión entre el consorcio argentino SADE y la empresa constructora PIVASA, que fue fundada en 1960 por los peruanos Walter Piazza Tangüis y José Valdez Calle.

Con esfuerzos de innovación y espíritu de equipo, la empresa se ha hecho cargo de edificar proyectos como el centro comercial más grande del país: el Jockey Plaza Shopping Center, ubicado en el distrito de Surco. Actualmente, entre las diversas obras de su responsabilidad, está la construcción de la nueva sede del Banco de la Nación, que será el edificio más alto de Lima. Para lograrlo, como es lo característico de la empresa, se están aplicando nuevas tecnologías en la ejecución del proyecto, el cual se espera que esté concluido a fines del presente mes de julio.

Como sabemos los pavimentos es una estructura que se diseña y se forma mediante un conjunto de capas construidas sobre el suelo de fundación, con la finalidad de ser utilizado como una superficie apta para el libre tránsito de vehículos de tipo liviano, pesado y comercial; y donde la circulación se hace de manera rápida, confortable, segura y económica. Y Para su construcción existen varias empresas constructoras como COSAPI que es especialista en suelos, pavimentos y saneamiento. También tenemos ODEBRECHT que opera en los sectores de Ingeniería, Infraestructura, Industria, Energía, Transportes y Medio.

El problema central se define como:

"Inadecuadas condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal en las calles en el sector de San Miguel" ocasionando malestar en los pobladores.

El diagnóstico de la situación actual del ámbito de intervención, que describe y explica en gran parte la condición y estado de la realidad, ha permitido establecer que el problema principal que afecta principalmente a la población del sector de san miguel son las "inadecuadas condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal en

las calles del sector de san miguel , siendo la causa principal la Infraestructura vial con características técnicas y de diseño inadecuadas al contexto urbano existente.

Las principales causas del problema:

Principales causas: Entre las principales causas identificadas que generan el problema central están:

Qué principales calles no cuentan con calzada para la transitabilidad vehicular y peatonal. Tienen una Inadecuada arborización y ornato.

Causas Directas:

Son las Altas tasas de contaminación del aire debido a emisiones de partículas suspendidas, Cuenta con una Inadecuada infraestructura para la transitabilidad peatonal. Ocasionando Frecuentes malestares en los peatones. Ya que no cuenta con una superficie de rodadura vehicular. También ocasiona daños al patrimonio público y privado. Daños a la salud de las personas. Incremento de los desequilibrios en la oferta y demanda comercial. Bajo crecimiento urbano y desarrollo económico.

La construcción del pavimento proporciona mejoramiento de la rodadura de ingreso al parque, se espera solucionar el ordenamiento vehicular.tiene como principal objetivo contar con una adecuada condición de transitabilidad vehicular y peatonal por las calles del sector San Miguel del distrito de Trujillo.

Con la pavimento de las calles de san miguel se quiere solucionar una de las necesidades primordiales a nivel urbano e industrial, mejorándose de esa manera la red vial existente local. Posibilitará la descongestión, principalmente vehicular que hoy circulan por estas calles.

Sabemos que un pavimento es una estructura en la superficie de apoyo y el rodado de vehículos de personas, de animales, en forma rápida, cómoda y segura. Deben ser resistentes a las cargas que le serán aplicadas, y a las inclemencias del tiempo, es por ello que en muchas oportunidades cuando viajamos, vemos carteles que indican la carga máxima permitida en ese tramo del pavimento, sea en una calle, avenida o ruta, que es calculada en kilos. No se debe dejar de lado la comodidad, y la estética, ya que los usuarios necesitan de ambas cosas. En efecto un camino o ruta deben soportar perfectamente las cargas producidas por el tránsito, ocasionadas por los diferentes desplazamientos en la superficie. Para las mezclas de la construcción de las avenidas o rutas, hay que tener cuidado con el agua que si esta se encuentra en grandes cantidades dentro de los materiales de construcción de las carreteras, pueden

ocasionar muchas veces la pérdida de la capacidad de soporte, puesto que ese exceso de agua lubrica los componentes

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la propuesta de diseño de pavimento flexible para el mejoramiento de la transitabilidad de la calle I del centro urbano informal del sector san miguel distrito de Trujillo, 2017?

Esta propuesta está orientada a reducir el déficit de calles sin pavimentos, con la finalidad de mejorar accesibilidad a las viviendas, y de ésta al equipamiento y servicios; fortalecer el tejido social y la organización local, y mejorar la calidad ambiental del entorno. La necesidad de contar con una mejora en la calidad de vida de la población, minimizando los riesgos de accidentes, y mejor transitabilidad de los lugareños es que se hace necesario proyectar dicha obra.

1.3 JUSTIFICACION.

Esta propuesta de diseño se justifica socialmente porque proporcionará una alternativa más adecuada para afrontar el problema del inadecuado servicio de transitabilidad y el mal estado de la superficie de rodadura, viéndose favorecidos los pobladores de la ciudad de Trujillo.

Con este proyecto se beneficiarán los moradores y vecinos del CIU SAN MIGUEL I, II y III y PI. Los Ángeles Progresiva Metropolitana. Donde se ejecutará el proyecto.

El proyecto de inversión pública tiene un gran apoyo a partir del punto que se le brinda la viabilidad, pues es el estudio de pre-inversión donde se contempla la justificación de este

En el estudio de un proyecto de inversión pública a nivel de perfil, lo que se busca es declarar viable el proyecto, tratando de enfocar la importancia de este. El estudio de suelos para la construcción de una estructura de importancia es necesario, pues toda estructura vial está expuesta a muchos riesgos si es que no se cuenta con la máxima seguridad técnica y científica.

Una importante decisión para la realización del proyecto de pavimentación, construyendo un pavimento. Para esto se tuvieron que analizar las desventajas y

ventajas que ofrecen los diferentes tipos de pavimentos que se utilizan en proyectos vehiculares.

La simple observación directa de la movilidad del tránsito en los diferentes proyectos urbanísticos, permite reducir rápidamente la presencia de un problema de inestabilidad de la sub-rasante en el material encontrado donde se tiene localizado el proyecto.

El presente proyecto se justifica en razón de que una vez intervenida las calles del sector san miguel, esta actuación contribuye a:

Mejorar el ornato del sector cuidando los alineamientos de las secciones viales y evitando que los propietarios de los terrenos adyacentes a las vías invadan la infraestructura construida.

• El goce y disfrute del espacio público por parte de los habitantes de la urbanización.

• El mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del sector en razón de la facilidad para el acceso a los servicios públicos.

• El mejoramiento del tráfico vehicular pues las viviendas tendrían acceso directo.

• La disminución de las infecciones gripales a causa del polvo.

Este trabajo se justifica por mejorar la calidad de vida de los pobladores tales como: mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal.

Prevenir las enfermedades respiratorias producto del polvo y enfermedades intestinales por la presencia de basura al existir saneamiento.

Este proyecto se justifica académicamente porque permite aplicar procedimientos y metodologías para realizar el diseño de estructura de la pavimentación de las calles del sector de san miguel.

Se justifica porque está orientado a la metodología AASHTO 93 para el diseño del pavimento flexible y a la comparación de las Normas de suelo y pavimentos para el cumplimiento de los estudios de suelos y tráfico.

Este Trabajo de Mejoramiento Del Servicio De Transitabilidad En La Calle I Del Sector San Miguel Pretendemos Dar Una Alternativa De Estudio Para Los Futuros Tesistas De Ingeniería.

1.4. LIMITACIONES.

Las limitaciones o dificultades que sea tenido es la inadecuada planificación urbana debido al incumplimiento de los pobladores en no regirse a la planificación urbana determinada por las municipalidades (PLANDET).

Existencia de áreas o terrenos que no cuentan con la formalización física y legal en las oficinas de la municipalidad, en la actualidad este lugar se encuentra como zona rustica lo cual no permite elaborar un proyecto integral para la pavimentación de las calles en toda zona.

1.5. OBJETIVOS.

1.5.1. Objetivo General.

El presente proyecto de tiene como principal objetivo contar con una adecuada condición de transitabilidad vehicular y peatonal por las calles del sector San Miguel del distrito de Trujillo – La Libertad.

Estudiar y comprender más a fondo tanto el diseño como la construcción y así poder realizar más estudios y pruebas que puedan dar un mayor desarrollo a la tecnología en la construcción de vías de comunicación.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector san miguel.
- Disminuir las enfermedades ocasionadas por el polvo y el mal estado de las calles.
- Diseñar la estructura del pavimento flexible mediante la metodología AASHTO.
- Minimizar la congestión vehicular ocasionada por la falta de pavimentación.
- Investigar los tipos básicos de pavimentación Generalmente utilizados,
- Efectuar un estudio topográfico, con el objetivo de conocer los puntos clave en la longitud de la vía.
- Realizar los estudios de Mecánica de Suelos.
- Realizar el estudio de impacto socio ambiental con la finalidad de evaluar el medio ambiente antes, durante y después del proyecto.

CAPITULO II. MARCO TEORICO.

2.1. ANTECEDENTES.

2.1.1 "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU – TRUJILLO - La Libertad"

(Susan Jackelin Gómez Vallejos, 2014). Diseñar una estructura con una superficie de rodadura uniforme y que resista las diferentes cargas de tránsito. Se analizó los métodos y técnicas que están involucrados en durabilidad y resistencia ya que está relacionado a lo económico y social. Este proyecto presenta una estructura de pavimento flexible, debe someterse a criterios de comportamiento de la zona de ubicación, como el tránsito, la resistencia de los materiales actuantes, clima y al nivel de servicio social. Se determinó que todo el diseño del pavimento flexible se hiso de acuerdo al método AASTHO -93.

Esta investigación presenta la alternativa de pavimento por los métodos AASTHO E INVIAS para medios y altos volúmenes de tránsito, que incluye la ejecución de diversas actividades tales como la caracterización geotécnica y las condiciones de tránsito de la vía, de tal forma que los trabajos de construcción se realicen de acuerdo a los diseños de la vi del anillo.

2.1.2 "ANÁLISIS SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA EL MANTENIMIENTO DE VÍAS EN LA REGIÓN DE PUNO"

(Katia Humpiri Pineda, 2015), realizar una investigación sobre la superficie de rodadura de nivel de severidad baja, media y alta. Se ejecutó el análisis de las causas de deterioro de la sub-rasante. Se realizó una adecuada evaluación de la vía indispensable para encontrar el tipo adecuado de mantenimiento a emplear, para conservación vial de manera adecuada. Se determinó con la investigación, las fallas superficiales en pavimentos flexibles ya que hay una gran variedad de fallas, las cuales ayudarán a los ingenieros viales.

Este estudio aporta una información adicional ya que está relacionado al análisis de las fallas y deterioros de los pavimentos. Ya que un pavimento es un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados, y que está diseñado para resistir los esfuerzos que las cargas sometidas del tránsito le imponen durar el tiempo para lo

cual fue diseñada, también debe resistir las deformaciones máximas de los materiales que conforman el pavimento

2.1.3 "DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS DE LA NUEVA CARRETERA PANAMERICANA NORTE EN EL TRAMO DE HUACHO A PATIVILCA (KM 188 A 189)"

(Kimiko Katherine Harumi Rengifo Arakaki, 2014). Efectuar un diseño de pavimento flexible con la ayuda del método de (AASHTO) y la del Instituto del Asfalto (IA), mientras el pavimento rígido será con método de (AASHTO) y la de la Portland Cement Association (PCA). Se ejecutó una investigación monetaria comparativa para ver cuál de los dos pavimentos es el más adecuado para esta estructura. Se realizaron los análisis comparativos de los métodos y se hizo una comparación monetaria del costo de inicio del proyecto. Se determinó que los métodos analizados son aplicables. Pero en base al costo el pavimento flexible es el más rentable para la estructura.

Este estudio brinda conocimiento en cuanto a los tipos de pavimentos se puede utilizar y con qué métodos se puede realizar un análisis económico, y que una vez obtenidos los diseños finales de ambos pavimentos se puede hacer una comparación monetaria en cuanto al costo de inicio del proyecto

2.1.4. "DISEÑO DE LA VÍA TIMANÁ – COSANZA EN PAVIMENTO FLEXIBLE"

(JOSÉ ANTONIO SALAMANCA ORDÓÑEZ, OSCAR JAVIER GODOY BAUTISTA, 2013). Realizar un análisis del diseño de pavimentación flexible y que brinde soluciones al municipio de TIMANÁ. Se efectuó la búsqueda de información crucial del lugar terreno, área, planimetría. Se octavo la información en el POT., a esto se le añadió el diseño de pavimentos a través del método AASHTO Y para las deflexiones con el programa DEPAV. Se determinó que la zona cuenta con materiales propios siendo beneficiario para mejorar el proyecto y monetariamente.

Esta investigación es importante porque nos permite aprovechar los recurso de la zona para la construcción para no tener que gastar tanto en el costo inicial de un pavimento ya que la durabilidad de la estructura está ligada a factores económicos y sociales. De esta manera cumplir con el diseño de vías con pavimento flexible en beneficio de pobladores con bajos recursos.

2.1.5. "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ALTERNATIVO PARA LA AVENIDA CIRCUNVALACION SECTOR GUACAMAYO 1°ETAPA"

(ERWIN WALTER FONTALBA GALLARDO, 2015). Realizar un diseño alternativo para en la avenida circunvalación 1°etapa. Se ejecutó una investigación del lugar donde se ubica el proyecto de esta forma conocer las cualidades físicas y el flujo vehicular. Se realizó una semejanza de los análisis obtenidos de los métodos (AASHTO, DISPAV-5) con respecto a las capas del pavimento. También se hizo una comparación económica de los métodos de diseño. Se determinó que no existe disimilitudes entre las extensiones de capas del pavimento para los dos métodos de diseño, solo en la capa regular se encontraron diferentes conclusiones. En el AASHTO 93 un grosor menor que el método DISPAV-5. Para las capas de asfalto se encontraron el mismo grosor para los dos métodos.

2.1.6. "ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE EL PAVIMENTO RÍGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE"

(FARINANGO BILBAO DANIELA RAQUEL, 2014). Realizar el análisis comparativo de costos entre el pavimento rígido y pavimento flexible. Se realizó el análisis y el diseño para ambos tipos de pavimentos y así poder hacer una comparación estructural. Se obtuvo las muestras necesarias en número y cantidades suficientes para su posterior análisis en ensayos en laboratorio y, finalmente, con los datos obtenidos en ambas fases se pasará a la fase de gabinete, se obtuvo como resultado que la capa de rodadura en un pavimento rígido aumenta su resistencia en el tiempo y resiste derrame de gasolina y diesel, mientras que el pavimento flexible se deteriora con el paso del tiempo y se desintegra con el derrame de los combustibles.

El aporte que brida es cuanto a su durabilidad, es que capa de rodadura en un pavimento rígido aumenta su resistencia en el tiempo y resistente a derrame de combustibles, mientras que el pavimento flexible se deteriora con el paso del tiempo y se desintegra con el derrame de los combustibles.

2.2. BASES TEORICAS.

Definición De Pavimento:

Un pavimento es una estructura cuya finalidad es permitir el tránsito de vehículos y puede estar conformada por una o varias capas superpuestas. Las principales funciones que debe cumplir un pavimento son "proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito" (RICO, 1999). Además debe ser resistente al desgaste debido a la abrasión producida por las llantas y tener buenas condiciones de drenaje. En cuanto a la seguridad vial debe presentar una textura apropiada de acuerdo a la velocidad de circulación de los vehículos para mejorar la fricción, debe tener un color adecuado de tal manera que se eviten los reflejos y deslumbramientos. Con el fin de brindar comodidad a los usuarios, debe procurar tener regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal. También se debería tener en cuenta en el diseño medidas para disminuir el ruido de la rodadura. Como toda obra de infraestructura los factores de costo y de vida útil son muy importantes por lo que el pavimento debe ser durable y económico. (MONTEJO, 2006)

Existen varios tipos de pavimento; sin embargo, sólo se profundizará en dos por el alcance del presente trabajo: flexible y rígido. (MONTEJO, 2006)

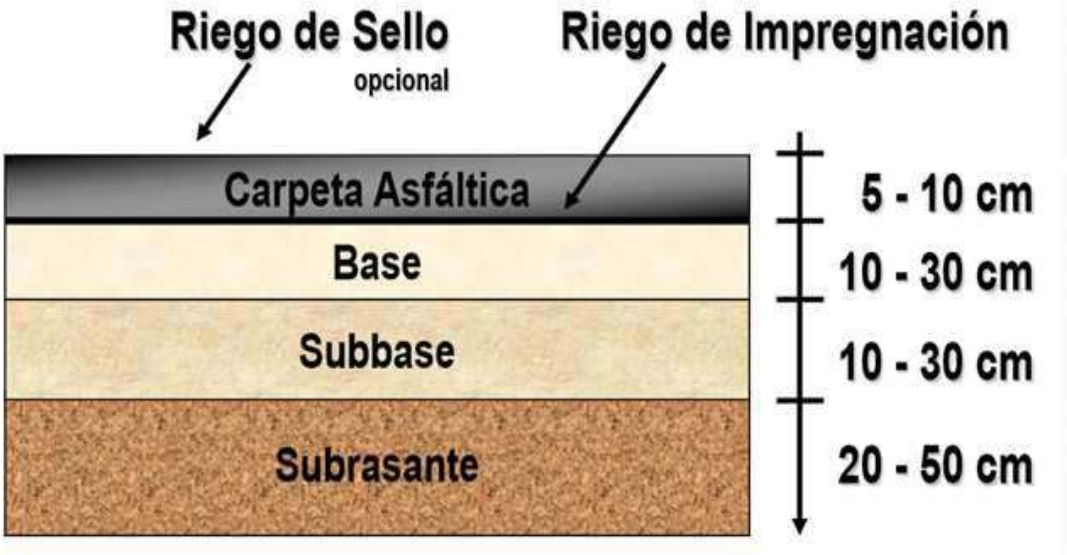
2.2.1. Tipos de Pavimento

2.2.1.1. Pavimento Flexible

En general, están constituidos por una capa delgada de mezcla asfáltica construida sobre una capa de base y una capa de sub-base las que usualmente son de material granular.

Estas capas descansan en una capa de suelo compactado, llamada subrasante.

Corte transversal.



Figuras 1: Corte transversal del pavimento flexible.

Este tipo se caracteriza por estar conformado en la superficie por una capa de material bituminoso o mezcla asfáltica que se apoya sobre capas de material granular, las cuales generalmente van disminuyendo su calidad conforme se acercan más a la subrasante. Esto se debe a que los esfuerzos que se producen por el tránsito van disminuyendo con la profundidad y por razones económicas.

La teoría que se utiliza para analizar su comportamiento es la teoría de capas de Burmister. (HUANG, 2004)

Las características fundamentales que debe cumplir un pavimento flexible son: (RICO, 1999)

- Resistencia estructural: el pavimento debe ser capaz de soportar las cargas debidas al tránsito de tal manera que el deterioro sea paulatino y que se cumpla el ciclo de vida definido en el proyecto.

  La causa de falla en este tipo de pavimentos con mayor aceptación es los esfuerzos cortantes. Sin embargo, también se producen esfuerzos adicionales por la aceleración y frenado de los vehículos así como esfuerzos de tensión en los niveles superiores de la estructura al deformarse esta verticalmente debido a la carga que soporta. Asimismo, el pavimento se encuentra sometido a cargas actuantes repetitivas. Éstas afectan a largo plazo la resistencia de las capas de relativa rigidez, que en los pavimentos flexibles serían sobre todo las carpetas y bases estabilizadas, donde podrían ocurrir fenómenos de fatiga.

Además, la repetición de cargas puede causar la rotura de los granos del material granular modificando la resistencia de estas capas.

- Deformabilidad: el nivel de deformación del pavimento se debe controlar debido a que es una de las principales causas de falla en la estructura y si la deformación es permanentemente, el pavimento deja de cumplir las funciones para las cuales fue construido. Se presentan dos clases de deformaciones en una vía: elásticas (recuperación instantánea) y plásticas (permanentes).

- Durabilidad: una carretera que tenga un ciclo de vida prolongado en condiciones aceptables no sólo evita la necesidad de construcción nueva, sino también la molestia de los usuarios de la vía al interrumpir el tránsito.
- Costo: se debe hallar un equilibrio entre el costo de construcción inicial y el mantenimiento al que tendrá que ser sometida la vía. Asimismo influye la calidad y la disponibilidad de los materiales para la estructura.

- Requerimientos de la conservación: las condiciones de drenaje y sub-drenaje juegan un rol decisivo en el ciclo de vida del pavimento.

- Comodidad: una carretera tiene que resultar cómoda para los usuarios.

Las capas que generalmente componen la estructura de un pavimento flexible son las siguientes: (MONTEJO, 2006)

- Carpeta asfáltica: es la capa superficial de la estructura. Tiene tres funciones principales: servir como superficie de rodamiento uniforme y estable para permitir el tránsito, impermeabilizar la estructura para evitar en lo posible la percolación del agua al interior del pavimento y ser resistente a los esfuerzos producidos por las cargas aplicadas.

- Base: sirve como apoyo a la carpeta asfáltica y transmite los esfuerzos producidos por el tránsito a las capas inferiores en un nivel adecuado.

- Sub-base: principalmente cumple con una función económica ya que permite la utilización de materiales de menor calidad en un porcentaje del espesor del

pavimento. Entonces, dependiendo de la calidad y el costo del material disponible, se puede utilizar sólo base o sub-base y base. Con la construcción de la sub-base, puede ser que el espesor final de la capa sea mayor pero aun así resultar en un diseño más económico.

Además puede servir como una capa de transición ya que actúa como un filtro que separa a la base de la subrasante impidiendo que los finos penetren en la primera y la dañen estructuralmente.

Esta capa ayuda a controlar los cambios volumétricos que podrían tomar lugar en la subrasante debido a cambios en su contenido de agua o a cambios de temperatura. De esta manera, las deformaciones serían absorbidas por la sub-base evitando que se reflejen en la carpeta asfáltica.

En cuanto a resistencia cumple la misma función que las capas superiores de transmitir los esfuerzos a la subrasante.

Por último, a través de esta capa se puede drenar el agua e impedir la ascensión capilar.

Además en la fase de construcción se pueden utilizar ciertos tratamientos como: la capa de sellado que se coloca encima de la carpeta asfáltica para impermeabilizar la superficie, el riego de liga y la capa de imprimación que sirven para asegurar la adherencia entre asfalto antiguo y nuevo en el primer caso, y entre el material granular y la mezcla asfáltica que se colocará encima en el segundo.

Desde que se comenzaron a construir pavimentos flexibles se han ido elaborando teorías y desarrollando mejoras para el diseño y el análisis de estas estructuras. Algunos de estos avances son mencionados por Huang. (HUANG, 2004)

Los métodos de diseño pueden ser clasificados dentro de cinco categorías y se detallan a continuación:

- Métodos empíricos: se caracterizan, como su nombre lo indica, por estar basados en datos recolectados de campo. Justamente esta característica resulta una desventaja en sí misma ya que el método sólo puede ser utilizado bajo las condiciones ambientales, de los materiales y de carga de las muestras originales. Los resultados no pueden ser extrapolados directamente y haría falta desarrollar un nuevo método para corregir este inconveniente.

- Métodos para limitar la falla por corte: el objetivo de estos métodos es evitar que la falla por corte ocurra. Para esto se deben tener en cuenta principalmente las propiedades de cohesión y el ángulo interno de fricción del suelo de las diferentes capas del pavimento y de la subrasante.

  Este procedimiento ya no es tan popular debido a que con el incremento del volumen del tráfico y la mayor velocidad a la que llegan los vehículos se hace necesario brindar comodidad a los usuarios y no solo prevenir la falla por corte de los pavimentos.

- Métodos para limitar las deformaciones: con estas técnicas se diseña el pavimento con un espesor que impida que se exceda el límite permisible de deflexiones verticales.

  La ventaja de utilizar deflexiones como criterio principal es que se pueden medir directamente en campo. Sin embargo, se debe tener en cuenta que gran cantidad de pavimentos fallan por esfuerzos y tensiones mayores que los esperados y no por deflexiones.

- Métodos de regresión basados en el desempeño de los pavimentos o en las pruebas de las carreteras: estos procedimientos se caracterizan por utilizar ecuaciones de regresión basadas en los resultados de pruebas de caminos existentes. No obstante, presenta la misma desventaja que el método empírico en que dichas ecuaciones sólo corresponden a las condiciones del lugar en que se encontraba la vía.

- Métodos mecanísticos empíricos: estos métodos incorporan la mecánica de materiales y los datos obtenidos del rendimiento en campo de los pavimentos. Mediante estas metodologías se llega a relacionar las solicitaciones a las que se ve sometida la estructura con la respuesta de la misma, por ejemplo la carga de las llantas con los esfuerzos ocasionados.

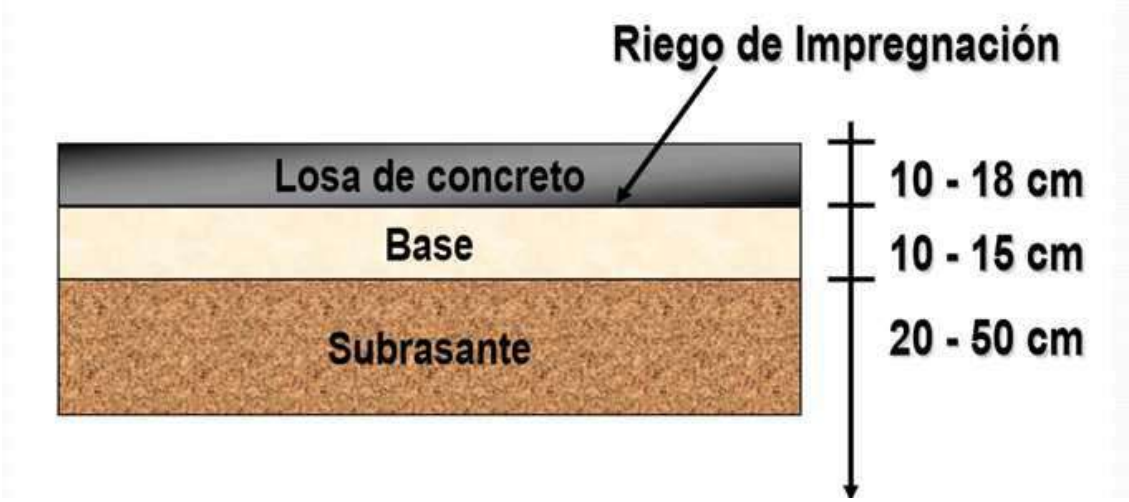
  Utilizando este procedimiento se ha podido incrementar la confiabilidad del diseño y predecir el tipo de desgaste o deterioro que podría presentar el pavimento. Asimismo, al contrario de otros métodos antes mencionados, se puede extrapolar a partir de los datos de ciertas zonas o condiciones en que se llevan a cabo pruebas a otras circunstancias.

Un hito importante en el desarrollo de los pavimentos flexibles fue la creación de los conceptos de serviciabilidad y confiabilidad, los cuales se explicarán más a detalle posteriormente en el capítulo de diseño. (HUANG, 2004)

2.2.1.2. Pavimento Rígido.

El elemento estructural primordial en este tipo de pavimento consta de una losa de concreto que se apoya directamente en la subrasante o en una capa de material granular seleccionado denominada sub-base. (MONTEJO, 2006)

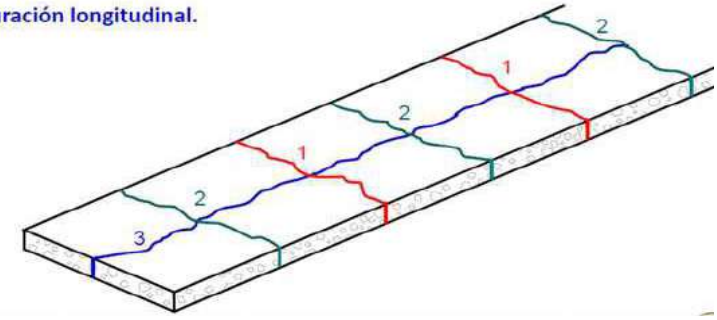
Corte Transversal.



Figuras 2: Corte transversal de pavimento rígido.

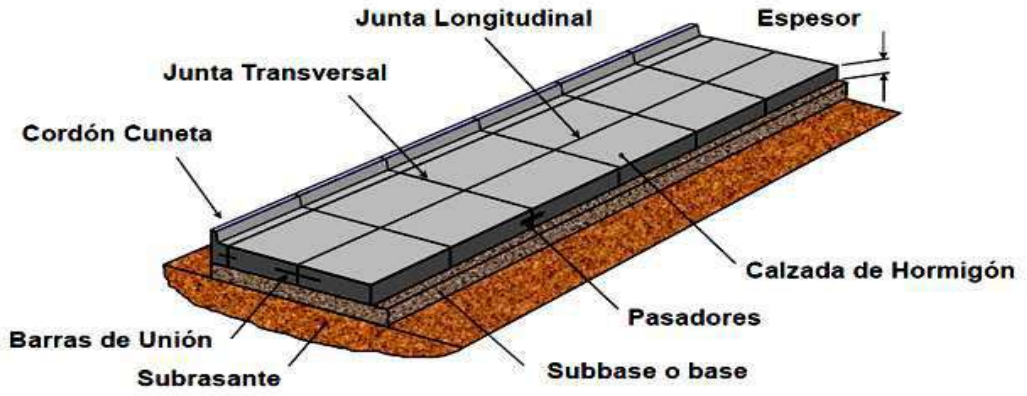
Desarrollo Natural De Fisuras.

1. Fisuración inicial (transversal)
2. Fisuración intermedia (transversal).
3. Fisuración longitudinal.



Figuras 3: Fisuras.

Componentes Principales Del Sistema.



Figuras 4: Componentes principales del sistema.

La necesidad de utilizar la sub-base surge sólo si la subrasante no tiene las condiciones necesarias como para resistir a la losa y las cargas sobre esta; es decir, que no actúe como un soporte adecuado.

Una de las diferencias más saltantes entre los pavimentos flexibles y rígidos es la forma en que se distribuyen los esfuerzos producidos por el tránsito sobre ellos. Debido a que el concreto es mucho más rígido que la mezcla de asfalto, éste distribuye los esfuerzos en una zona mucho más amplia.

Del mismo modo, el concreto presenta un poco de resistencia a la tensión por lo que aún en zonas débiles de la subrasante su comportamiento es adecuado. Es por ello que la capacidad portante de un pavimento rígido recae en las losas en vez de en las capas subyacentes, las cuales ejercen poca influencia al momento del diseño. (MONTEJO, 2006)

Otra diferencia importante es la existencia de juntas en los pavimentos rígidos, las que no se presentan en los flexibles. Es así como la teoría de análisis que se utiliza para la primera clase de pavimento es la teoría de placa o plancha en lugar de la teoría de capas utilizada para los caminos asfaltados. (HUANG, 2004)

La resistencia del concreto utilizada usualmente es alta, entre 200 y 400 kg/cm2. Por su parte las losas pueden ser de concreto simples, reforzadas o pre-esforzadas. (RICO, 1999)

Otro Autor Clasifica Los Pavimentos Rígidos De La Siguiente Manera**:** (HUANG, 2004)

- Pavimento articulado de concreto simple o Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP): es la solución más económica con juntas espaciadas de manera cercana.

- Pavimento articulado de concreto reforzado o Jointed Reinforced Concrete Pavement (JRCP): si bien el refuerzo no aumenta la capacidad portante de la estructura, si permite espaciar las juntas un poco más. Asimismo, análogamente a otra estructura de concreto reforzado como una viga, el acero puede mantener el concreto unido en caso se produzca una grieta o rotura.

- Pavimento continúo de concreto reforzado o Continuous Reinforced Concrete Pavement (CRCP): con esta clase se pueden eliminar las juntas transversales pero el espesor de la losa es igual al de los dos tipos antes mencionados (JPCP y JRCP).

- Pavimento de concreto pre-esforzado o Prestressed Concrete Pavement (PCP): al ser aplicada una pre-compresión, los esfuerzos de tensión o tracción disminuyen cuando la estructura es sometida a cargas. Por lo tanto, la probabilidad de agrietamiento es menor y también se puede utilizar un menor número de juntas transversales.
  No obstante, no es una solución ni muy económica ni muy práctica si se tiene en cuenta el enorme trabajo que implica la etapa de construcción.

  Son dos las capas que forman parte de un pavimento rígido, la sub-base y la losa de concreto, y sus funciones se detallan a continuación:

➢ Sub-base o base: los distintos autores citados en el presente documento concuerdan en que las funciones de la sub-base deberían ser las siguientes:

- Servir como apoyo uniforme a la losa.

- Control de bombeo: se debe tratar de evitar el bombeo, eyección de agua con suelo (mayormente finos), a través de las juntas, grietas y extremos del pavimento. El agua proviene de la infiltración por medio de las juntas, luego por acción de los

movimientos repetitivos de la losa, por las pesadas cargas axiales del tránsito, los finos se van segregando y se licúan para posteriormente salir a la superficie.

Para que ocurra el bombeo se necesita que el suelo se encuentre saturado, por ello contar con un adecuado sistema de drenaje es una de las medidas más eficientes para contrarrestar ese efecto.

- Mejorar el drenaje: otra opción a la situación descrita en el párrafo anterior es el uso de la sub-base para elevar el pavimento en caso la napa freática se encuentre muy superficial. Además utilizar material uniformemente gradado para que conforme la capa, permitiría que el agua sea drenada rápidamente evitando la acumulación.

- Reducir las consecuencias del congelamiento de los suelos: el limo es más susceptible al congelamiento que la arcilla por lo que habría que limitar el porcentaje existente en la sub-base. Para que se produzca congelamiento debe haber una fuente continua de agua, entonces si la napa freática se encuentra muy cercana a la sub-base se podría optar por deprimirla.

- Controlar los cambios de volumen de la subrasante y disminuir los efectos que tales cambios puedan producir en la superficie.

- Aumentar un poco la capacidad portante del suelo de la subrasante.

- Facilitar la construcción: la sub-base se puede usar como plataforma para el paso de los equipos pesados de construcción.

➢ Losa de concreto: sus funciones son similares a las de la carpeta asfáltica además de soportar y transmitir adecuadamente los esfuerzos provenientes de la superficie a las capas inferiores.

El principal criterio de diseño de un pavimento rígido considerado hasta hoy es el esfuerzo debido a la flexión. Los primeros diseños consideraban que el esfuerzo debido a cargas en las esquinas de la losa era el más crítico. No obstante, ahora es el esfuerzo en los extremos de la losa, debido a las cargas en el borde, el que se considera más crítico. Al igual que en los pavimentos flexibles, también en los

rígidos se desarrollaron diversos métodos de análisis y diseño. Seguidamente se nombran algunos de ellos: (HUANG, 2004)

- Soluciones analíticas: son tres, la fórmula de Goldbeck, el análisis de Westergaard basado en fundaciones o cimientos líquidos y el análisis de Pickett basado en cimientos sólidos. La primera considera al pavimento como una viga con una cara concentrada en la esquina. La segunda asume que la presión reactiva entre la losa y la subrasante en un punto es proporcional a la deflexión en ese mismo punto, así como que la losa y la capa inferior se encuentran en contacto pleno. El método de la PCA se basa en este análisis. Por último, el análisis de Pickett desarrolló soluciones teóricas en las cuales las losas de concreto se desenvolvían en un medio-espacio elástico.

- Soluciones numéricas: en las soluciones analíticas se asumió que la losa y la capa adyacente se encontraban en contacto total pero en la realidad este hecho no se cumple. Por ende, se desarrollaron métodos de elementos discretos y de elementos finitos.

Debido a que el comportamiento o la respuesta del pavimento no siempre se podrá predecir con total seguridad a partir de resultados teóricos fue necesario recopilar y cotejar con datos reales de desempeño. Es así como se reconoció lo siguiente:

- Fatiga del concreto: un esfuerzo de flexión repetido no causa necesariamente la ruptura del concreto siempre y cuando no se exceda el cincuenta por ciento del módulo de ruptura.

- Bombeo: con el incremento del tráfico en las carreteras, se hizo evidente el importante rol que desempeñaba el tipo de subrasante que existía bajo el pavimento para su funcionamiento. Es así como se determinó que el uso de material granular como base ayudaba a contrarrestar el bombeo.

En resumen el espesor y tipo de pavimento dependerá fundamentalmente de dos aspectos: las cargas y las solicitaciones climáticas a las que se verá sometido y al material que compone el suelo donde se va a asentar. (HUANG, 2004)

2.2.2. Datos necesarios para el diseño

Aunque algunas metodologías pueden variar entre sí, los siguientes factores son necesarios para el diseño del pavimento en la mayoría de ellas:

2.3.1. Estudios topográficos

2.3.2. Estudios de mecánica de suelos

2.3.3. Estudios hidrológicos-pluviométricos

2.2.3. Estudios de tráfico

Uno de los aspectos más importantes, si no el determinante para el diseño es determinar el flujo de vehículos; es decir, qué tipo de vehículos transitan por la zona a analizar, según la clasificación del Reglamento Nacional de Vehículos. (MTC, 2003) y con qué frecuencia lo hacen.

Asimismo, una vez obtenida esta información es necesario estimar una tasa de crecimiento para proyectar cuál será el flujo de vehículos dentro de los años que contemplará el diseño.

Este flujo vehicular se expresa utilizando un parámetro conocido como ESAL (Equivalent Single Axle Load) o carga equivalente de eje simple, que considera un eje simple equivalente de 18 kips. Este valor representa el efecto dañino que producen los vehículos sobre el pavimento. O el valor del consumo de fatiga y el daño por erosión en el caso de la metodología de la PCA.

2.2.4. Clasificación de los vehículos

Según el Reglamento Nacional de Vehículos, estos se clasifican según la cantidad y el tipo de ejes que lo componen (simple, tándem o trídem), además del peso máximo permitido para cada uno de ellos. El peso bruto vehicular máximo permitido es de 48 toneladas. Asimismo, el máximo peso permitido.

Con esta clasificación se determina el tipo de vehículo que transita por la zona de acuerdo al tipo de ejes que lo conforman y a la cantidad de ellos. Esto es importante porque dependiendo del peso que cargue cada eje se le asignará un factor destructivo sobre la vía dependiendo del tipo de pavimento a utilizar.

2.2.5. Estimación de la tasa de crecimiento.

Se requiere de datos históricos que ayuden a tener una idea de cómo va aumentando la cantidad de vehículos que transitan por esa carretera. Depende de las actividades de la zona, del crecimiento poblacional, etc.

2.2.6. Factores destructivos.

Para hallar el número de ejes equivalentes que se presentan en el tramo, primero se debe uniformizar los tipos de vehículos que circulan bajo un mismo estándar. Dicho estándar está representado por el factor equivalente de carga por eje, teniendo como base los ejes de 18 kip u 80 kN. Este factor es el denominado factor destructivo.

Cada eje que conforma algún vehículo tiene un peso que puede ser igual o diferente a la carga estándar. Para el caso de nuestra Norma, todos son diferentes por lo que resulta necesaria la aplicación de factores.

Por otro lado, dependiendo del tipo de pavimento a utilizar, existen dos ecuaciones diferentes para estimar estos factores. Si el pavimento es flexible se utilizarán los valores proporcionados por el Instituto del Asfalto, en cambio si es rígido se utilizarán los de la AASHTO.

2.2.7. Proyección del tráfico.

Una vez obtenidos el tránsito medio diario anual (AADT) de la zona, la tasa de crecimiento (r) y los factores de carga equivalente para cada eje en cada vehículo, se procede a establecer los parámetros de diseño. Estos son:

- Factor de distribución direccional (D)
- Factor de distribución de carril (L)
- Período de diseño (Y)
- Factor de crecimiento (G)

2.2.8. Estudios de mecánica de suelos

Estos ensayos son necesarios para caracterizar el material granular que servirá como base o subbase. Asimismo, para hallar uno de los parámetros de diseño más importantes, el módulo de resilencia de la subrasante, se puede realizar una correlación en base al CBR del terreno natural.

2.2.9. Ensayo de granulometría

Se realizará ensayos de granulometría tanto en el material del terreno natural o subrasante, así como en el material de las canteras que será utilizado como base o subbase. De acuerdo a las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG-2000) del MTC. (MTC, 2000). se debe cumplir con una granulometría específica para que el agregado sea considerado aceptable. Más adelante se detallará más sobre estos requisitos.

2.2.10. Límites de Atterberg

Permite conocer las propiedades del material tales como su límite líquido, limite plástico e índice de plasticidad en el caso de suelos cohesivos.

2.2.11. Ensayo de compactación Proctor modificado (Método C)

Se realiza el ensayo Proctor modificado por el método C, que aplica 56 golpes por capa de suelo (5 capas) a una muestra dentro de un molde de tamaño estándar. El objetivo del ensayo es determinar la máxima densidad seca a la que puede llegar el material y el contenido de humedad óptimo que permita aquella condición. Este ensayo se encuentra normado en la Norma MTC E 115.

2.2.12. Ensayo de valor de soporte de California o CBR

Este ensayo compara el comportamiento de un suelo determinado con el de una roca chancada de calidad estándar. Se aplica carga sobre la muestra compactada previamente mediante el ensayo Proctor, así como saturada en agua por 4 días y se va registrando la carga necesaria para producir penetración en el material en intervalos de 0.1" hasta 0.5". Una vez obtenido el valor de carga necesaria para producir 0.1" y 0.2" para todas las muestras compactadas a diferentes densidades, se procede a dividirlo entre 1000 psi en el primer caso y 1500 psi en el segundo. Esta cantidad se expresa en porcentaje y representa el CBR del suelo. Luego para la densidad requerida se elige el mayor valor de CBR entre el de 0.1" y el de 0.2", el cual será el CBR de diseño. En este caso la máxima densidad seca requerida es 95%. Este ensayo se encuentra normado en la Norma MTC E 132.

2.2.13. Estudios hidrológicos-pluviométricos

La información necesaria es la precipitación media diaria de la estación seleccionada registrada todos los días durante varios años para poder tener un registro confiable.

Estos datos son importantes para determinar el coeficiente de drenaje (Cd) necesario en la metodología de la AASHTO para pavimentos rígidos o para hallar el valor de mí que modifica los coeficientes estructurales de las capas en los pavimentos flexibles.

Asimismo, se puede obtener la temperatura promedio del aire durante el año. Esta sería el parámetro del Mean Annual Air Temperature (MAAT) requerido para elegir el gráfico correspondiente y hallar el espesor de la carpeta asfáltica en la metodología del Instituto del Asfalto.

2.2.14. Estudios de canteras y fuentes de agua

Otro aspecto a tomar en cuenta es el tipo de material que se encuentra disponible en la zona porque de ello dependerá la capacidad de soporte de las capas granulares y, por tanto, del pavimento como estructura.

Las especificaciones que debe cumplir el material granular son muchas pero dos de las más importantes son la granulometría y el CBR mínimo.

En cuanto a las fuentes de agua, se debe tener en consideración la cantidad de sulfatos, sólidos en suspensión y el pH del agua. (MTC, 2000)

2.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS.

CENTROS URBANOS INFORMALES: Al conjunto de manzanas determinadas y vías trazadas, que no constituyen una habilitación urbana, que cuentan con construcciones parcialmente consolidadas y cuyos lotes de vivienda han sido individual y directamente adquiridos por cada uno de los integrantes del centro urbano informal.

DISEÑO.- El diseño es constituido por trazos o una delineación con el fin de proyectar un objeto u obra. También, es la disciplina que se encarga de la creación de obras u cosas como edificios, figuras, entre otros.

DISTRITO DE TRUJILLO.- es uno de los 11 distritos en que se divide la provincia de Trujillo ubicado en el departamento de la libertad.

MEJORAMIENTO.- Cambio o progreso de una cosa que está en condición precaria hacia un estado mejor.

PAVIMENTO. Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

PROPUESTA.- Una propuesta es una oferta o invitación que alguien dirige a otro o a otros, persiguiendo algún fin; que puede ser concretar un negocio, una idea, una relación personal, un proyecto laboral o educacional, una actividad lúdica, etcétera.

SECTOR.- Un Sector es una porción de espacio delimitado por una frontera que lo divide del resto de más espacio.

TRANSITABILIDAD.- Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo.

CAPITULO III. METODOLOGIA:

3.1. VARIABLES.

La estructura de pavimento como parte de la infraestructura vial, juega un papel preponderante, ya que su objetivo es ofrecer a los usuarios un rodaje cómodo, seguro y económico. (HUMPIRI, 2015)

3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

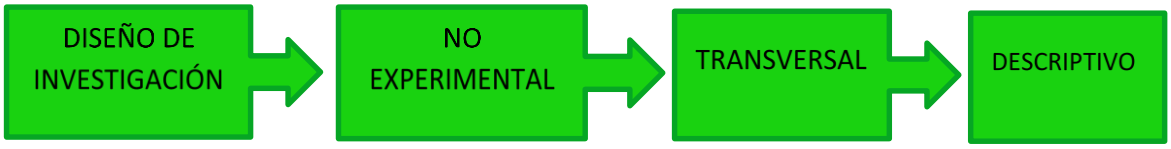
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS.
DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLE.	Consiste en colocar capas de material. Cada capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos.	Proporcionar una superficie de rodamiento que permita el tráfico seguro y confortable de vehículos, a velocidades operacionales deseadas y bajo cualquier condición climática. En el sector san miguel, distrito de Trujillo.	Estudio topográfico.	Planimetría	Medidas Horizontales Y Direcciones.
				Altimetría	Perfiles Longitudinales Y Secciones Transversales
			Estudios Del Suelos	Granulometría	Tamizado De La Muestra
				límites de consistencia	ASHTO - 1993 y ASTM D - 5821
				Contenido De Humedad	Proctor Modificado
				Máxima Densidad	Proctor Modificado
				CBR	ASHTO - 1993
			Metrados.	Análisis De Costos Unitarios	Presupuesto.

3.3. TIPO DE ESTUDIO.

Es no experimental: ya que es aquella que no manipula deliberadamente variable. Ya que se basa fundamentalmente en la observación.

3.4. DISEÑO DE INVESTIGACION.

Este diseño de tesis es de tipo no experimental porque no manipula deliberadamente a mi variable. También es de diseño transversal porque se realizara en un periodo de tiempo definido en el año 2017. A su vez es de diseño descriptivo porque se observan y describen los fenómenos tal como se presentan en forma natural.



3.5. UNIDAD DE ESTUDIO.

Calle I del sector San Miguel.

3.6. POBLACION.

Son todas las calles de sector san miguel del distrito de Trujillo.

3.7. MUESTRA.

Muestreo No probabilístico:

Es una técnica de muestreo donde las muestras se recogen en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades de ser seleccionados.

Muestreo Por Conveniencia:

Las muestras son seleccionadas porque son accesibles para el investigador. Los sujetos son elegidos simplemente porque son fáciles de reclutar. Esta técnica es considerada la más fácil, barata y la que menos tiempo lleva.

3.8. TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS.

3.8.1. LA TÉCNICA.- Es la OBSERVACION, porque nos permite registrar de manera visual todo lo que ocurre en una situación real, clasificado y consignando los datos de acuerdo con algún esquema previsto y de acuerdo al problema que se estudia.

Guía de observación en ANEXO

3.8.2. INSTRUMENTOS.- los instrumentos que se utiliza en la presente investigación son las guías de observación.

Hoja de datos de campo. Documento donde se registrará toda la información obtenida durante la inspección visual: fecha, ubicación, tramo, etc.

Odómetro Manual. Instrumento utilizado para medir distancias en calles, carreteras, caminos, etc.

Regla o Cordel. Para medir la deformación longitudinal y transversal del pavimento en estudio.

Conos de seguridad vial. Para aislar el área de calle en estudio, ya que el tráfico representa un peligro para los inspectores que tienen que caminar sobre el pavimento.

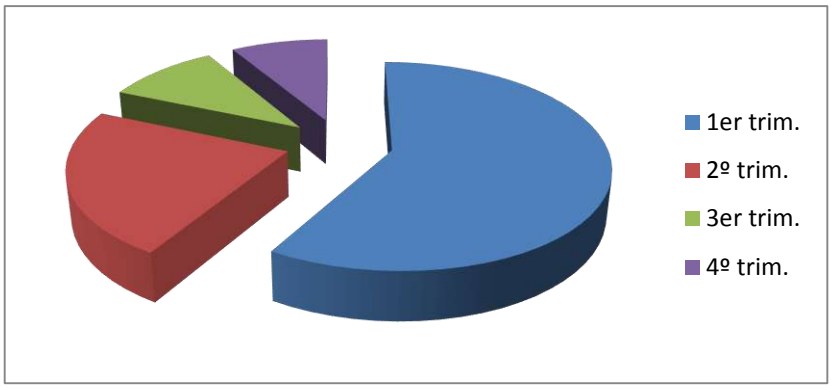
Plano de Distribución. Plano donde se esquematiza la red de pavimento que será evaluada.

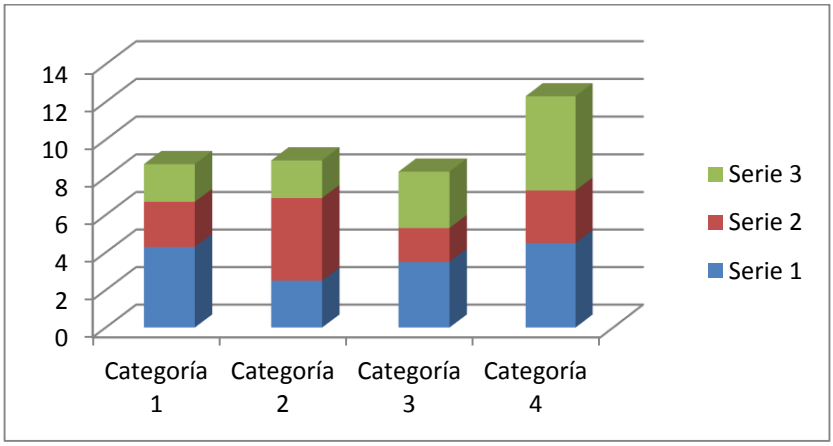
Recopilación de datos: Antes de proceder al diseño, es preciso contar con una serie de datos e información, por ello se procederá en una primera fase a realizar:

3.9. MÉTODOS E INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS

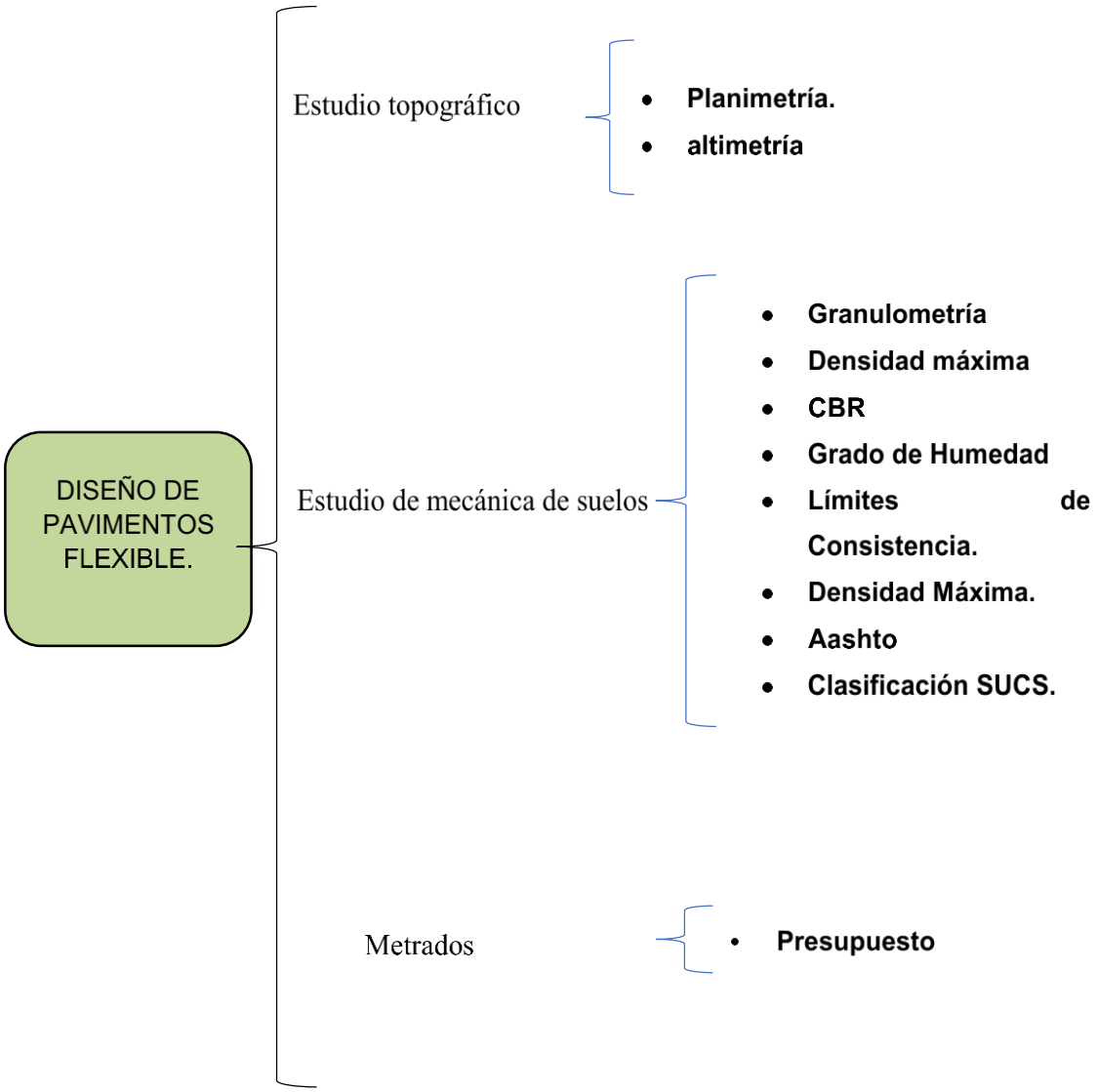
3.9.1. Método: El método usado es de estadística descriptiva, porque permite describir sus características más relevantes y así mismo permitirá la organización de la información para dicha investigación. Y pertenece a los métodos cualitativos, que obtiene, organiza, presenta y describe un conjunto de datos con el propósito de facilitar su uso generalmente con el apoyo de tablas, medidas numéricas o gráficas. Además, calcula parámetros estadísticos como las medidas de centralización y de dispersión que describen el conjunto estudiado.

3.9.2. Instrumentos: los instrumentos que se utiliza en la presente investigación son los gráficos estadísticos





3.9.3. PROCEDIMIENTO:



3.9.3.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO (estación total)

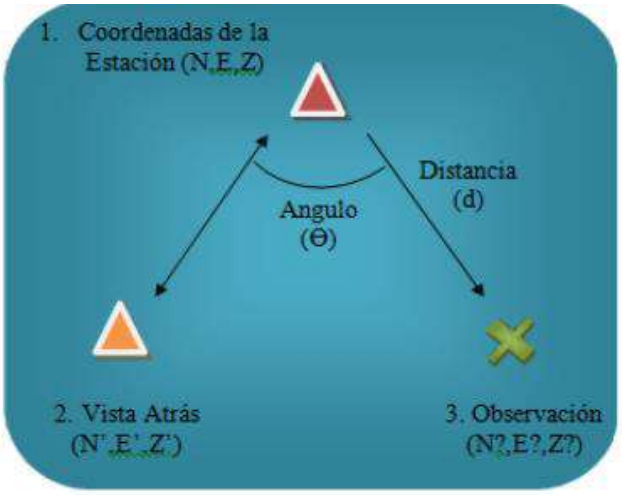
El catastro como lo conocemos es básicamente el mismo desde sus inicios, los objetivos para los cuales sirve no han variado en su concepto ni intención pero si se ha modificado la forma en que se practica, sobre todo en la demanda de nuevas técnicas que provean una mayor calidad, precisión y eficiencia tanto en el trabajo de campo como de gabinete. En lo que concierne al levantamiento de campo urbano el equipo topográfico conocido como Estación Total ha venido destacándose en los últimos años en nuestro país como la mejor opción cuando se pretende atacar esos tres enfoques: calidad, precisión y eficiencia, teniendo como único limitante el costo económico. Sin embargo hoy en día el catastro es aplicable a tantos propósitos en diversas áreas del desarrollo social y económico en el municipio, si además se implementa un enfoque mancomunado ampliando el escenario el costo se vuelve marginal a cambio de obtener la más fiel representación de la realidad.

DEFINICIÓN: En el estudio de la forma y relieve de la Tierra (Topografía) la ciencia ha ido creando y utilizando instrumentos acordes a sus necesidades, y en la topografía básicamente se miden 2 variables: Ángulos y Distancias (horizontales y verticales). El Teodolito integra una brújula y un compás para mediciones angulares horizontales, más un cálculo matemático (Algoritmo) para medición de distancias de menor precisión. Cuando se requería precisión en las distancias se debía usar una cinta métrica con todas sus limitantes. Para solucionar ese inconveniente surgió el instrumento conocido como Distanció metro Laser, el cual calcula la distancia midiendo el tiempo que tarda una laser de ida y vuelta al rebotar sobre una superficie. Además para la medición de Ángulos verticales se utiliza un aparato conocido como Nivel de Precisión. De estos 3 instrumentos se obtienen lecturas que deben anotarse en una libreta de topografía y posteriormente en gabinete realizar cálculos matemáticos manuales o usando una computadora para obtener una representación gráfica de la medición (Plano topográfico).

El funcionamiento del aparato se basa en un principio geométrico sencillo y muy difundido entre los técnicos catastrales conocido como Triangulación, que en este caso consiste en determinar la coordenada geográfica de un punto cualquiera a partir de otros dos conocidos. En palabras claras para realizar un levantamiento con Estación Total se ha de partir de 2 puntos con coordenadas conocidas o en su defecto asumidas, y a partir de esa posición se observan y calculan las coordenadas de

cualquier otro punto en campo. Se ha difundido universalmente la nomenclatura para estos tres puntos, y es usada por igual en cualquier modelo de Estación Total: • Coordenadas de la Estación (Stn Coordinate): Es la coordenada geográfica del punto sobre el cual se ubica el aparato en campo. A partir del mismo se observaran todos los puntos de interés. • Vista Atrás (Back Sight): Es la coordenada geográfica de un punto visible desde la ubicación del aparato. El nombre tiende a confundir al pensar que este punto se ubica hacia atrás en el sentido que se ejecuta el levantamiento, pero más bien se refiere cualquier punto al que anteriormente se le determinaron sus coordenadas, mediante el mismo aparato o con cualquier otro método aceptable. • Observación (Observation): Es un punto cualquiera visible desde la ubicación del aparato al que se le calcularan las coordenadas geográficas a partir del Stn Coordinate y el Back Sight. Operacionalmente el proceso sigue también la misma secuencia: 1. Centrado y Nivelación del aparato (Stn Coordinate). 2. Orientación del Levantamiento (Back Sight). 3. Observación (Observation).

PROCEDIMIENTO PASO A PASO.



Pasó a Paso:

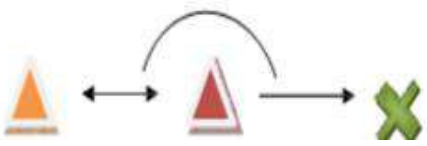
El aparato se ubica en el punto "1" y se orienta hacia el punto "2", ambos con coordenadas conocidas.

El aparato realiza un giro para observar el punto "3" obteniendo un ángulo "Θ" y una distancia "d".

A partir de toda esta información se realiza un cálculo matemático (algoritmo) para obtener las coordenadas del punto "3".

Grafico 1. Procedimiento topográfico.

La triangulación no necesariamente debe formar un triangulo perfecto (isósceles) como el de la figura, de hecho la relación podría ser hasta lineal y el principio se aplica por igual.



(HERNADEZ, 2011)

3.9.3.2. ESTUDIO MECANICO DE SUELOS.

Un Estudio de Suelo se caracteriza por tener 3 etapas claramente definidas:

- Trabajo de Terreno.
- Trabajo de Laboratorio.
- Redacción del Informe Final.

3.9.3.2.1. TRABAJO DE TERRENO.

En esta primera etapa es donde se inspecciona y toman las muestras de terreno, las que luego irán al laboratorio.

En esta etapa se utilizar, por lo general, las siguientes técnicas:

CALICATA.

Consiste en realizar excavaciones de una profundidad pequeña o mediana en puntos elegidos del terreno.

La idea de una calicata es tener una visión directa del terreno, que generalmente nunca vemos, para su caracterización y análisis.

Usualmente para hacer una calicata se utiliza una pala o una retroexcavadora.

Vías o carreteras: profundidad mínima 1.50m en zonas urbanas a cada 50 m y en zonas rurales de 150m a 450m.

Edificaciones o edificios: está en función a la estructura en cimentaciones superficiales, la profundidad mínima es la distancia vertical desde la superficie del terreno hasta el fondo de la cimentación más 1.5 veces el ancho de la cimentación. En ningún caso la profundidad será menor de 3m, excepto si se encontrase roca antes de alcanzar la profundidad mínima.

Ensayos: en laboratorio y otros en campo. Tales como clasificación de suelos según sistemas AASHTO o SUCS, determinación del perfil estratigráfico, SPT, ensayos de densidad- humedad (proctor), CBR, entre otros.

3.9.3.2.2. TRABAJO DE LABORATORIO.

Tipos De Ensayos.

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO.

Establecer el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

FINALIDAD Y ALCANCE

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

Este Modo Operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a 110 ± 5 ºC*. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerado como el peso del agua.

MUESTRA.

Las muestras serán preservadas y transportadas de acuerdo a la Norma ASTM D 4220-89 (Practices for Preserving and Transporting Soil Sample), Grupos de suelos B, C o D. Las muestras que se almacenen antes de ser ensayadas se mantendrán en contenedores herméticos no corrosibles a una temperatura entre aproximadamente 3 y 30 ºC y en un área que prevenga el contacto directo con la luz solar. Las muestras alteradas se almacenarán en recipientes de tal manera que se prevenga ó minimice la condensación de humedad en el interior del contenedor.

La determinación del contenido de humedad se realizará tan pronto como sea posible después del muestreo, especialmente si se utilizan contenedores corrosibles: (tales como: tubos de acero de pared delgada, latas de pintura, etc.) ó bolsas plásticas.

PROCEDIMIENTO

ESPECIMEN DEL ENSAYO

- Para los contenidos de humedad que se determinan en conjunción con algún otro método ASTM, se empleará la cantidad especificada en dicho método si alguna fuera proporcionada.
- La cantidad mínima de espécimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total, si no se toma la muestra total, será de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 1: para determinar la cantidad de humedad.

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados	
		a ± 0,1%	a ± 1%
2 mm o menos	2,00 mm (Nº 10)	20 g	20 g *
4,75 mm	4,760 mm (Nº 4)	100 g	20 g *
9,5 mm	9,525 mm (3/8")	500 g	50 g
19,0 mm	19,050 mm (3/4")	2,5 kg	250 g
37,5 mm	38,1 mm (1 ½")	10 kg	1 kg
75,0 mm	76,200 mm (3")	50 kg	5 kg

Nota.- * Se usará no menos de 20 g para que sea representativa.

Si se usa toda la muestra, ésta no tiene que cumplir los requisitos mínimos dados en la tabla anterior. En el reporte se indicará que se usó la muestra completa.

- El uso de un espécimen de ensayo menor que el mínimo indicado en 6.1.2 requiere discreción aunque pudiera ser adecuado para los propósitos del ensayo. En el reporte de resultados deberá anotarse algún espécimen usado que no haya cumplido con estos requisitos.
- Cuando se trabaje con una muestra pequeña (menos de 200 g) que contenga partículas de grava relativamente grandes no es apropiado incluirlas en la muestra de ensayo. Sin embargo en el reporte de resultados se mencionará y anotará el material descartado.
- Para aquellas muestras que consistan íntegramente de roca intacta, el espécimen mínimo tendrá un peso de 500 g. Porciones de muestra representativas pueden partirse en partículas más pequeñas, dependiendo del tamaño de la muestra, del contenedor y la balanza utilizada y para facilitar el secado a peso constante.

SELECCION DEL ESPECIMEN DE ENSAYO

PROCEDIMIENTO

- Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).
- Seleccionar especímenes de ensayo representativos de acuerdo a la sección 6.2 de este ensayo.

- Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza seleccionada de acuerdo al peso del espécimen. Registrar este valor.

  Nota 2. Para prevenir la mezcla de especímenes y la obtención de resultados incorrectos, todos los contenedores, y tapas si se usan, deberían ser enumerados y deberían registrarse los números de los contenedores en los formatos del laboratorio. Los números de las tapas deberán ser consistentes con los de los contenedores para evitar confusiones.

  Nota 3. Para acelerar el secado en horno de grandes especímenes de ensayo, ellos deberían ser colocados en contenedores que tengan una gran área superficial (tales como ollas) y el material debería ser fragmentado en agregados más pequeños.

- Remover la tapa (si se usó) y colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a 110 ± 5 ºC a menos que se especifique otra temperatura. El tiempo requerido para mantener peso constante variará dependiendo del tipo de material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores. La influencia de estos factores generalmente puede ser establecida por un buen juicio, y experiencia con los materiales que sean ensayados y los aparatos que sean empleados.

  Nota 4. En la mayoría de los casos, el secado de un espécimen de ensayo durante toda la noche (de 12 a 16 horas) es suficiente. En los casos en los que hay duda sobre lo adecuado de un método de secado, deberá continuarse con el secado hasta que el cambio de peso después de dos períodos sucesivos (mayores de 1 hora) de secado sea insignificante (menos del 0,1 %). Los especímenes de arena pueden ser secados a peso constante en un período de 4 horas, cuando se use un horno de tiro forzado.

  Nota 5. Desde que algunos materiales secos pueden absorber humedad de especímenes húmedos, deberán retirarse los especímenes secos antes de colocar especímenes húmedos en el mismo horno. Sin embargo, esto no sería aplicable si los especímenes secados previamente permanecieran en el horno por un período de tiempo adicional de 16 horas.

- Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno (y se le colocará la tapa si se usó). Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que

el contenedor pueda ser manipulado cómodamente con las manos y la operación del balance no se afecte por corrientes de convección y/o esté siendo calentado. Determinar el peso del contenedor y el material secado al horno usando la misma balanza usada. Registrar este valor. Las tapas de los contenedores se usarán si se presume que el espécimen está absorbiendo humedad del aire antes de la determinación de su peso seco.

Nota 6. Colocar las muestras en un desecador es más aceptable en lugar de usar las tapas herméticas ya que reduce considerablemente la absorción de la humedad de la atmósfera durante el enfriamiento especialmente en los contenedores sin tapa.

CALCULOS

7.1.1 Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{Peso \cdot de \cdot agua}{Peso \cdot de \cdot suelo \cdot \text{seca}do \cdot al \cdot horno} \times 100$$

$$W = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} \times 100 = \frac{M_W}{M_S} \times 100$$

Dónde:

W = es el contenido de humedad, (%)

Mcws = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos

Mcs = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos

Mc = es el peso del contenedor, en gramos

Mw = es el peso del agua, en gramos

Ms = es el peso de las partículas sólidas, en gramos.

(MTC, 2O16)

ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS.

Definición: Se designa como ensayo granulométrico a la determinación de la distribución de las partículas de un suelo en cuanto a su tamaño.

FINALIDAD Y ALCANCE

Se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para uso como agregados o los que están siendo usados como tales. Los resultados serán usados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los

requisitos exigidos en la especificación técnica de la obra y proporcionar datos necesarios para el control de producción de agregados.

La determinación del material que pasa el tamiz de 75 µm (Nº 200) no se obtiene por este ensayo. El método de ensayo a emplear será: "Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 µm (Nº 200) por lavado" (MTC E 202).

MUESTRA

- Obtener la muestra de agregado de acuerdo a MTC E 201. El tamaño de la muestra de campo debe ser la cantidad indicada en este método.
- Mezclar completamente la muestra y reducir para ensayo por cuarteo manual o mecánico. El agregado debe estar completamente mezclado y tener suficiente humedad para evitar la segregación y pérdida de finos. La muestra para ensayo debe tener la cantidad deseada cuando este seca y ser resultado final de reducción. No está permitido reducir a un peso exacto determinado.
- Agregado fino: La cantidad de muestra de agregado fino, después de secado, debe ser de 300 g mínimo.
- Agregado grueso. La cantidad de muestra de agregado grueso, después de secado, debe ser de acuerdo a lo establecido en la tabla 1.

Tabla 2: cantidad mínima de muestra de agregado grueso.

Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	(pulg)	Kg
9,5	(3/8)	1
12,5	(1/2)	2
19,0	(3/4)	5
25,0	(1)	10
37,5	(1 1/2)	15
50,0	(2)	20
63,0	(2 1/2)	35
75,0	(3)	60
90,0	(3 1/2)	100
100,0	(4)	150
125,0	(5)	300

Mezclas de agregados grueso y fino: la muestra será separada en dos tamaños, por el tamiz de 4,75 mm (Nº 4) y preparada de acuerdo con los numerales 5.3 y 5.4 respectivamente.

- En caso se requiera determinar la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 µm (Nº 200), por el método de ensayo MTC E 202 se procede como sigue:

- En agregados con tamaño máximo nominal de 12,5 mm (1/2") o menores utilizar la misma muestra de ensayo para MTC E 202 y este ensayo. Primero, ensayar la muestra de acuerdo con MTC E 202 completando operación de secado final y luego

tamizar la muestra en seco como indica los numerales 6.2 hasta 6.8 del presente ensayo.

- En agregados con tamaño máximo nominal mayor que 12,5 mm (1/2") se puede utilizar la misma muestra de ensayo como se describe en 6.1 o utilizar muestras por separado para MTC E 202 y este ensayo.

PROCEDIMIENTO

- Secar la muestra a temperatura de 110 ± 5°C, hasta obtener peso constante.

  Nota 1. Cuando se desea resultados rápidos, no es necesario secar el agregado grueso para el ensayo debido que el resultado es poco afectado por el con tenido de humedad a menos que:

  a) El Tamaño Máximo nominal sea menor de12 mm (1/2")

  b) El agregado grueso tenga una cantidad apreciable de finos menos que el tamiz N° 4,75

  mm (N°4).

  c) El agregado grueso se a latamente absorbente (por ejemplo los agregados ligeros.)

  d) Las muestras también se pueden secar a temperaturas altas usando planchas calientes sin que afecten resultados, si se mantienen los escapes de vapor sin generar presiones suficientes para fracturar las partículas y temperaturas que no sean mayores para causar rompimiento químico del agregado.
- Seleccionar la serie de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material a ensayar. Encajar los tamices en orden decreciente, por tamaño de abertura, y colocar la muestra sobre el tamiz superior. Efectuar el tamizado de forma manual o por medio de un tamizador mecánico, durante un período adecuado.
- Limitar la cantidad de material en un tamiz determinado, de forma que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante la operación del tamizado.

  La cantidad retenida en tamices menores que 4,75 mm (Nº 4) cuando se complete la operación de tamizado, no debe ser mayor de 7 kg/m2 de superficie tamizada.

  Para tamices de 4,75 mm (Nº 4) y mayores, la cantidad retenida en kg por superficie tamizada no excederá el producto de 2,5 x abertura del tamiz (mm).

  En ningún caso, la cantidad retenida debe ser mayor de modo que cause deformación permanente en la malla del tamiz.

Nota 2. La Cantidad de 7 kg/m2 a 200g para el diámetro usual de 203 mm (8") con superficie efectiva de tamizado de 190,5 mm (7 1/2) de diámetro.

- Prevenir sobrecarga de material sobre tamiz individual colocando un tamiz adicional con abertura intermedia entre el tamiz que va a ser sobrecargado y el tamiz inmediatamente superior en la disposición original de tamices; separando la muestra en dos o más porciones y tamizando cada porción; o utilizar tamices de mayor diámetro que provean mayor área de tamizado.
- Continuar el tamizado por un período suficiente, de tal forma que después de terminado, no pase más del 1% de la cantidad en peso retenida en cada tamiz, durante un (1) minuto de tamizado manual como sigue: sostener individualmente cada tamiz, con su tapa y un fondo bien ajustado, con la mano en una posición ligeramente inclinada. Golpear el filo del tamiz, con un movimiento hacia arriba contra la palma de la otra mano, a razón de 150 veces por minuto, girando el tamiz aproximadamente 1/6 de vuelta en cada intervalo de 25 golpes. Se considera satisfactorio el tamizado para tamaños mayores al tamiz de 4,75 mm (Nº 4), cuando el total de las partículas del material sobre la malla forme una capa simple de partículas. Si el tamaño de los tamices hace impracticable el movimiento de tamizado recomendado, utilizar el tamiz de 203 mm (8") de diámetro para comprobar la eficiencia del tamizado.
- En el caso de mezclas de agregados grueso y fino, la porción de muestra más fina que el tamiz de 4,75 mm (Nº 4) puede distribuirse entre dos o más juegos de tamices para prevenir sobrecarga de los tamices individuales.
- Para partículas mayores de 75 mm (3"), el tamizado debe realizarse a mano, determinando la abertura del tamiz más pequeño por el que pasa la partícula.

  Comenzar el ensayo con el tamiz de menor abertura a ser usado. Rotar las partículas si es necesario, con el fin de determinar si pasan a través de dicho tamiz; sin forzar para que pasen a través de éste.
- Determinar el peso de la muestra retenido en cada tamiz, con una balanza que cumpla lo exigido en el numeral 5.1

  El peso total del material después del tamizado, debe ser verificado con el peso original de la muestra ensayada. Si la cantidad difiere en más del 0.3% del peso seco original de la muestra, el resultado no debe ser usado con fines de aceptación.
- Si la muestra fue ensayada previamente por el método descrito en MTC E 202, adicionar el peso del material más fino que la malla de 75 µm (Nº 200) determinado por método de tamizado seco.

CALCULOS

- Calcular el porcentaje que pasa, porcentaje total retenido, o porcentaje sobre cada tamiz con aproximación de 0,1% sobre la base del peso total de la muestra inicial seca. Si la muestra fue primera ensayada por el método MTC E 202, incluir el peso del material más fino que el tamiz de 75 µm (No. 200) por lavado en los cálculos de tamizado, y usar el total del peso de la muestra seca previamente lavada en el método mencionado, como base para calcular todos los porcentajes.

  Manual de Ensayo de Materiales

- Cuando sea requerido, calcular el módulo de fineza, sumando los porcentajes retenidos, acumulados de cada una de los siguientes tamices y dividiendo la suma entre 100:150 µm (Nº 100); 300 µm (Nº 50); 600 µm (Nº 30); 1,18 mm (Nº 16); 2,36 mm (Nº 8); 4,75 mm (Nº 4); 9,5 mm (3/8"); 19,0 mm (3/4"); 37,5 mm (1 ½"); y mayores, incrementando en la relación de 2 a 1.

  (MTC., 2016)

LIMITE DE CONSISTENCIA.

DETERMINACION DEL LIMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS

FINALIDAD Y ALCANCE

Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos véase anexos de clasificación de este manual. (SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción. El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte

Los límites líquidos y plástico de un suelo pueden utilizar con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que 2µm para determinar su número de actividad

Frecuentemente se utilizan tres métodos para evaluar las características de intemperización de materiales compuestos por arcilla-lutita. Cuando se someten a ciclos repetidos de humedecimiento y secado, los límites de estos materiales tienden a incrementarse. La magnitud del incremento se considera ser una medida de la susceptibidad de la lutitas a la intemperización.

El límite líquido de un suelo que contiene cantidades significativas de materia orgánica decrece dramáticamente cuando el suelo es secado al horno antes de ser ensayado. La comparación del límite líquido de una muestra antes y después del secado al horno puede por consiguiente ser usada como una medida cualitativa del contenido de materia orgánica de un suelo

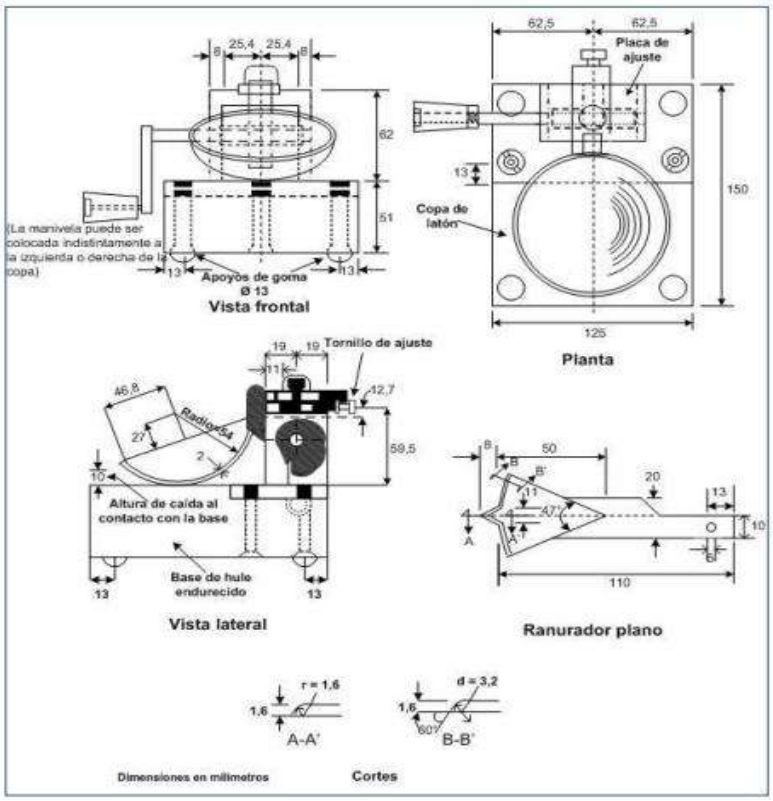
MUESTRA

- Se obtiene una porción representativa de la muestra total suficiente para proporcionar 150 g a 200 g de material pasante del tamiz 425 µm (Nº 40). Las muestras que fluyen libremente pueden ser reducidas por los métodos de cuarteo o división de muestras. Las muestras cohesivas deben ser mezcladas totalmente en un recipiente con una espátula, o cuchara y se obtendrá una porción representativa de la masa total extrayéndola dos veces con la cuchara.

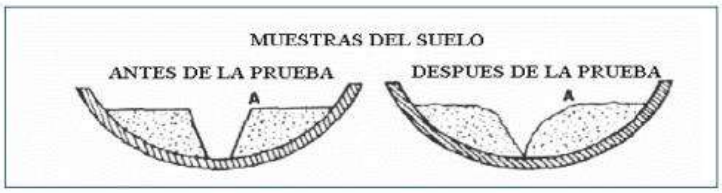
PROCEDIMIENTO

Multipunto

- Colocar una porción del suelo preparado, en la copa del dispositivo de límite líquido en el punto en que la copa descansa sobre la base, presionándola, y esparciéndola en la copa hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm en su punto más profundo, formando una superficie aproximadamente horizontal. Tener cuidado en no dejar burbujas de aire atrapadas en la pasta con el menor número de pasadas de espátula como sea posible. Mantener el suelo no usado en el plato de mezclado. Cubrir el plato de mezclado con un paño húmedo (o por otro medio) para retener la humedad en la muestra.



Figuras 5: Aparato manual para límite líquido.



Figuras 6: Muestra del suelo antes y después de la prueba.

Utilizando el acanalador, dividir la muestra contenida en la copa, haciendo una ranura a través del suelo siguiendo una línea que una el punto más alto y el punto más bajo sobre el borde de la copa.

Cuando se corte la ranura, mantener el acanalador contra la superficie de la copa y trazar un arco, manteniendo la corriente perpendicular a la superficie de la copa en todo su movimiento. En los suelos en los que no se puede hacer la ranura en una sola pasada sin desgarrar el suelo, cortar la ranura con varias pasadas del acanalador. Como alternativa, puede cortarse la ranura a dimensiones ligeramente menores que las requeridas, con una espátula y usar la del acanalador las dimensiones finales de la ranura.

- Verificar que no existen restos de suelo por debajo de la copa. Levantar y soltar la copa girando el manubrio a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo hasta que las dos mitades de suelo estén en contacto en la base de la ranura una longitud de 13 mm (1/2 pulg).

  Nota1. Se recomienda el uso de una regla graduada para verificar que la ranura se cerró en 13

  mm (1/2 pulg).
- Verificar que no se haya producido el cierre prematuro de la ranura debido a burbujas de aire, observando que ambos lados de la ranura se hayan desplazado en conjunto aproximadamente con la misma forma. Si una burbuja hubiera causado el cierre prematuro de la ranura, formar nuevamente el suelo en la copa, añadiendo una pequeña cantidad de suelo para compensar la pérdida en la operación de ranuración y repetir de 6.1 a 6.3 a un contenido más elevado. Si luego de varias pruebas a contenidos de humedad sucesivamente más altos, la pasta de suelo se sigue deslizando en la copa o si el número de golpes necesarios para cerrar la ranura es siempre menor de 25, se registrará que el límite no pudo determinarse, y se reportará al suelo como no plástico sin realizar el ensayo de límite plástico.
- Registrar el número de golpes, N, necesario para cerrar la ranura. Tomar una tajada de suelo de aproximadamente de ancho de la espátula, extendiéndola de extremo a extremo de la torta de suelo en ángulos rectos a la ranura e incluyendo la porción de la ranura en la cual el suelo se deslizó en conjunto, colocarlo en un recipiente de peso conocido, y cubrirlo.
- Regresar el suelo remanente en la copa al plato de mezclado. Lavar y secar la copa y el acanalador y fijar la copa nuevamente a su soporte como preparación para la siguiente prueba.
- Mezclar nuevamente todo el espécimen de suelo en el plato de mezclado añadiéndole agua destilada para aumentar su contenido de humedad y disminuir el número de golpes necesarios para cerrar la ranura. Repetir de 6.1 a 6.6 para al menos dos pruebas adicionales produciendo números de golpes sucesivamente más bajos para cerrar la ranura. Una de estas pruebas se realizará para un cierre que requiera de 25 a 35 golpes, una para un cierre entre 20 y 30 golpes, y una prueba para un cierre que requiera de 15 a 25 golpes.
- Determinar el contenido de humedad, Wn, del espécimen de suelo de cada prueba de acuerdo al método de ensayo NTP 339.127. Los pesos iniciales deben determinarse inmediatamente después de terminar el ensayo. Si el ensayo se interrumpe por más

de 15 minutos, el espécimen ya obtenido debe pesarse en el momento de la interrupción.

Un punto

- El ensayo se efectúa en la misma

CALCULOS

(Multipunto)

- Representar la relación entre el contenido de humedad, Wn, y el número de golpes correspondientes, N, de la copa sobre un gráfico semilogarítmico con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como abscisa en escala logarítmica. Trazar la mejor línea recta que pase por los tres puntos o más puntos graficados.
- Tomar el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la línea con la abscisa de 25 golpes como el límite líquido del suelo. El método gráfico puede sustituir los métodos de ajuste para encontrar una línea recta con los datos, para encontrar el límite líquido.

(Un punto)

- Determinar el límite líquido para cada espécimen para contenido de humedad usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = W^n\left(\frac{N}{25}\right)^{0,121} \quad \text{o} \quad LL = kW^n$$

Dónde:

N = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad.

Wn = Contenido de humedad del suelo,

K = factor dado en la tabla A-1

Tabla 3: A-1.

N (Numero de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Tabla 4: Tabla de estimación de presión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Líquido	0,8	2,4
Precisión Multilaboratorio		
Límite Líquido	3,5	9,9

(MTC, 2016)

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD. (I.P.)

FINALIDAD Y ALCANCE

Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen

Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos

El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.

Los plásticos de un suelo pueden utilizar con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que 2µm para determinar su número de actividad

MUESTRA

- Si se quiere determinar sólo el L.P., se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426 mm (N° 40), preparado para el ensayo de límite líquido. Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 g a 2,0 g de dicha esfera como muestra para el ensayo.
- El secado previo del material en horno o estufa, o al aire, puede cambiar (en general, disminuir), el límite plástico de un suelo con material orgánico, pero este cambio puede ser poco importante.
- Si se requieren el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo con la Norma MTC E 110 (determinación del límite líquido de los suelos). La muestra debe tomarse en una etapa del proceso de amasado en que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla. Si el ensayo se ejecuta después de realizar el del límite líquido y en dicho intervalo la muestra se ha secado, se añade más agua.

PROCEDIMIENTO

- Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.
- Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

  El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo: En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños.
- Porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108.
- Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado en 6.1, 6.2 y 6.3.

CALCULOS

Calcular el promedio de dos contenidos de humedad. Repetir el ensayo si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable para los dos resultados listados en la tabla 1 para la precisión de un operador.}

Tabla 5: Para la estimación de presión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Plástico	0,9	2,6
Precisión Multilaboratorio		
Límite Plástico	3,7	10,6

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

CALCULOS DE INDICE DE PLASTICIDAD

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

I.P.= L.L. – L.P.

Dónde:

L.L. = Límite Líquido

P.L. = Límite Plástico

L.L. y L.P., son números enteros

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

· Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).

(MTC, 2016)

DETERMINACION DE LOS FACTORES DE CONTRACCION DE LOS SUELOS.

FINALIDAD

Este método usa mercurio que es una sustancia peligrosa. El método de prueba ASTM D4943 no usa mercurio y es una alternativa aceptable para este procedimiento.

Los límites líquido, plástico y de contracción son a menudo definidos como los límites Atterberg,

Sus respectivos contenidos de humedad distinguen las fronteras de los varios estados de consistencia de suelos cohesivos.

Este método se efectúa solo en aquella porción de un suelo que pase el tamiz 425 µm (Nº 40). La contribución relativa de esta porción de suelo debe ser considerada cuando se use este método para evaluar las propiedades del suelo como un todo.

Los factores de contracción cubiertos en este ensayo pueden determinarse únicamente en suelos básicamente finos (cohesivos), los cuales exhiban una resistencia en seco cuando son secados en aire.

Se supone normalmente que el término límite de contracción, expresado como un porcentaje del contenido de agua, representa la cantidad de agua necesaria para llenar los vacíos de un suelo cohesivo dado, cuando se halle en su relación de vacíos más baja, obtenido ese valor por secamiento (generalmente en el horno). Así, el concepto del límite de contracción puede emplearse para evaluar el potencial de contracción o sea la posibilidad de que se desarrollen grietas en obras que incluyen suelos cohesivos o ambos.

Los datos obtenidos con este método de prueba pueden ser usados para calcular la contracción con suelos cohesivos y la contracción lineal.

MUESTRA

- Se obtiene una porción representativa de la muestra total suficiente para proporcionar 150 g a 200 g de material pasante del tamiz 425 µm (Nº 40). Las muestras que fluyen libremente pueden ser reducidas por los métodos de cuarteo o división de muestras.

  Las muestras cohesivas deben ser mezcladas totalmente en un recipiente con ambas espátulas, o cuchara y se obtendrá una representativa de la masa extrayéndola dos veces con la cuchara.

PROCEDIMIENTO

- Coloque el suelo en el plato de evaporación y mezcle completamente con agua destilada. La cantidad de agua añadida deberá producir al suelo una consistencia

ligeramente superior al límite (método de prueba NTP 339.129) basado en inspección visual. Esta consistencia no corresponde a una pasta aguda pero fluirá de manera suficiente para expulsar las burbujas de aire cuando se efectúe la acción de ligero golpeteo. Es deseable usar el mínimo contenido posible de agua. Esto tiene importancia para suelos muy plásticos, de manera que no se rajen durante el proceso de secado.

- Cubra el interior del plato de contracción con una capa delgada de petróleo gelatinoso, grasa de silicona, o lubricante similar para prevenir la adhesión del suelo al plato. Determine y registre la masa en gramos del plato vacío (MT).
- Coloque el plato de contracción en el recipiente poco profundo para coger cualquier derrame de mercurio. Llene el plato de contracción para rebosar con mercurio. Remueva el exceso de mercurio presionando firmemente la placa de vidrio sobre la parte superior del plato de contracción observe que no haya aire empotrado entre la placa y el mercurio y si lo hay, rellene el plato y repita el proceso. Determine el volumen de mercurio contenido en el plato de contracción ya sea por medio de la probeta de vidrio o dividiendo la masa retenida de mercurio entre la densidad de masa de mercurio (igual a 13,55 g/cm3). Registre este volumen en centímetros cúbicos de la torta de suelo húmedo. (V).

  Nota 1. Precaución.- El mercurio es una sustancia riesgosa la cual puede causar efectos serios a la salud debido a la prolongada inhalación del vapor o contacto con la piel.

  Nota 2. No es necesario medir el volumen del plato de contracción (torta de suelo húmeda) durante cada prueba. El valor de una medición previa puede ser usado dado que fue obtenido como lo especificado anteriormente y el plato de contracción es apropiadamente identificado y mantenido en buena condición física.
- Coloque una cantidad del suelo húmedo igual a alrededor de un tercio del volumen del plato en el centro, y haga que el suelo fluya a los bordes golpeando ligeramente el plato sobre una superficie firme amortiguada por varias capas de papel secante o material similar. Añada una cantidad de suelo aproximadamente igual a la primera porción y golpee ligeramente el plato hasta que el suelo esté completamente compactado y todo el aire atrapado en la masa haya sido removido de la superficie. Añada más suelo y continúe el suave golpeteo hasta que el plato esté completamente lleno y el exceso de suelo rebose sobre el borde. Corte el exceso de suelo con un escantillón y elimine todo el suelo adherido al exterior del plato. Inmediatamente

después del llenado y cortado, determine y registre la masa en gramos, del plato y suelo húmedo. (Mw).

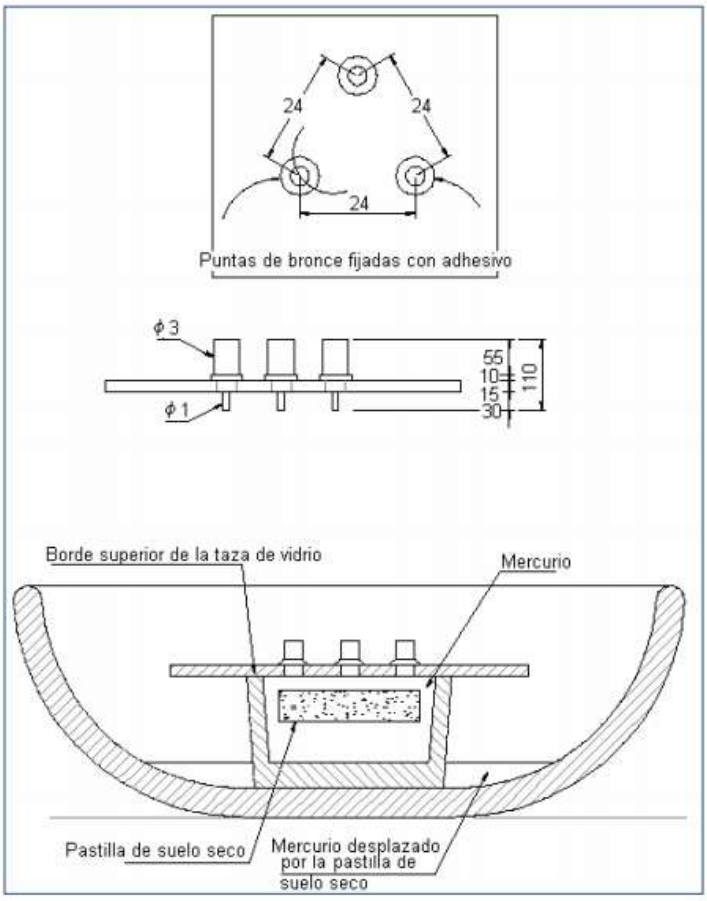
Permita que la torta de suelo se seque al aire hasta que su color varíe desde oscuro a claro. Seque al horno la torta de suelo de una masa constante a 110 ± 5 ºC. Si la torta de suelo es rajada o ha sido roto en pieza, retorne a 10,1 y prepare otra torta de suelo usando un menor contenido de agua. Determine y registre la masa en g de plato y suelo seco, (MD).

- Determine el volumen de la torta de suelo seco removiendo la torta desde el plato de contracción y sumergiéndola en la copa de vidrio lleno de mercurio en la siguiente manera.

- Coloque la copa de mercurio en el recipiente de poca profundidad para coger cualquier rebose de mercurio. Llene la copa de mercurio para sobrellenarla con mercurio. Remueva el exceso de mercurio presionando la placa de vidrio con las tres puntas (Figura 1) firmemente sobre la parte superior de la copa. Observe que no haya aire entrampado entre la placa y mercurio y si hay, rellene el plato y repita el proceso. Cuidadosamente elimine el mercurio que puede haberse adherido al exterior de la copa.
- Coloque el plato de evaporación en el recipiente de poca profundidad para coger cualquier rebose de mercurio. Coloque la copa llenada con mercurio en el plato de evaporación y haga reposar la torta de suelo sobre la superficie de mercurio (éste flotará).

  Usando la placa de vidrio con las tres puntas presione la torta debajo del mercurio y presione la placa firmemente sobre la parte superior de la copa para expulsar cualquier exceso del mercurio.

  Observe que no haya aire entrampado entre la placa y el mercurio y si lo hay repita el proceso indicando en el primer paso. Mida el volumen del mercurio desplazado dentro del plato de evaporación ya sea por medio de la probeta graduada o dividiendo la masa medida de mercurio entra la densidad de masa del mercurio. Registre el volumen en cm3 (pies cúbicos) de la torta de suelo seco, (Vo).



Figuras 7: Aparato para determinar el cambio volumétrico del suelo.

Figuras 8: Muestra antes y después del encogimiento.

CALCULOS

Calcule la masa de suelo húmedo inicial como:

$$M = M_W - M_T$$

Calcule la masa de suelo seco como:

$$M_o = M_D - M_T$$

Calcule el contenido inicial de agua como un porcentaje de la masa seca como:

$$w = \frac{(M - M_0)}{M_0} \times 100$$

Calcule el límite de contracción como un contenido de agua del suelo como un porcentaje de la masa seca como:

$$SL = w - \frac{(V - V_0) \cdot \rho_w}{M_0} \times 100$$

(MTC, 2016)

METODO DE ENSAYO ESTENDAR PARA LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SOLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNOMETRO DE AGUA.

FINALIDAD

La gravedad específica de los sólidos de suelo es usado en el cálculo de las relaciones de fase de suelos, tales como relación de vacíos y grado de saturación.

La gravedad específica de sólidos de suelo es usado para calcular la densidad de los sólidos de suelo. Esto se logra multiplicando su gravedad específica por la densidad de agua (a una temperatura apropiada)

MUESTRA

- El espécimen de ensayo puede ser suelo húmedo o secado al horno y podrá ser representativo de los sólidos de suelo que pasen la malla U.S. Estándar Nº 4 en el total de la muestra. La Tabla 1 da guías en cuanto a masas de suelo seco versus tipo de suelo y tamaño de picnómetro.
- Dos importantes factores concernientes a la cantidad total de sólidos de suelo que estén siendo ensayados son los siguientes. Primero, la masa de los sólidos de suelo divididos por su peso específico tendrá cuatro dígitos significantes. Segundo, la mezcla de los sólidos de suelo y agua es una pasta aguada no un fluido altamente viscoso (pintura espesa) durante el proceso de desairado.

Tabla 6: Masa redondeada para el Espécimen de ensayo.

Tipo de suelo	Masa de espécimen seco (g) cuando se usa un Picnómetro de 250 mL	Masa de espécimen seco (g) cuando se usa un Picnómetro de 500 mL
SP, SP-SM	60 ± 10	100 ± 10
SP-SC, SM, SC	45 ± 10	75 ± 10
Limo o arcilla	35 ± 5	50 ± 10

PROCEDIMIENTO

PREPARACION DEL ENSAYO

- Determinar la masa del picnómetro limpio y seco con una aproximación de 0,01g (típicamente 5 dígitos significantes). Repita esta determinación cinco veces. Una balanza debería ser usada para todas las mediciones de masa. Determinar y registrar el promedio y la desviación estándar. La desviación estándar podrá ser menor o igual que 0,02g. Si es mayor, probar con mediciones adicionales o usar una balanza más estable o precisa.
- Llenar el picnómetro con agua desairada por encima o debajo de la marca de calibración dependiendo del tipo de picnómetro y la preferencia del laboratorio para añadir o remover agua.
- Se recomienda que el agua sea removida para llevar el nivel de agua a la marca de calibración.

  El método de remoción reduce los cambios de alteración del equilibrio termal por reducción del número de veces que el contenedor aislado es abierto.
- El agua debe estar desairada para asegurar que no hayan burbujas de aire en el agua. El agua puede ser desairada ya sea mediante ebullición, vacío, combinación de vacío y calentamiento, o un mecanismo de desairado. Esta agua desairada no debería ser usada hasta que se haya equilibrado la temperatura del cuarto. También, esta agua podrá ser añadida al picnómetro siguiendo las guías dadas anteriormente.
- Más de seis picnómetros pueden ser calibrados concurrentemente en cada contenedor aislado.

  Poner el picnómetro(s) dentro del contenedor aislado y cubierto junto con el termómetro (en un vaso picudo de agua), tapón(es) (si un picnómetro taponado está siendo usado), y agua desairada en una botella junto con ya sea un gotero o una pipeta. Dejar el picnómetro(s) llegar al equilibrio termal (por al menos 3 horas). La

temperatura de equilibrio debería estar dentro de 4°C de la temperatura del cuarto y entre 15 y 30°C.

- 6.1.4 Mover el contenedor aislado cerca de la balanza o viceversa. Abrir el contenedor y remover un picnómetro. Solo la corona del picnómetro podrá ser tocada para prevenir el calentamiento por manipuleo cambiando el equilibrio termal. Trabajar ya sea en el contenedor o colocar el picnómetro en un bloque aislado (Styrofoam) mientras se realice los ajustes en el nivel del agua.

- Si se usa un matraz volumétrico como picnómetro, ajustar el agua a la marca de calibración, con la parte inferior del nivel de los meniscos en la marca. Si el agua tiene que ser añadida usar el agua termalmente equilibrada del contenedor aislado. Si el agua tiene que ser removida, usar un pequeño tubo de succión o una tolla de papel. Revisar y remover cualquier glóbulo de agua en el alma del picnómetro o en el exterior del matraz. Medir y registrar la masa del picnómetro y agua con una aproximación al 0,01g.
- Si un matraz taponado es usado, colocar el tapón en la botella, entonces remover el exceso de agua usando un gotero. Secar la punta o corona usando una toalla de papel. Estar seguro de que el exterior del matraz está seco por completo. Medir y registrar la masa del picnómetro y el agua con una aproximación al 0,01g.

- Medir y registrar la temperatura del agua con una aproximación de 0,1°C usando el termómetro que ha estado equilibrado termalmente en el contenedor aislado. Inserte el termómetro a una profundidad de inmersión apropiada. Regresar el picnómetro al contenedor aislado.

  Repetir las mediciones para todos los picnómetros en el contenedor.

- Reajustar el nivel de agua en cada picnómetro para preparar la siguiente calibración y dejar que los picnómetros se equilibren termalmente (por al menos 3 horas). Repetir el procedimiento para obtener cinco mediciones independientes en cada picnómetro. Las temperaturas no necesitan ajustarse a ningún rango de temperatura en particular.

- Usando cada uno de estos cinco puntos de dato, calcular el volumen calibrado de cada picnómetro, Vp, usando la siguiente ecuación:

$$V_P = \frac{\left(M_{pw,c} - M_p\right)}{\rho_{w,c}} \qquad (1)$$

Dónde:

Mpw,c = la masa del picnómetro y agua a la temperatura de calibración, g,

Mp = la masa promedio del picnómetro a la calibración, g, y

r w,c = la densidad de masa del agua a la temperatura de calibración g/mL, (Tabla 7)

Calcular el promedio y la desviación estándar de los cinco volúmenes determinados. La desviación estándar podrá ser menor o igual a 0,05 mL (redondeado a 2 decimales). Si la desviación estándar es mayor que 0,05 mL, el procedimiento de calibración tiene mucha variabilidad y no guiará a determinaciones de peso específico precisas. Evaluar áreas de posible refinamiento (ajustar el volumen con la marca de calibración, lograr un mejor equilibrio de temperatura, medición de la temperatura, método de desairado o cambiar los matraces taponados) y revisar el procedimiento hasta que la desviación estándar sea menor o igual que 0,05 mL.

PROCEDIMIENTO OPERATORIO

- Masa del picnómetro – Usando la misma balanza usada para calibrar el picnómetro, verificar que la masa del picnómetro está entre 0,06 g de la masa promedio calibrada. Si no lo está, re calibrar la masa seca del picnómetro.
- Método A – Procedimiento para especímenes húmedos:

- Determinar el contenido de agua de una porción de muestra de acuerdo con el Método de ensayo

  D 2216. Usando este contenido de agua, calcular el rango de masas húmedas para el peso específico del espécimen de acuerdo con 5.1. De la muestra, obtener un espécimen dentro de este rango. No muestrear para obtener una masa exacta predeterminada.
- Disperse el suelo usando un mezclador o mecanismo equivalente para dispersar el suelo. Añadir al suelo alrededor de 100 mL de agua. El volumen mínimo de pasta aguada que puede ser preparado para este equipamiento requerirá típicamente el uso de un picnómetro de 500 mL.
- Usando el embudo, verter la pasta aguada en el picnómetro. Enjuagar cualquier partícula de suelo remanente en el embudo dentro del picnómetro usando un spray de lavado en una botella a presión.
- Proceder como se describe anteriormente de este ensayo.

Tabla 7: Descripción del ensayo.

Temperatura	Densidad	Coeficiente	Temperatura	Densidad	Coeficiente	Temperatura	Densidad	Coeficiente	Temperatura	Densidad	Coeficiente
(°C)	(g/mL)[B]	Temperatura (K)	(°C)	(g/mL)[B]	Temperatura (K)	(°C)	(g/mL)[B]	Temperatura (K)	(°C)	(g/mL)[B]	Temperatura (K)
15,0	0,99910	1,00090	16,0	0,99895	1,00074	17,0	0,99878	1,00057	18,0	0,99860	1,00039
15,1	0,99909	1,00088	16,1	0,99893	1,00072	17,1	0,99876	1,00055	18,1	0,99858	1,00037
15,2	0,99907	1,00087	16,2	0,99891	1,00071	17,2	0,99874	1,00054	18,2	0,99856	1,00035
15,3	0,99906	1,00085	16,3	0,99890	1,00069	17,3	0,99872	1,00052	18,3	0,99854	1,00034
15,4	0,99904	1,00084	16,4	0,99888	1,00067	17,4	0,99871	1,00050	18,4	0,99852	1,00032
15,5	0,99902	1,00082	16,5	0,99886	1,00066	17,5	0,99869	1,00048	18,5	0,99850	1,00030
15,6	0,99901	1,00080	16,6	0,99885	1,00064	17,6	0,99867	1,00047	18,6	0,99848	1,00028
15,7	0,99899	1,00079	16,7	0,99883	1,00062	17,7	0,99865	1,00045	18,7	0,99847	1,00026
15,8	0,99898	1,00077	16,8	0,99881	1,00061	17,8	0,99863	1,00043	18,8	0,99845	1,00024
15,9	0,99896	1,00076	16,9	0,99879	1,00059	17,9	0,99862	1,00041	18,9	0,99843	1,00022
19,0	0,99841	1,00020	20,0	0,99821	1,00000	21,0	0,99799	0,99979	22,0	0,99777	0,99957
19,1	0,99839	1,00018	20,1	0,99819	0,99998	21,1	0,99797	0,99977	22,1	0,99775	0,99954
19,2	0,99837	1,00016	20,2	0,99816	0,99996	21,2	0,99795	0,99974	22,2	0,99773	0,99952
19,3	0,99835	1,00014	20,3	0,99814	0,99994	21,3	0,99793	0,99972	22,3	0,99770	0,99950
19,4	0,99833	1,00012	20,4	0,99812	0,99992	21,4	0,99791	0,99970	22,4	0,99768	0,99947
19,5	0,99831	1,00010	20,5	0,99810	0,99990	21,5	0,99789	0,99968	22,5	0,99766	0,99945
19,6	0,99829	1,00008	20,6	0,99808	0,99987	21,6	0,99786	0,99966	22,6	0,99764	0,99943
19,7	0,99827	1,00006	20,7	0,99806	0,99985	21,7	0,99784	0,99963	22,7	0,99761	0,99940
19,8	0,99825	1,00004	20,8	0,99804	0,99983	21,8	0,99782	0,99961	22,8	0,99759	0,99938
19,9	0,99823	1,00002	20,9	0,99802	0,99981	21,9	0,99780	0,99959	22,9	0,99756	0,99936
23,0	0,99754	0,99933	24,0	0,99730	0,99909	25,0	0,99705	0,99884	26,0	0,99679	0,99858
23,1	0,99752	0,99931	24,1	0,99727	0,99907	25,1	0,99702	0,99881	26,1	0,99676	0,99855
23,2	0,99749	0,99929	24,2	0,99725	0,99904	25,2	0,99700	0,99879	26,2	0,99673	0,99852
23,3	0,99747	0,99926	24,3	0,99723	0,99902	25,3	0,99697	0,99876	26,3	0,99671	0,99850
23,4	0,99745	0,99924	24,4	0,99720	0,99899	25,4	0,99694	0,99874	26,4	0,99668	0,99847
23,5	0,99742	0,99921	24,5	0,99717	0,99897	25,5	0,99692	0,99871	26,5	0,99665	0,99844
23,6	0,99740	0,99919	24,6	0,99715	0,99894	25,6	0,99689	0,99868	26,6	0,99663	0,99842
23,7	0,99737	0,99917	24,7	0,99712	0,99892	25,7	0,99687	0,99866	26,7	0,99660	0,99839
23,8	0,99735	0,99914	24,8	0,99710	0,99889	25,8	0,99684	0,99863	26,8	0,99657	0,99836
23,9	0,99732	0,99912	24,9	0,99707	0,99887	25,9	0,99681	0,99860	26,9	0,99654	0,99833
27,0	0,99652	0,99831	28,0	0,99624	0,99803	29,0	0,99595	0,99774	30,0	0,99565	0,99744
27,1	0,99649	0,99828	28,1	0,99621	0,99800	29,1	0,99592	0,99771	30,1	0,99562	0,99741
27,2	0,99646	0,99825	28,2	0,99618	0,99797	29,2	0,99589	0,99768	30,2	0,99559	0,99738
27,3	0,99643	0,99822	28,3	0,99615	0,99794	29,3	0,99586	0,99765	30,3	0,99556	0,99735
27,4	0,99641	0,99820	28,4	0,99612	0,99791	29,4	0,99583	0,99762	30,4	0,99553	0,99732
27,5	0,99638	0,99817	28,5	0,99609	0,99788	29,5	0,99580	0,99759	30,5	0,99550	0,99729
27,6	0,99635	0,99814	28,6	0,99607	0,99785	29,6	0,99577	0,99756	30,6	0,99547	0,99726
27,7	0,99632	0,99811	28,7	0,99604	0,99783	29,7	0,99574	0,99753	30,7	0,99544	0,99723
27,8	0,99629	0,99808	28,8	0,99601	0,99780	29,8	0,99571	0,99750	30,8	0,99541	0,99720
27,9	0,99627	0,99806	28,9	0,99598	0,99777	29,9	0,99568	0,99747	30,9	0,99538	0,99716

CALCULOS

Calcule la masa del picnómetro y agua a la temperatura de ensayo como sigue:

$$M_{pw,t} = M_p + (V_p \times \rho_{w,t}) \qquad (2)$$

Dónde:

Mpw,c = masa del picnómetro y agua a la temperatura de ensayo (Tt), g,

Mp = masa promedio calibrada del picnómetro seco, g,

Vp = el volumen promedio calibrado del picnómetro, mL, y

ρw,t = la densidad del agua a la temperatura de ensayo (Tt), g/mL de la Tabla 2.

Calcule el peso específico de los sólidos de suelo a la temperatura de ensayo, Gt como sigue:

$$G_t = \frac{\rho_s}{\rho_{w,t}} = \frac{M_s}{(M_{\rho_{w,t}} \quad (M_{\rho_{ws,t}} \quad M_s))} \qquad (3)$$

Dónde:

ρs = La densidad del sólidos de suelo Mg/m3 o g/cm3,

ρw,t = la densidad del agua a la temperatura de ensayo (Tt), de la Tabla 2, g/Ml o g/cm3

Ms = la masa de los sólidos de suelo secadas al horno (g), y

Mρws,t = la masa del picnómetro, agua, y sólidos de suelo a la temperatura de ensayo, (Tt), g.

Calcule la gravedad específica de los sólidos de suelo a la a 20°C como sigue:

$$G_{20°C} = K \times G_t \qquad (4)$$

Dónde:

K = el coeficiente de temperatura dado en la Tabla 2.

Para sólidos de suelo conteniendo partículas más grandes que el tamiz de 4,75mm (Nº4) para el cual el Método de Ensayo ASTM C 127 fue usado para determinar el peso específico de estas partículas, calcule un peso específico promedio. El método de ensayo ASTM C 127 requiere que el ensayo sea realizado a 23 ± 1,7°C y no requiere que el dato de peso específico sea corregido a 20

°C. Use 7.1.3 para corregir esta medición a 20 ° C. Use la siguiente ecuación para calcular el peso específico promedio:

$$G_{avg@20°C} = \frac{1}{\frac{R}{100 \cdot G_{1@20°C}} + \frac{P}{100 \cdot G_{2@20°C}}} \qquad (5)$$

Dónde:

R = Porcentaje de suelo retenido en la malla 4,75mm

P = Porcentaje de suelo que pasa la malla 4,75mm

G1@20°C = Peso específico de suelos retenido en el tamiz 4,75mm como fue determinado por el método de ensayo ASTM C 127, corregido a 20°C.

G2@20°C = Peso específico de suelos que pasan el tamiz 4,75mm como fue determinado por estos métodos de ensayo (ecuación 4).
(MTC, 2016)

COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO).

FINALIDAD.

Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m3 (56 000 pie-lbf/pie3)).

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m3 (56000 pie-lbf/pie3)).

MUESTRA

- La masa de la muestra requerida para el Método A y B es aproximadamente 16 kg (35 lbm) y para el Método C es aproximadamente 29 kg (65 lbm) de suelo seco. Debido a esto, la muestra de campo debe tener un peso húmedo de al menos 23 kg (50 lbm) y 45 kg (100 lbm) respectivamente.
- Determinar el porcentaje de material retenido en la malla 4,75mm (Nº 4), 9,5mm (⅜ pulg) ó

  19.0mm (¾pulg) para escoger el Método A, B ó C. Realizar esta determinación separando una porción representativa de la muestra total y establecer los porcentajes que pasan las mallas de interés mediante el Método de Análisis por tamizado de Agregado Grueso y Fino (NTP 339.128 ó ASTM C 136). Sólo es necesario para calcular los porcentajes para un tamiz ó tamices de las cuales la información que se desea.

PROCEDIMIENTO

PREPARACION DE APARATOS

- Seleccionar el molde de compactación apropiado de acuerdo con el Método (A, B ó C) a ser usado.

  Determinar y anotar su masa con aproximación a 1 gramo. Ensamblar el molde, base y collar de extensión. Chequear el alineamiento de la pared interior del molde y collar de extensión del molde.

  Ajustar si es necesario.
- Revise que el ensamblado del pisón esté en buenas condiciones de trabajo y que sus partes no estén flojas ó gastado. Realizar cualquier ajuste ó reparación necesaria. Si los ajustes o reparaciones son hechos, el martillo deberá volver a ser calibrado.
- Calibración de los siguientes aparatos antes del uso inicial, después de reparaciones u otros casos que puedan afectar los resultados del ensayo, en intervalos no mayores que 1 000 muestras ensayadas o anualmente, cualquiera que ocurra primero; para los siguientes aparatos.

  a) Balanza.- Evaluar de acuerdo con especificaciones ASTM D 4753 (Especificaciones,

  Evaluación, Selección y Elección de Balanzas y Escalas para uso muestras de suelos y rocas.)

  b) Moldes.- Determinar el volumen como se describe en Anexo A1.

  c) Pisón Manual.- Verifique la distancia de caída libre, masa del pisón y la cara del pisón de acuerdo con 4.1.2 de este ensayo. Verificar los requisitos de la guía de acuerdo con 4.1.2.1 de este ensayo.

  d) Pisón Mecánico.- Calibre y ajuste el pisón mecánico de acuerdo al Método de Ensayo ASTM D 2168 (Calibración de Pisón Mecánico de Compactación de Suelos en Laboratorio) Además, el espacio libre entre el pisón y la superficie interior del molde debe verificarse de acuerdo a

  4.1.2.2 de este ensayo.

PREPARACION DEL ENSAYO

SUELOS

- No vuelva a usar el suelo que ha sido compactado previamente en Laboratorio.
- Utilice el método de preparación húmedo y cuando se ensaye con suelos que contienen hallosita hidratada o donde la experiencia con determinados suelos indica que los resultados pueden ser alterados por el secado al aire, (ver 6.2.2 de este ensayo).

- Preparar los especímenes del suelo para el ensayo de acuerdo al párrafo 6.2.2 (de preferencia) o con 6.2.3 de este ensayo.

  METODO DE PREPARACION HUMEDA (PREFERIBLE)
- Sin secado previo de la muestra, pásela a través del tamiz 4,75mm (Nº 4); 9,5mm (⅜ pulg) ó 19,0 mm (¾ pulg), dependiendo del Método a ser usado (A, B ó C). Determine el contenido de agua del suelo procesado.
- Prepare mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes con contenidos de agua de modo que éstos tengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado. Un espécimen que tiene un contenido de humedad cercano al óptimo deberá ser preparado primero, añadiendo al cálculo agua y mezcla (ver Nota 6). Seleccionar los contenidos de agua para el resto de los especímenes de tal forma que resulten por lo menos dos especímenes húmedos y dos secos de acuerdo al contenido óptimo de agua, que varíen alrededor del 2%. Como mínimo es necesario dos contenidos de agua en el lado seco y húmedo del óptimo para definir exactamente la curva de compactación del peso seco unitario (ver 7.1.1 de este ensayo). Algunos suelos con muy alto óptimo contenido de agua ó una curva de compactación relativamente plana requieren grandes incrementos de contenido de agua para obtener un Peso Unitario Seco Máximo bien definido. Los incrementos de contenido de agua no deberán excederán de 4%.

- Usar aproximadamente 2,3 kg (5 lbm) del suelo tamizado en cada espécimen que se compacta empleando el Métodos A ó B; ó 5,9 kg (13 lbm) cuando se emplee el Método C. Para obtener los contenidos de agua del espécimen que se indica en 6.2.2.2 de este ensayo, añada o remueva las cantidades requeridas de agua de la siguiente manera: Añada poco a poco el agua al suelo durante la mezcla; para sacar el agua, deje que el suelo se seque en el aire a una temperatura de ambiente o en un aparato de secado de modo que la temperatura de la muestra no exceda de 60ºC (140ºF).

  Mezclar el suelo continuamente durante el proceso de secado para mantener la distribución del contenido agua en todas partes y luego colóquelo aparte en un contenedor con tapa y ubíquelo de acuerdo con la Tabla Nº1 antes de la compactación. Para seleccionar un tiempo de espera, el suelo debe ser clasificado ò seleccionado mediante el método de ensayo NTP 339.134, la práctica

ASTM D 2488 o mediante datos de otras muestras del mismo material de origen. Para ensayos de determinación, la clasificación deberá ser por Método de ensayo NTP 339.134 (ASTM D 2487)

METODO DE PREPARACION EN SECO

- Si la muestra está demasiado húmeda, reducir el contenido de agua por secado al aire hasta que el material sea friable. El secado puede ser al aire o por el uso de un aparato de secado tal que la temperatura de la muestra no exceda de 60 ºC. Disgregar por completo los grumos de tal forma de evitar quebrar las partículas individuales. Pasar el material por el tamiz apropiado: 4,75 mm (Nº4); 9,5 mm (⅜ pulg) ó 19,0 mm (¾ pulg). Durante la preparación del material granular que pasa la malla ¾ pulg para la compactación en el molde de 6 pulgadas, disgregar o separar los agregados lo suficientemente para que pasen el tamiz 9,5 mm (⅜ pulg) de manera de facilitar la distribución de agua a través del suelo en el mezclado posterior.
- Preparar mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes.
- Usar aproximadamente 2,3 kg (5 lbm) del suelo tamizado para cada espécimen a ser compactado cuando se emplee el Método A, B ó 5,9 kg (13 libras) cuando se emplee el Método C. Añadir las cantidades requeridas de agua para que los contenidos de agua de los especímenes tengan los valores descritos en 6.2.2.2 de este ensayo. Seguir la preparación del espécimen por el procedimiento especificado en 6.2.2.3 de este ensayo para los suelos secos ó adicionar agua en el suelo y el curado de cada espécimen de prueba.

Compactación.- Después del curado, si se requiere, cada espécimen se compactará de la siguiente manera:

- Determinar y anotar la masa del molde ó molde y el plato de base.
- Ensamble y asegure el molde y el collar al plato base. El molde se apoyará sobre un cimiento uniforme y rígido, como la proporcionada por un cilindro o cubo de concreto con una masa no menor de 91 kg (200 lbm). Asegurar el plato base a un cimiento rígido. El método de unión al cimiento rígido deberá permitir un desmolde fácil del molde ensamblado, el collar y el plato base después que se concluya la compactación.
- Compactar el espécimen en cinco capas. Después de la compactación, cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor. Antes de la compactación, colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme. Suavemente apisonar el suelo antes de la compactación hasta que este no esté en estado suelto o esponjoso, usando el pisón manual de compactación o un cilindro de

5 mm (2 pulg) de diámetro. Posteriormente a la compactación de cada uno de las cuatro primeras capas, cualquier suelo adyacente a las paredes del molde que no han sido compactado o extendido cerca de la superficie compactada será recortada. El suelo recortado puede ser incluido con el suelo adicional para la próxima capa. Un cuchillo u otro aparato disponible puede ser usado. La cantidad total de suelo usado será tal que la quinta capa compactada se extenderá ligeramente dentro del collar, pero no excederá 6 mm (1/4pulg) de la parte superior del molde. Si la quinta capa se extiende en más de 6 mm (1/4pulg) de la parte superior del molde, el espécimen será descartado. El espécimen será descartado cuando el último golpe del pisón para la quinta capa resulta por debajo de la parte superior del molde de compactación.

- Compactar cada capa con 25 golpes para el molde de 101,6 mm (4 pulg) ó 56 golpes para el molde de 152,4 mm (6 pulgadas).

  Al operar el pisón manual del pisón, se debe tener cuidado de evitar la elevación de la guía mientras el pisón sube. Mantener la guía firmemente y dentro de 5º de la vertical. Aplicar los golpes en una relación uniforme de aproximadamente 25 golpes/minuto y de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen.
- Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde, excepto como se especifica en 6.2.4.7 de este ensayo. El cuchillo debe usarse para ajustar o arreglar el suelo adyacente al collar, soltando el suelo del collar y removiendo sin permitir el desgarro del suelo bajo la parte superior del molde.
- Cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, por medio de una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana en la parte superior e inferior del molde. Un corte inicial en el espécimen en la parte superior del molde con un cuchillo puede prevenir la caída del suelo por debajo de la parte superior del molde. Rellenar cualquier hoyo de la superficie, con suelo no usado o cortado del espécimen, presionar con los dedos y vuelva a raspar con la regla recta a través de la parte superior e inferior del molde. Repetir las operaciones anteriores en la parte inferior del espécimen cuando se halla determinado el volumen del molde sin el plato base. Para suelos muy húmedos o muy secos, se perderá suelo o agua si el plato base se remueve. Para estas situaciones, dejar el plato base fijo al molde. Cuando se deja unido el plato base, el volumen del molde deberá calibrarse con el plato base unido al molde o a un plato de plástico o de vidrio como se especifica en el anexo A1 (A.1.4.1 de este ensayo).

- Determine y registre la masa del espécimen y molde con aproximación al gramo. Cuando se deja unido el plato base al molde, determine y anote la masa del espécimen, molde y plato de base con aproximación al gramo.
- Remueva el material del molde. Obtener un espécimen para determinar el contenido de agua utilizando todo el espécimen (se refiere este método) o una porción representativa. Cuando se utiliza todo el espécimen, quiébrelo para facilitar el secado. De otra manera se puede obtener una porción cortando axialmente por el centro del espécimen compactado y removiendo 500 g del material de los lados cortados. Obtener el contenido de humedad de acuerdo al Método ensayo NTP 339.127.

CALCULOS

- Calcule el Peso Unitario Seco y Contenido de Agua para cada espécimen compactado como se explica en 7.1.3 y 7.1.4 de este ensayo, plotee los valores y dibuje la curva de compactación como una curva suave a través de los puntos (ver ejemplo, Fig. 3). Plotee el Peso Unitario Seco con aproximación 0,2 kN/m3 (0,1 lbf/pie3) y contenido de agua aproximado a 0,1%. En base a la curva de compactación, determine el Óptimo Contenido de Agua y el Peso Unitario Seco Máximo. Si más de 5% en peso del material sobredimensionado (tamaño mayor) fue removido de la muestra, calcular el Peso unitario seco máximo y óptimo contenido de Humedad corregido del material total usando la Norma ASTM D 4718. Esta corrección debe realizarse en el espécimen de ensayo de densidad de campo, más que al espécimen de ensayo de laboratorio.
- Plotear la curva de saturación al 100%. Los valores de contenido de agua para la condición de 100% de saturación puede ser calculada como se explica en 7.1.5 de este ensayo.

Contenido de Agua, w.- Calcular de acuerdo con Método de Ensayo NTP 339.127.

- Unitario Seco.- Calcular la densidad húmeda (ecuación 1), la densidad seca (ecuación 2) y luego el Peso Unitario Seco (ecuación 3) como sigue:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V} \qquad (1)$$

Dónde:

ρm = Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m3)

Mt = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)

Mmd = Masa del molde de compactación (kg)

V = Volumen del molde de compactación (m3)

$$\rho_d = \frac{p_m}{1+\frac{w}{100}} \qquad (2)$$

Donde:

p_d = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m^3)

w = contenido de agua (%)

$$\gamma_d = 62{,}43\ \rho_d \text{ en } lbf/pie^3 \qquad (3)$$

$$\gamma_d = 9{,}807\ \rho_d \text{ en } kN/m^3$$

Donde:

γ_d = peso unitario seco del espécimen compactado.

7.1.5 En el cálculo de los puntos para el ploteo de la curva de 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, seleccione los valores correspondientes de contenido de agua a la condición de 100% de saturación como sigue:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s)-\gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100 \qquad (4)$$

Donde:

W_{sat} = Contenido de agua para una saturación completa (%).

γ_w = Peso unitario del agua 9,807kN/m^3 ó (62,43 lbf/ pie^3).

γ_d = Peso unitario seco del suelo.

Gs = Gravedad específica del suelo.

(MTC, 2016)

SISTEMAS DE CLASIFICACION DE LOS SUELOS.

Ver en anexos.

(MTC, 2016)

METODO AASHTO PARA EL DISEÑO PAVIMENTOS.

Diseño de pavimentos flexibles método AASHTO 93

Objetivos Método AASTHO 93

- Estudiar los diferentes parámetros involucrados en el diseño de pavimentos flexibles
  Aprender calcular los espesores para las diferentes capas que componen un pavimento flexible por el método AASHTO.

- Comparar las diferentes tablas y gráficos brindadas por el método AASHTO 93 y adaptadas en el MINISTERIO DE TRANPORTE Y TELECOMUNICACIONES (MTC).
- Verificar que se cumplan los espesores mínimos recomendados por el AASHTO 93

(USAT, 2017)

DETERMINACION EL CBR

Tabla 8: clasificación del suelo de acuerdo al CBR.

CBR %	CLASIFICACION	USOS
(0 - 3)	muy pobre	subrasante
(3 - 7)	pobre a regular	subrasante
(7 - 20)	regular	subbase
(20 - 50)	bueno	subbase y base
> 50	excelente	base

Tabla 9: percentil para determinar el CBR de la sub-rasante

NUMERO DE EJES DE 8.2 Tn EN EL CARRIL DE DISEÑO	PERCENTIL A SELECCIONAR PARA SUBBASE Y BASE
≤ 10^4	60
10^-10^6	75
≥10^6	87,5

(USAT, 2017)

PROCEDIMIENTO:

• Se ordenan los valores de menor a mayor, y se determina el número y porcentaje de valores iguales o mayores que cada uno.

• Se dibuja un gráfico que represente los valores CBR contra los porcentajes recién calculados, y con la curva que se obtenga se termina el CBR para el percentil elegido.

PERIODO DE DISEÑO:

El estudio del tráfico, deberá proporcionar la información del índice medio diario anual (IMDA).

• La información requerida para los estudios del tráfico, se conformará con muestreos orientados a calcular el IMDA del tramo, empezando por la demanda volumétrica actual de los flujos clasificados por tipo de vehículos en cada sentido del tráfico. La demanda de carga por eje, y la presión de los neumáticos en el caso de vehículos pesados, guarda relación directa con el deterioro del pavimento.

• El tráfico es uno de los parámetros más importantes para el diseño de pavimentos. Para obtener este dato es necesario determinar el número de repeticiones de cada tipo de eje durante el periodo de diseño, a partir de un tráfico inicial medido en el campo.

Tabla 10: peso vehicular.

EJE (S)	NEUMATICO	TOLERNACIA
simple	2	350 kg
simple	4	550 kg
doble	6	800 kg
doble	8	900 kg
triple	10	1150 kg
triple	12	1250 kg
tolerancia = exceso de peso permitido		

Peso Bruto Vehicular Máximo = 48, 000 Kg. Método Aastho 93 (USAT, 2017)

Factor Direccional y Factor Carril

Factor Direccional.

A menos que existan consideraciones especiales, se considera una distribución del 50% del tránsito para cada dirección. En algunos casos puede variar de 0,3 a 0,7 dependiendo de la dirección que acumula mayor porcentaje de vehículos cargados.

Factor De Distribución Por Carril

En una carretera de dos carriles, uno en cada dirección, el carril de diseño es uno de ellos, por lo tanto el factor de distribución por carril es 100%. Para autopistas multicarriles el carril de diseño es el carril exterior y el factor de distribución depende del número de carriles en cada dirección que tenga la autopista. En la tabla siguiente se muestran los valores utilizados por la AASHTO:

Tabla 11: Valores utilizados por AASHTO

No. carriles en cada dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes de 18 kips en el carril de diseño (*Fc*)
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4 ó más	50 – 75

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

% ESAL EN EL CARRIL DE DISEÑO

Tabla 12: Porcentaje para el carril de diseño.

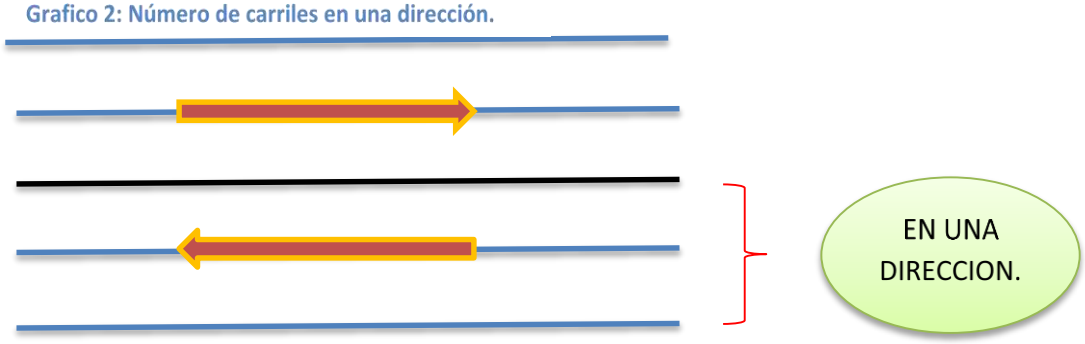
CBR % Sub rasante	Módulo resiliente subrasante (MR) PSI.	Módulo resiliente subrasante

Nº CARRILES EN 1 DIRECCION

CBR % Sub rasante	Módulo resiliente sub-rasante (MR) PSI.	Módulo resiliente sub-rasante (MR) (MPA)

Nº CARRILES EN 1 DIRECCION

Grafico 2: Número de carriles en una dirección.



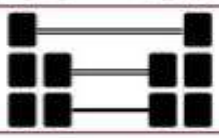
(USAT, 2017)

Número de Repeticiones De Ejes Equivalentes.

Las cargas de tráfico vehicular impuestas a pavimento, están expresadas en ESALS (Equivalent single axle loads) 18-kip u 80KN u 8.2 tn, lo cual se denominará como ejes equivalentes (EE). La sumatoria de ESALs durante el periodo de diseño es referida como (W18) o ESALD, denominadas como número de repeticiones de EE, para 8.2 tn.

Los EE son factores de equivalencia, que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforma cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento.

Grafico 3: Cargas de tráfico vehicular.

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	N° 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	

Fuente: Guía AASHTO-93.
Nota RS : Rueda Simple RD : Rueda Doble

(USAT, 2017)

Crecimiento de Tránsito

El pavimento, debe ser diseñado para servir adecuadamente la demanda de tránsito durante un periodo de años.

Tabla 13: Según el crecimiento de tránsito.

Período de diseño, años (*n*)	Tasa de crecimiento anual, gen porcentaje							
	Sin Crecimiento	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.18	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

$$Fca = \frac{(1+n)^n - 1}{r}$$

Donde:
r = tasa anual de crecimiento
n = periodo de diseño

Cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes

$$N° rep.EE_{8.2tn} = \sum(EE_{día-carril} x Fca x 365)$$

La expresión se utilizará por tipo de vehículo, el resultado será la sumatoria de los diferentes tipos de vehículos pesados considerados.

$$EE = IMDxFdxFcxFvh$$

(USAT, 2017)

VARIABLES PARA EL DISEÑO

El diseño de pavimentos flexibles será hasta 10 años para caminos de bajo volumen de tránsito y para periodos de diseño por dos etapas de 10 años y periodo de diseño en una etapa de 20 años.

Restricciones de Tiempo.

Periodo de Diseño

Duración inicial de la estructura del pavimento.

Lapso entre dos rehabilitaciones sucesivas.

Periodo de Análisis

Periodo para el cual se va a adelantar el análisis.

Ecuación básica para el diseño de la estructura de un pavimento flexible.

Fórmula de la Aashto Road Test.

$$\log W_{18} = Z_R S_O + 9.36 Log(SN+1) + \frac{\log(\Delta PSI)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

Dónde:

$W18$= Número de ejes equivalentes.

ZR= Coeficiente estadístico de desviación estándar.

SO= Desviación estándar combinada.

SN= Número estructural. ΔPSI= Variación de serviciabilidad.

$M\ R$= Módulo de Resiliencia. Método AASTHO 93

24. Módulo de Resiliencia (***M R***)

• Es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante.

• En el cálculo debe determinarse mediante el ensayo de resiliencia de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO.

• Los materiales de la subrasante se caracterizan mediante el módulo resiliente o elástico.

$$M_R(psi) = 2555 * CBR^{0,64}$$

25. Según el Método AASHTO 1993 considera.

Que le módulo de resiliencia se obtiene de la correlación del CBR mediante.

Para CBR<10%

$$\boldsymbol{M\ (psi)} = 1500 * CBR$$

Para CBR de 10% a 20%

$$M_R(psi) = 3000 * CBR^{0,65}$$

Para CBR>20%

$$\boldsymbol{M\ (psi)} = 4326 * LnCBR+241$$

Según el Método AASHTO 2002 considera.

Un módulo de resiliencia con el CBR que rige; los datos obtenidos mediante la fórmula sopara todos los casos más afines a las a las propiedades del suelo.

$$M_R(psi) = 2555 * CBR^{0,64}$$

CBR % Sub rasante	modulo resiliente subrasante (MR) PSI.	modulo resiliente subrasante (MR) (MPA)
6,00	8,043,00	55,45
7,00	8,877,00	61,20
8,00	9,669,00	66,67
9,00	10,426,00	71,88
10,00	11,153,00	76,90
11,00	11,854,00	81,73
12,00	12,533,00	86,41
13,00	13,192,00	90,96
14,00	13,833,00	95,38
15,00	14,457,00	99,68
16,00	15,067,00	103,88
17,00	15,663,00	107,99
18,00	16,247,00	112,02
19,00	16,819,00	115,96
20,00	17,380,00	119,83

21,00	17,931,00	123,63
22,00	18,473,00	127,37
23,00	19,006,00	131,04
24,00	19,531,00	134,66
25,00	20,048,00	138,23
26,00	20,558,00	141,74
27,00	21,060,00	145,20
28,00	21,556,00	148,62
29,00	22,046,00	152,00
30,00	22,529,00	155,33

(USAT, 2017)

Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar (Zr)

• Representa el valor de la confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal.

Según el manual de carreteras:

Tabla 14: coeficiente estadístico de la desviación estándar normal (Zr) para dos etapas de diseño de 10 años cada una según el nivel de confiabilidad seleccionado y rango de tráfico.

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P0}	100,001	150,000	-0.878
	T_{P1}	150,001	300,000	-0.994
	T_{P2}	300,001	500,000	-1.126
	T_{P3}	500,001	750,000	-1.227
	T_{P4}	750,001	1,000,000	-1.227
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	-1.405
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	-1.405
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	-1.405
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	-1.645
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	-1.645
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	-1.645
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	-1.645
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	-1.881
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	-1.881
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	-1.881
	T_{P15}	>30'000,000		-1.881

Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar (Zr)

• Para calcular el coeficiente estadístico de desviación estándar.

También se puede utilizar el porcentaje de confiabilidad adoptado para el diseño.

Tabla 15: valores de Z, en función de la confiabilidad R.

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z_r
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de pavimentos, AASHTO, 1,993

(USAT, 2017)

DESVIACIÒN ESTANDAR COMBINADA (SO)

Es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento.

Para pavimentos flexibles
$0.4 < So < 0.5$

Se recomienda usar 0.45

INDICE DE SERVICIALIDAD (PSI)

La Servicialidad es la condición de un pavimento para proveer un manejo seguro y confortable a los usuarios en un determinado

$$PSI = P_o - P_t$$

Factores que Intervienen en el Diseño de un Pavimento:

Factores

- Cargas impuestas por el tránsito.
- La temperatura y la humedad.
- El tipo de suelo o subrasante.
- La calidad de los materiales empleados.
- Deficiencias durante el proceso constructivo.

Características de los Materiales Del Pavimento

- La caracterización de las diversas capas del pavimento se efectúa a través de sus módulos de elasticidad, obtenidos por ensayos de laboratorio. El método no presenta requisitos específicos respecto de la calidad de los materiales de sub-base, resultando aceptable cualquier material.
- La sub base: Se requiere del empleo de un coeficiente de capa (a3) para convertir su espesor en un número estructural.
- La base: Podrá ser granular o estabilizada y los requisitos de calidad deben ser mayores que de la sub base, el material tendrá un coeficiente (a2).
- La capa de rodadura: Consistirá en una mezcla de agregados pétreos y un producto bituminoso.

  La mezcla deberá ser diseñada para resistir la fuerza abrasiva del tránsito y proporcione una superficie antideslizante y prevenga la penetración del agua superficial.

  (USAT, 2013)

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Características Estructurales Del Pavimento.

Drenaje

Para el diseño del pavimento flexible, también depende de los coeficientes de drenaje de las capas granulares de base y sub base.

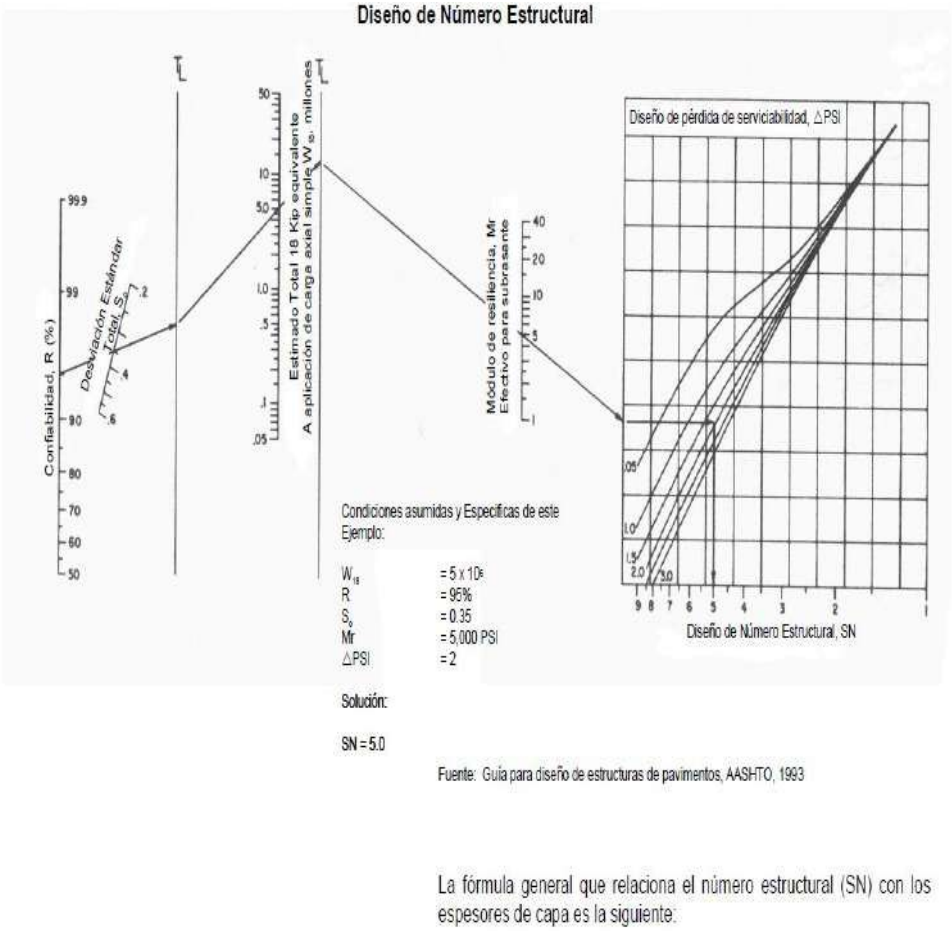
Coeficiente De Drenaje: Su finalidad es tomar en cuenta la influencia del drenaje en la estructura del pavimento.

Esta dado por:

- Calidad de drenaje
- Exposición a la saturación

DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

Selección de los espesores de las capas.

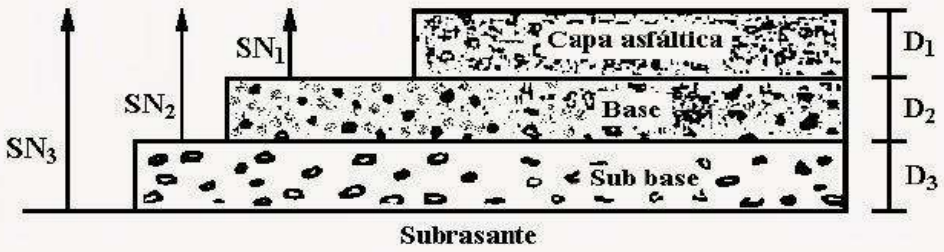


Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993

La fórmula general que relaciona el número estructural (SN) con los espesores de capa es la siguiente:

Figuras 9: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993.

Determinado el número estructural, el paso siguiente consiste en identificar un conjunto de Capas cuyos espesores, convenientemente combinados, proporcionan la capacidad portante correspondiente a dicho SN.



$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

Se adopta un espesor D_1 ligeramente mayor y el número estructural absorbido por esta capa será:

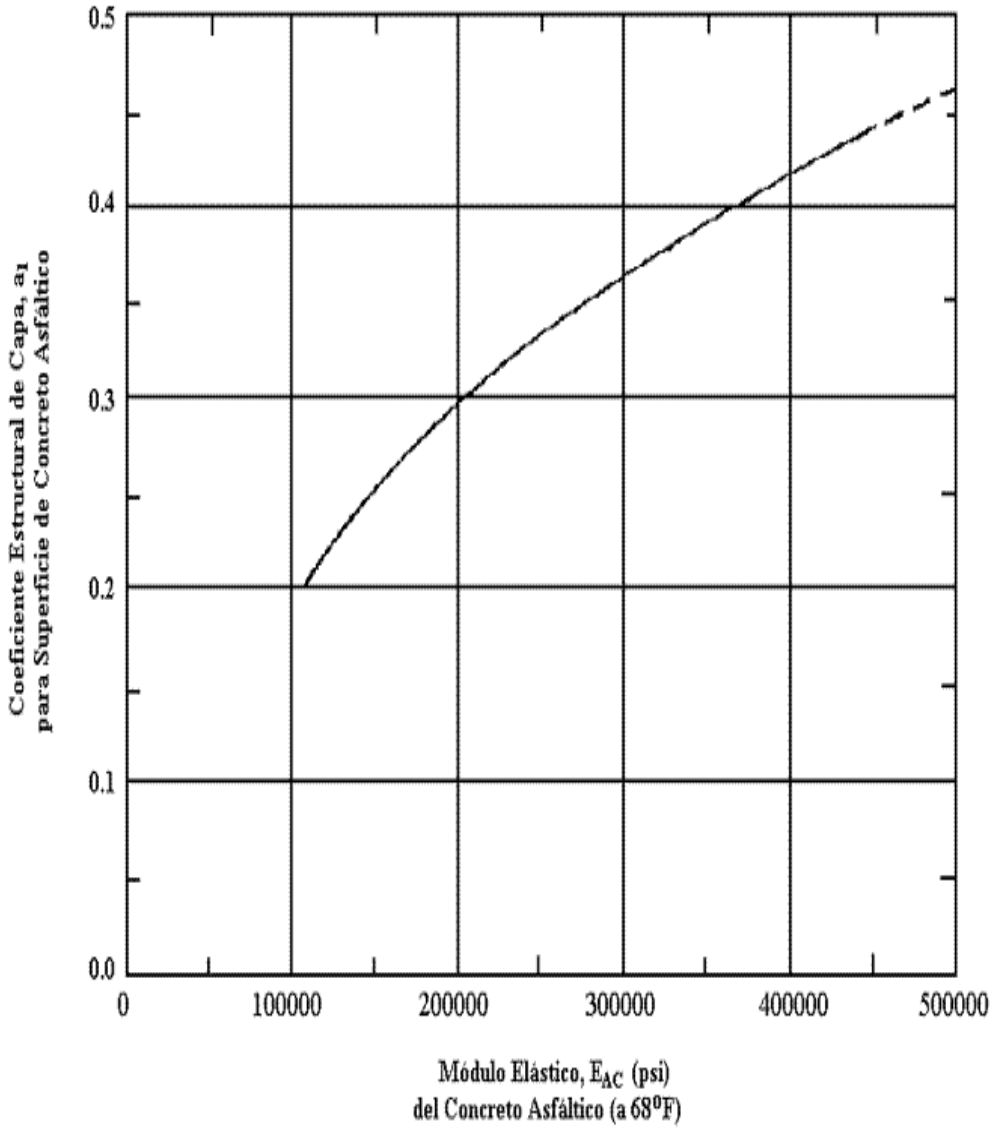
$$SN_1 = a_1 \cdot D_1$$

SN = a1*D1+a2*D2*m2+a3*D3*m3

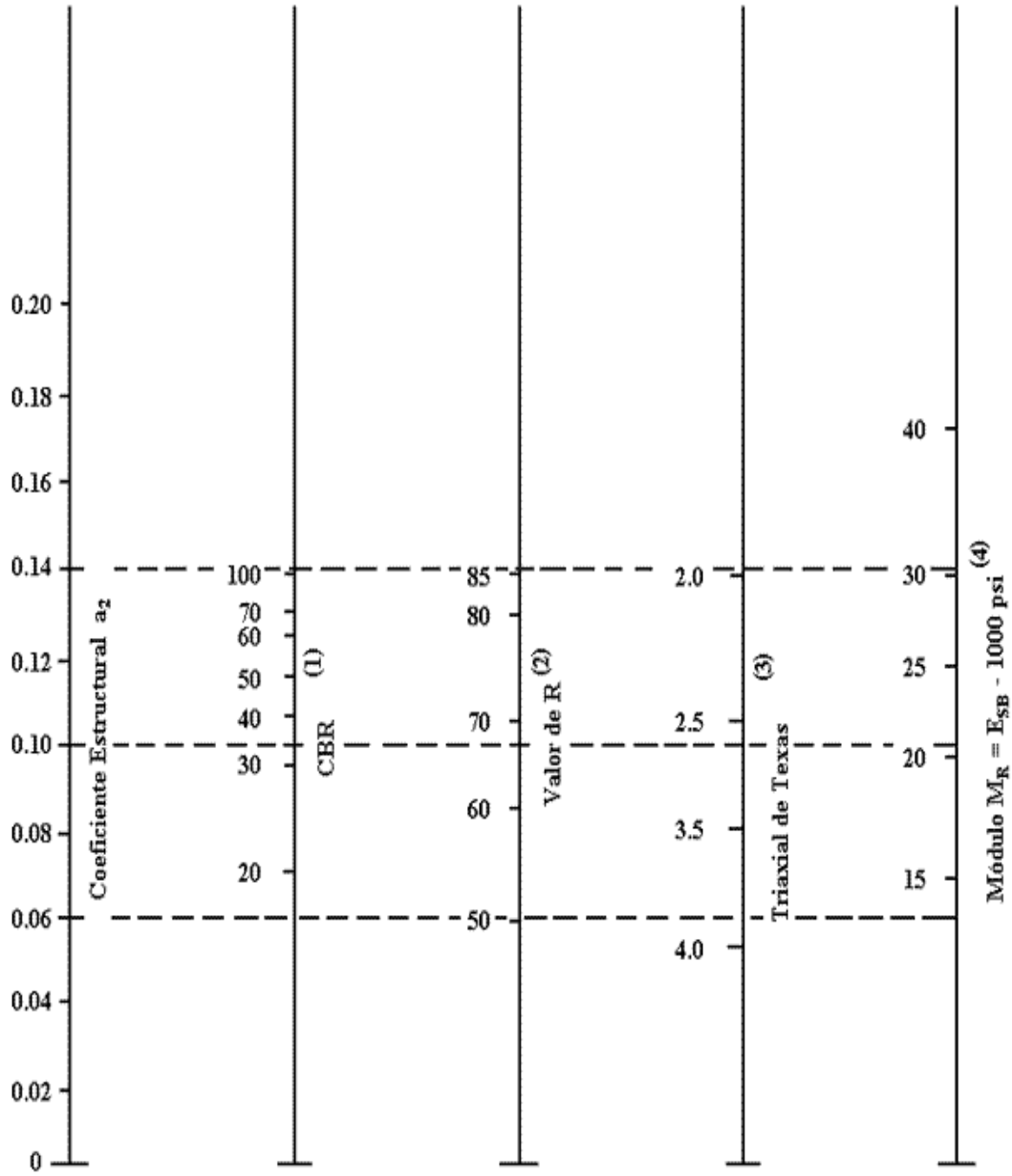
a1, a2, a3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

d1, d2, d3 = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

m2, m3 = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase

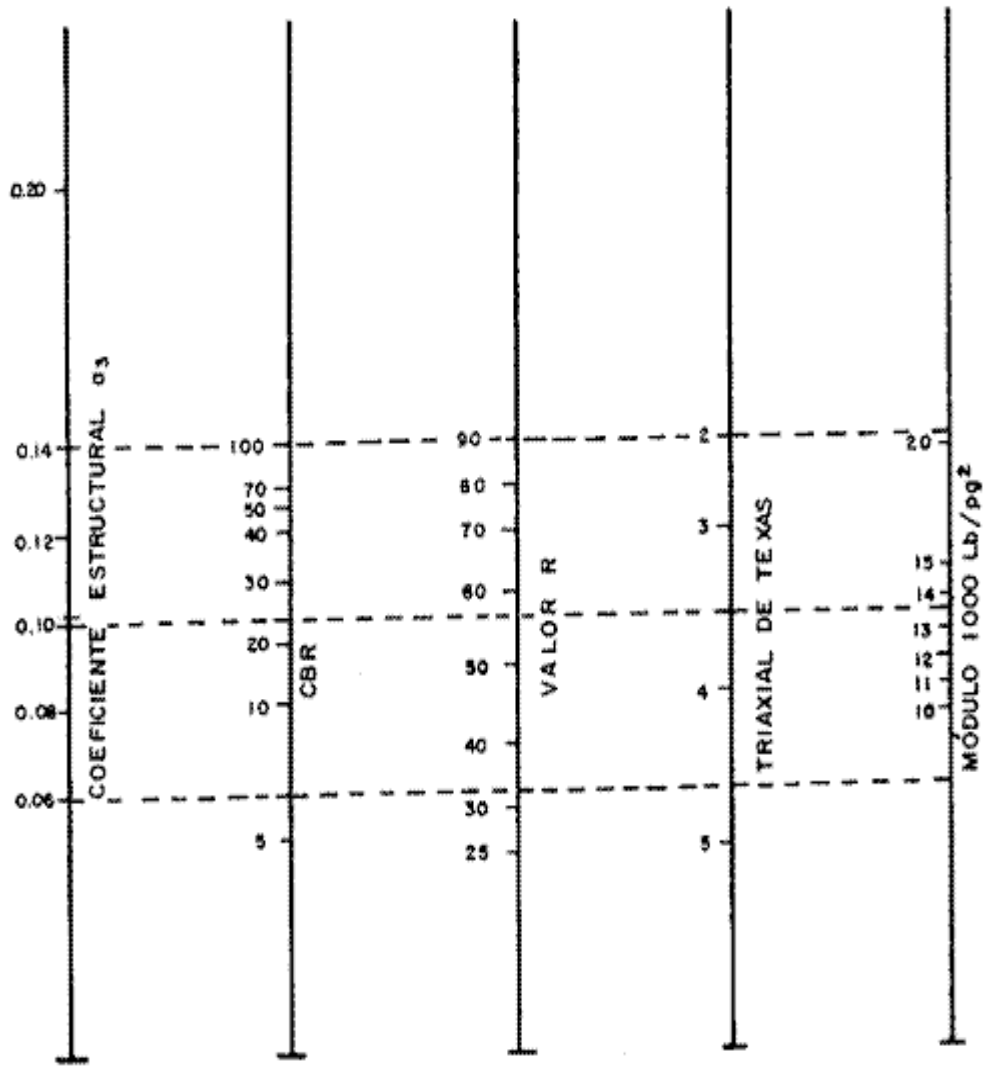


Figuras 10: Para hallar a1 en función del módulo de elasticidad de c. asfaltico.



(1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
(2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexivo y Wyoming.
(3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
(4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Figuras 11: Variación del coeficiente a2 con diferente parámetros de resistencia de la base granular.



Figuras 12: Variación del coeficiente a3 con diferentes parámetros de resistencia se la sub-base.

Tabla 16: Coeficiente "a1"- según MTC

COEFICIENTE "a_1" MTC			
COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL A_1	OBSERVACION
Carpeta asfáltica en caliente, modulo 2,965 MPa (430,00 PSI) a 20 ^{0}C (68 ^{0}F)	a_1	0,170 /cm	Capa superficial recomendada para todos los tipos de tráfico.
Carpeta asfáltica en frio. Mezcla asfáltica con emulsión	a_1	0,125 /cm	Capa superficial recomendada para tráfico < 1000,000 EE
Micro pavimento 25 mm	a_1	0,130 / cm	Capa superficial recomendada para tráfico < 1000,000 EE
Tratamiento superficial bicapa.	a_1	(*)	Capa superficial recomendada para tráfico < 1000,000 EE. No aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas , y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
lechada asfáltica de 12 mm	a_1	(*)	Capa superficial recomendada para tráfico < 1000,000 EE. No aplica en

			tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) No se considera por no tener aporte estructural.			

Tabla 17: Coeficiente "a2, a3"- según MTC

COEFICIENTE "a_2,a_3" MTC			
COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL A_1	OBSERVACION
BASE			
Base granular CBR 80% compactada al 100% de la MDS	a_2	0,052 / cm	Capa de base recomendada para trafico ≤ 10000,000 EE
Base granular CBR 80% compactada al 100% de la MDS	a_2	0,054 / cm	Capa de base recomendada para trafico ≤ 10000,000 EE
Base granular tratada con asfalto (estabilidad marshall = 1500 lib).	a_{23}	0,115 / cm	Capa recomendada para todos los tipos de tráfico.

Base granular tratada con cemento (resistencia a la comprensión 7 días = 35 kg/cm)	a_{23}	0,070 / cm	Capa recomendada para todos los tipos de tráfico.
base granular tratada con cemento (resistencia a la comprensión 7 días = 12 kg/cm)	a_{23}	0,060 / cm	Capa recomendada para todos los tipos de tráfico.
SUBBASE			
SubBase granular CBR 40% compactada al 100% de la MDS	a_3	0,047 / cm	Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40%. Para todos los tipos de trafico

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

El desarrollo de proyectos viales genera alteraciones ambientales y sociales, las mismas que se verifican durante el proceso constructivo, así como, durante la operatividad del mismo. Dentro de los mayores impactos causados se incluyen los daños a los ecosistemas sensibles, la pérdida de tierras agrícolas productivas, el reasentamiento de poblaciones, la alteración permanente de las actividades económicas locales, los cambios demográficos, la urbanización acelerada y la perdida de los elementos culturales. Los impactos ambientales causados por el desarrollo de las actividades viales, son de naturaleza diversa, consiguientemente requieren de una adecuada evaluación.

El Estudio de Impacto Ambiental – EIA es una herramienta técnica de carácter legal de naturaleza multidisciplinaria, que incorporada al procedimiento de la evaluación de impacto ambiental se realiza sobre un proyecto o actividad, a fin de , identificar y evaluar , las consecuencias o alteraciones ambientales que pueden generar la ejecución de un determinado proyecto, sobre el medio físico, biológico, socioeconómico y cultural, estableciendo así mismo, las acciones de prevención y mitigación, orientadas a preservar las condiciones del medio. La Evaluación de Impacto Ambiental, se aplica tanto a proyectos y actividades del sector público como privado. El objetivo es asegurar que el desarrollo de sus actividades sea sustentable desde el punto de vista del medio ambiente y el desarrollo social.

Los estudios de impacto ambiental, tienen las siguientes características:

- Son estudios predictivos apoyados en información científica, que involucra un análisis de datos de un mismo nivel de resolución, relacionados con el proyecto y el ambiente, para establecer relaciones entre ellos y puedan ser interpretados en su conjunto.
- Son el producto de un análisis multidisciplinario, donde diferentes especialistas interactúan para lograr una visión integral de las variables en estudio.
- Son estudios que incorporan el análisis ambiental de las acciones bajo un marco metodológico variado, por lo que la elección de los métodos más adecuados requiere de un conocimiento inicial del proyecto a

ejecutar y de las características generales del medio donde se va a implementar el proyecto.

- Son estudios que hacen referencia a los efectos negativos y positivos que conllevan a las acciones humanas, mediante la comparación de una situación ambiental existente previa a la implementación de una acción humana con aquella que se generará como consecuencia de la implementación y operación. También se analizan los beneficios – que se pueden conseguir a través de la ejecución de las mismas.

La necesidad de los EIA está ampliamente justificada por constituir una herramienta importante para identificar la diversidad de impactos que se generan sobre los diferentes parámetros ambientales durante la construcción de las vías, los cuales varían de acuerdo a las características de cada proyecto vial. Las metodologías para el desarrollo de los estudios son también diversas, utilizando para la identificación de impactos, matrices, redes, listas de comprobación y sistemas combinados, siempre en relación con la naturaleza del causa-efecto. En tal sentido, el EIA, se convierte en un documento que es responsabilidad del consultor tanto como del evaluador y es considerado una Declaración Jurada.

(MTC, 2005)

CAPITULO IV. DESARROLLO DE TESIS.

4.1. INFORME GEODESICO Y TOPOGRAFICO

"PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA PASAJE I DEL CENTRO URBANO INFORMAL DEL SECTOR SAN MIGUEL DISTRITO DE TRUJILLO, 2017"

A.- GEODESIA

I. MEMORIA DESCRIPTIVA

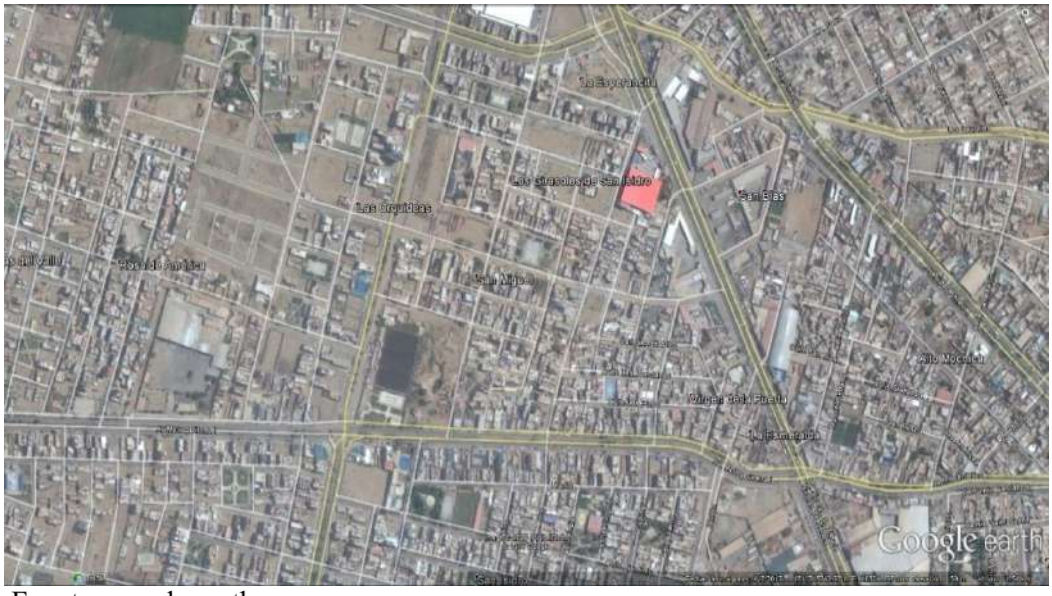
1.1. UBICACIÓN EN LA ZONA DE TRABAJO

El proyecto se encuentra ubicado en el área metropolitana de la ciudad de Trujillo-Provincia de Trujillo-Departamento La Libertad.

Trujillo es la capital del departamento peruano de La Libertad, la ciudad más poblada del norte del Perú y la tercera ciudad más poblada del país; tiene al año 2015, una población estimada de 799,550 habitantes; se encuentra ubicada en la costa norte peruana, a una altitud media de 34.00 m.s.n.m . En la margen derecha del río Moche a orillas del Océano Pacífico, en el Valle de Moche o Santa Catalina y se extiende sobre una superficie aproximada de 50 Km2.

LA ZONA DE TRABAJO

Figura 14: Vista panorámica



Fuente: google earth

1.2. CONDICIONES EN LA ZONA DE TRABAJO

1.2.1 CLIMA

La ciudad de Trujillo es de clima benigno y de escasas lluvias, con temperatura modera que varía entre los 14º y 30ºC debido a la corriente de Humboldt.

Trujillo presenta un clima caluroso en los días de verano y fresco y agradable durante la noche por efecto de la brisa marina. Tiene una temperatura promedio anual de 18°C y las temperaturas extremas mínima y máxima fluctúan alrededor de17°C y 28 °C en verano, respectivamente. Presenta lluvias que son ligeras y esporádicas. Entre junio y setiembre, sus campiñas son humedecidas por leves garúas y se registra una temperatura mínima de 7°C.

Durante la ejecución de los trabajos el clima fue soleado en todo el lugar donde se realizaron las mediciones con una temperatura de 18°C.

1.2.2 RELIEVE

Trujillo está establecida sobre una llanura de la costa del departamento de la Libertad y presenta una topografía suave, por lo cual su relieve es poco accidentado, pues se asienta sobre una planicie de la provincia de Trujillo. Las zonas de baja altitud de la ciudad se encuentran muy cerca al océano Pacífico y las zonas de mayor altitud están próximas a las primeras estribaciones andinas que se presentan en la zona.

I.3. ALCANCES DEL TRABAJO

El trabajo de geodesia consistió en la determinación de las coordenadas geodésicas (proyección UTM WGS 84) de los puntos de control ubicados estratégicamente a lo largo del recorrido de los tramos en estudio, se georreferenciaron 2 (dos) hitos para el control horizontal del proyecto.

Este trabajo tuvo actividades tales como:

- Colocación de dos hitos de concreto en la zona o área de trabajo
- Enlace a la red geodésica nacional de los Hitos mencionados líneas arriba.

2. POSICIONAMIENTO GEODESICO

2.1. GENERALIDADES

GEODESIC I & C S.A.C. Es una empresa de experiencia en el campo de Topografía y Geodesia. En esta oportunidad está atendiendo el requerimiento de su cliente MPT, en la colocación de puntos de control geodésico de orden C y determinación de las coordenadas absolutas.

2.1.1. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es:

- Determinación de las coordenadas geodésicas de 02 punto de Control Horizontal (SM-01 y SM-02), con receptores GNSS de doble frecuencia, enlazándonos a la Red Geodésica Nacional a través de un punto GEODÉSICO de orden "0" establecido por el Instituto Geográfico Nacional- IGN, el cual está ubicado en las instalaciones del Gobierno Regional de La libertad.

2.1.2. ZONA DE TRABAJO Y DURACION

II.1.2.1. Ubicación Política

Departamento: La Libertad

Provincia: Trujillo

Distrito: Trujillo

2.1.2.2. Ubicación Cartográfica

- Carta Nacional : 17e
- Nombre de Carta : Trujillo
- Escala : 1/100 000
- Zona : 17 Sur

2.1.2.3. Accesos al Proyecto

La zona de proyecto se encuentra a poco más de 200 m del Supermercado MAKRO de la ciudad de Trujillo, se llega hasta el lugar accediendo por la Av. Nicolás de Piérola, o por la Av. Metropolitana I y II.

2.1.2.4. Tiempo de ejecución y observaciones

Las mediciones se iniciaron según el protocolo IGN de posicionamiento de puntos de orden C durante 1-2 horas como mínimo, obteniendo como consecuencia lecturas continuas sin interrupciones.

2.2. INFRAESTRUCTURA TECNICA

Para la colocación de puntos geodésicos es necesario cumplir con el protocolo que requiere la colocación de este punto a partir de lecturas de un punto IGN en este caso el de la Estación Rastreo Permanente o Red Activa LL02.

2.2.1 Punto Base.

- con el método estático.

UBICACIÓN DE LA ESTACION DE RASTREO PERMANENTE EN LA CIUDAD DE TRUJILLO

Nombre	LL02
Región	La Libertad
Provincia	Trujillo
Distrito	Trujillo
Ubicación	IGN

La antena se encuentra sobre un monumento o columna de concreto de 2.5 m de alto, 40 cm x 40 cm de sección. El monumento se encuentra en las instalaciones de la Sede del Gobierno Regional de La Libertad en la ciudad de Trujillo.

2.2.2. Ficha Monográfica/Ficha Técnica

INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL
CENTRO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO

FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GPS PERMANENTE

1. FORMULARIO

Preparado por	Instituto Geográfico Nacional – Centro de Procesamiento Geodésico
Creado	02 de Agosto del 2010
Actualizado	

2. INFORMACION DE LA ESTACIÓN GPS

Nombre de la Estación	Trujillo
Código de Identificación	LL02
Código Internacional	
Inscripción del monumento	Sin inscripción
Institución a cargo del mantenimiento	Instituto Geográfico Nacional
Responsable del mantenimiento	Centro de Procesamiento Geodésico
e-mail	cpg@ign.gob.pe
Institución propietaria del instrumento	Instituto Geográfico Nacional
Orden de la Estación	0
Información adicional	Esta estación forma parte de la Red Geocéntrica Nacional, a cargo del Instituto Geográfico Nacional, Dirección de Geodesia

3. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN

Localidad	Trujillo
Provincia	Trujillo
Departamento	La Libertad
Información sobre el monumento	La antena se encuentra sobre un monumento de concreto de 2.50 m de alto, 40 cm x 40 cm de ancho de color blanco. El monumento se encuentra en las instalaciones de la Sede del Gobierno Regional de La Libertad, en la ciudad de Trujillo.
Información sobre el receptor	El receptor se encuentra en la Oficina de Acondicionamiento Territorial de la mencionada institución.

INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL
CENTRO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO

4. COORDENADAS DE LA ESTACIÓN

A. Coordenadas Geodésicas

A.1. Sistema utilizado:

ITRF 2000

A.2. Latitud (S)

°	min	s
8	5	53.78795

A.3. Longitud (O)

°	min	s
79	2	21.67823

A.4. Altura Elipsoidal

Altura (m)
55.8072

A.5. Factor de escala planimétrico

Factor
1.000177435

B. Coordenadas Cartesianas

X (m)	Y (m)	Z (m)
1200702.17870	-6199810.02110	-892549.45550

C. Coordenadas UTM

Norte (m)	Este (m)	Zona
9104316.83619811	716050.19043785	17 Sur

5. CROQUIS DE LA ESTACIÓN

USUARIO CHACON RODRIGUEZ, ROSSMERY FECHA 10/09/2014 03:49 p.m. FACTURA N° 001-0135562

2.3. EQUIPOS DE INGENIERIA E INSTRUMENTOS.

. 2.3.1. Características:

- 02 antenas
- 02 Trípodes de aluminio
- 02 Tribash

2.3.2. Equipo auxiliar:

- GPS navegador Garmin
- Radios de comunicación

2.3.3. Especificaciones Técnicas:

TOPCON HIPER SR

Hiper SR funciona perfectamente con MAGNET™ Relay, que es un servicio de corrección para equipos GNSS, que consiste en transformar un receptor en una estación de referencia móvil que se puede llegar a comunicar con hasta 10 móviles RTK a una distancia de 35 km. También gracias a la tecnología de comunicación LongLink™ de hasta 300m, usted puede usar un receptor Hiper SR como base y una solución RTK móvil transformándose en una solución perfecta para sitios pequeños. ¿Y la mejor parte? Hay un HiPer SR para adaptarse a su presupuesto.

Características:

- Tecnología Vanguard de rastreo universal
- 226 canales GPS, GLONASS y SBAS-QZSS

- Compatible con la Tecnología de Posicionamiento Hybrid de MAGNET™
- Diseño compacto, ligero y robusto
- Receptor completamente integrado con antena, baterías, memoria y comunicaciones
- Tecnología de comunicación LongLink ™ integrada
- Batería sellada de hasta 20 horas de funcionamiento
- Pantalla MINTER reducida, con sólo presionar un botón
- Puertos de carga (de serie y de alimentación) y mini USB
- Comunicación vía celular

Precisión:

- Estático/Estático Rápido H: 3mm + 0.5 ppm
  V: 5mm + 0.5 ppm

RECEPTOR GNSS /HIPER SR

2.5. PROCEDIMIENTO Y EJECUCION.

2.5.1. PLANEAMIENTO

En esta etapa se ha recopilado información del punto Base de la Estación de Rastreo Permanente - LL02 (Ficha técnica y lectura del día) así como la descripción del mismo, el cual fue adquirido del Instituto Geográfico Nacional. Así mismo se realizó la verificación del almanaque para verificar la presencia suficiente de satélites en la zona.

2.5.2. METODO

El método empleado fue el DIFERENCIAL ESTATICO RELATIVO, que consiste en la utilización de uno o más receptores base en este caso uno de Orden "0" (Red Activa).

Se trata del clásico posicionamiento para la medida de distancias con gran precisión (3mm + 0.5ppm) en el que dos o más receptores GNSS de doble frecuencia (L1+L2) Base y Róver se estacionan y observan durante un periodo mínimo de media hora, una o dos (o más), según la redundancia y precisión necesarias, y en función de la configuración de la constelación local y distancia a observar. Los resultados obtenidos pueden alcanzar precisiones muy altas, teóricamente hasta niveles milimétricos. Este método es el empleado para medir distancias mayores de 20 kilómetros con toda precisión.

Las aplicaciones de este método son:

- Redes geodésicas de cobertura a grandes áreas.
- Redes nacionales y continentales.
- Seguimientos de movimientos tectónicos.
- Redes de gran precisión.

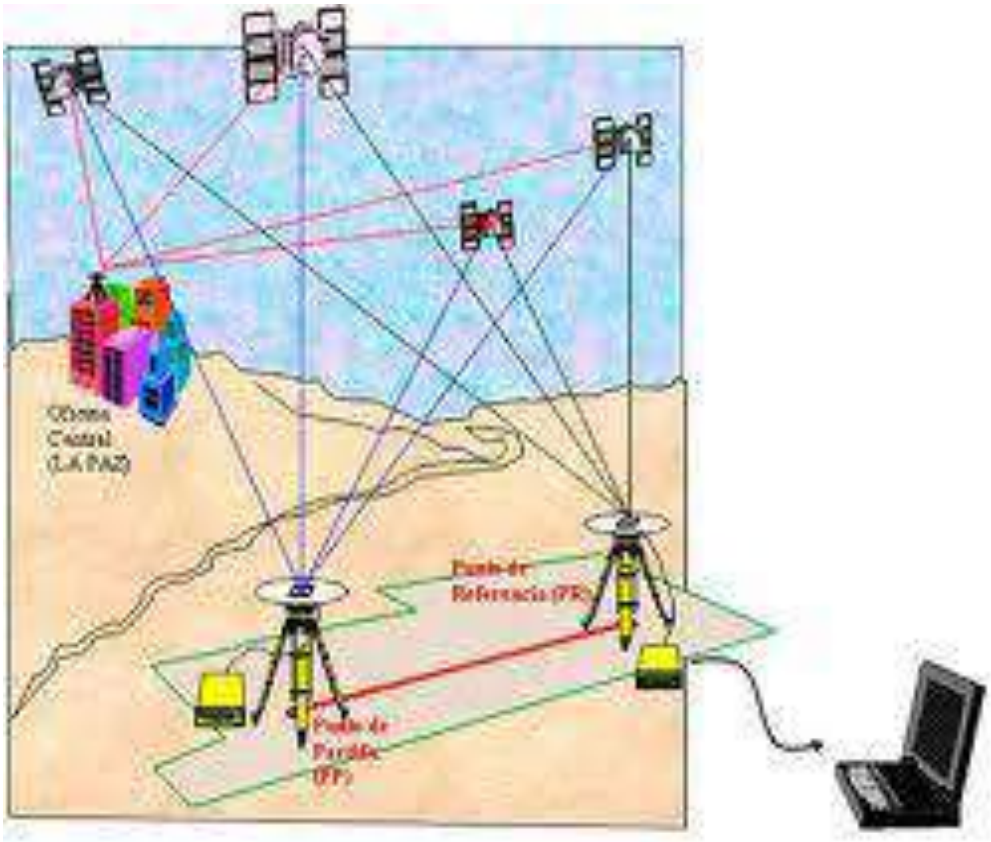
2.5.3. TRABAJO DE CAMPO.

Los trabajos se iniciaron el día 08 de Agosto del 2016 y se concluyeron el mismo día, realizando la translocación del punto Base a la zona del proyecto y georreferenciación de 2 puntos de control a través del Método Diferencial en Post proceso, método tradicional de trabajo con GPS, y consiste en almacenar

información satelital de manera simultánea con equipos RECEPTORES geodésicos (base y róver), esto es el trabajo en campo. Una vez terminada la jornada de trabajo, los datos almacenados en los equipos se transfieren a un computador para luego procesarlos con un software especializado (TOPCON TOOLS) para el cálculo de las coordenadas respectivas.

Los equipos han sido programados según el requerimiento del IGN.

El tiempo de registro para el punto base SM-01 y SM-02, fue de 2.00 h promedio con sincronización de épocas de 5 segundos y una elevación de máscara de 15° con respecto al horizonte, con rastreo de satélites de 4 como mínimo en forma simultánea.



Esquema del Método diferencial Estático Post Proceso

PDOP – (Dilución de la Precisión en Posición) Incertidumbre 3D. Proporciona la degradación de la exactitud en posición 3D.

GDOP – (Dilución de la Precisión Geométrica) Incertidumbre 3D y de tiempo.

Proporciona la degradación de la exactitud en posición 3D y en tiempo.

Las Fluctuaciones de GDOP, han estado debajo de las establecidas, teniendo como valor predeterminado un GDOP de 4.

Para efectuar el posicionamiento de los puntos de control, se mide desde la estación de "Referencia – Base"; en sesiones continuas. Hallándose de esta manera el vector tridimensional entre la base y el róver. Posteriormente dicho vector es ajustado a las coordenadas de la Estación Base (LL02)

La geometría de los satélites en el espacio ha sido aceptable, ya que el PDOP y el GDOP han fluctuado entre los valores 1 a 4, teniendo como referencia buenos resultados con valores inferiores a 6.

2.5.4. CALCULOS DE GABINETE

La información obtenida en campo por los receptores GNSS se transfiere a una PC para realizar el post proceso con el software TOOPCON TOOLS, obteniendo coordenadas geográficas, UTM en el sistema WGS-84.

ERROR MEDIO CUADRATICO (RMS)

Para el cálculo de las coordenadas en gabinete se ha eliminado los satélites que presentan señales con mucho ruido, así como los saltos de ciclo. Se han mantenido los valores por defecto para el RMS (Root Square Medio o Error Medio Cuadrático), estando éstos para el punto ML-1= 0.0041

EFEMERIDES

Se realizó el cálculo con efemérides transmitidas.

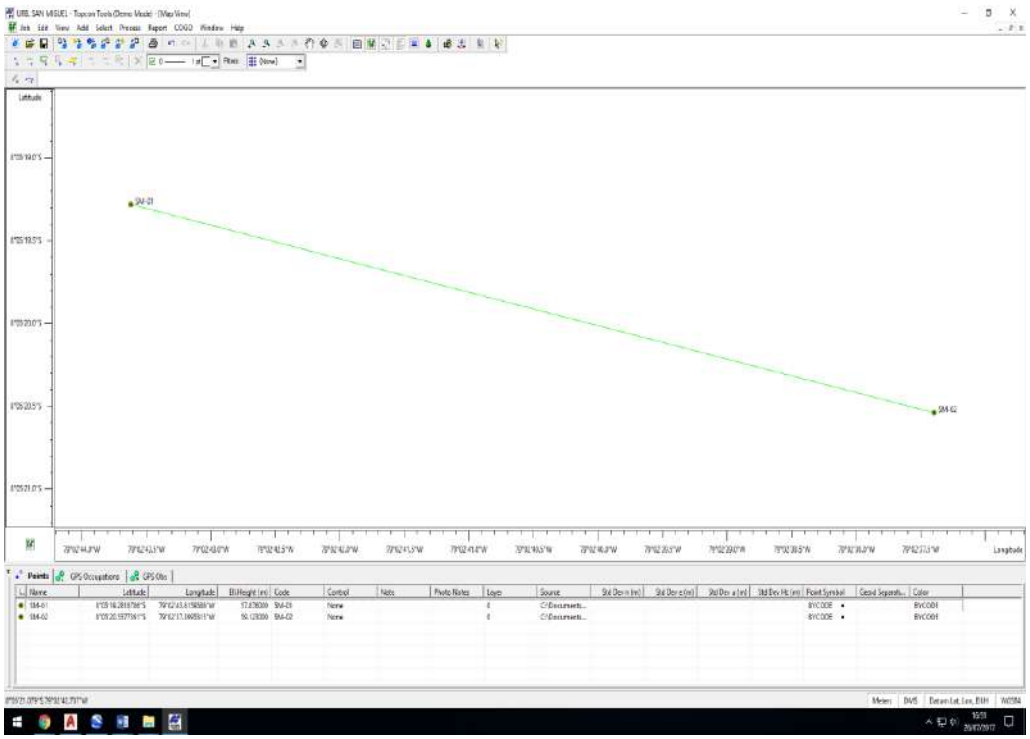
MODELO DE ANTENA

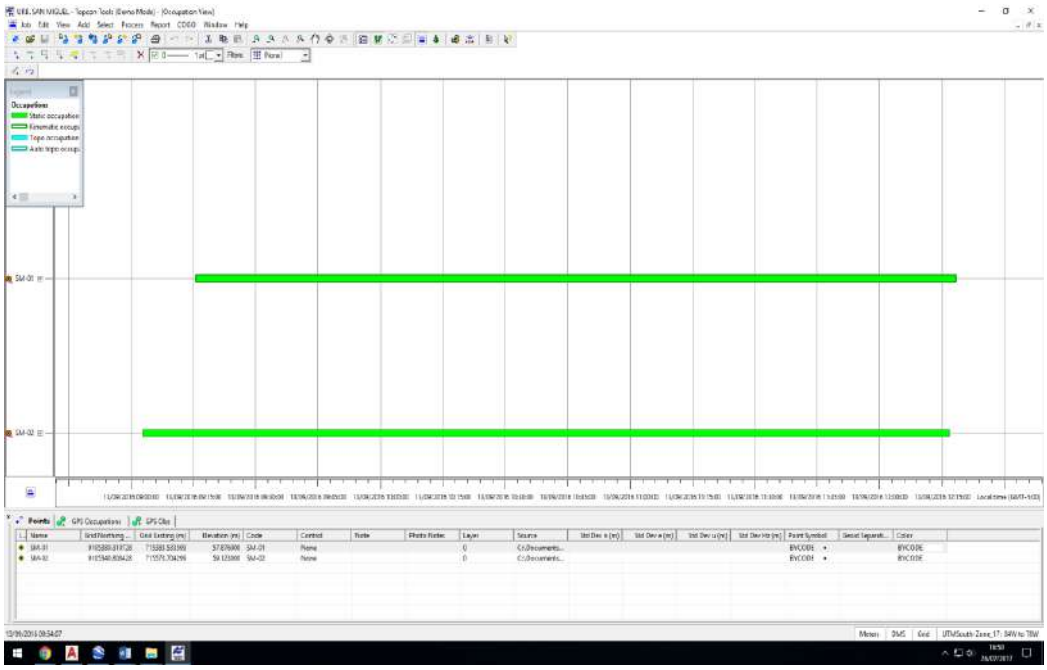
El modelo de antena de la ERP es TRIMBLE NET R8 y de la Base fue el modelo HIPER SR

RESIDUALES

Se han eliminado algunos satélites que presentan residuales muy altos.

LL02 – SM-01 y SM-02



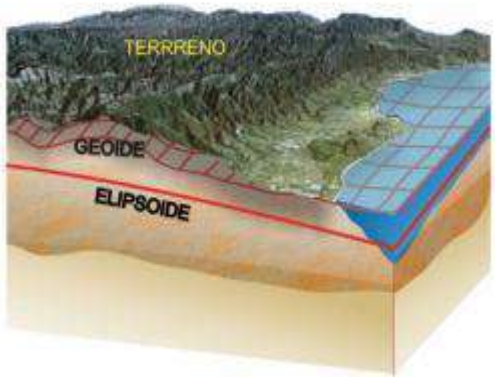


2.5.4.1. Superficie Geodésica de Referencia

Son dos las principales superficies físicas sobre las que se refieren las altitudes de los puntos sobre la tierra.

2.5.4.2. El Geoide

Es una superficie de nivel que representa al nivel medio del mar, la cual se prolonga por debajo de los continentes y cubre a la Tierra en su totalidad. Puede ser imaginada como la superficie del mar en condiciones ideales de quietud y es en todo punto perpendicular a la línea de plomada o dirección de la gravedad. El geoide es un modelo físico que busca representar la verdadera forma de la Tierra calculándola como una superficie del campo de gravedad con potencial constante y es utilizada como referencia para determinar la elevación del terreno. Las imágenes incluidas en esta página muestran la ubicación del geoide con respecto de la superficie topográfica y el



elipsoide geodésico de referencia.

La utilidad principal del geoide es establecer la superficie de referencia de la altura ortométrica, conocida también como altura sobre el nivel medio del mar y se aplica en trabajos de ingeniería topográfica, cartografía, GPS aerotransportado, apoyo terrestre para fotografía aérea y como un insumo para la generación de modelos digitales de elevación.

Combinando información de un modelo de alturas geoidales con alturas geodésicas obtenidas mediante técnicas de posicionamiento satelital es posible obtener alturas ortométricas de cualquier punto sobre el terreno.
La manera de transformar el valor de altura geodésica (h) que proporciona un receptor GPS en un valor de altura ortométrica (H), es mediante la resta del valor de altura geoidal (N) dada por un modelo digital de elevación geoidal.

2.5.4.3. El Elipsoide

Es una superficie matemática simple que mejor se aproxima a la forma de la Tierra. Dado que es una superficie matemática más que física la mayor parte de los cálculos geodésicos se realizan sobre la base de un elipsoide.

2.5.4.4. Altitudes

II.5.4.4.1. Altura Geoidal

Es la distancia entre la superficie del geoide y del elipsoide, se simboliza con la letra "N".

2.5.4.4.2. Altura Elipsoidal

Es la distancia entre la superficie del Elipsoide y la de la Tierra, se simboliza con la letra "h".

2.6. CONCLUSIONES DE LA GEOREFERENCIACION.

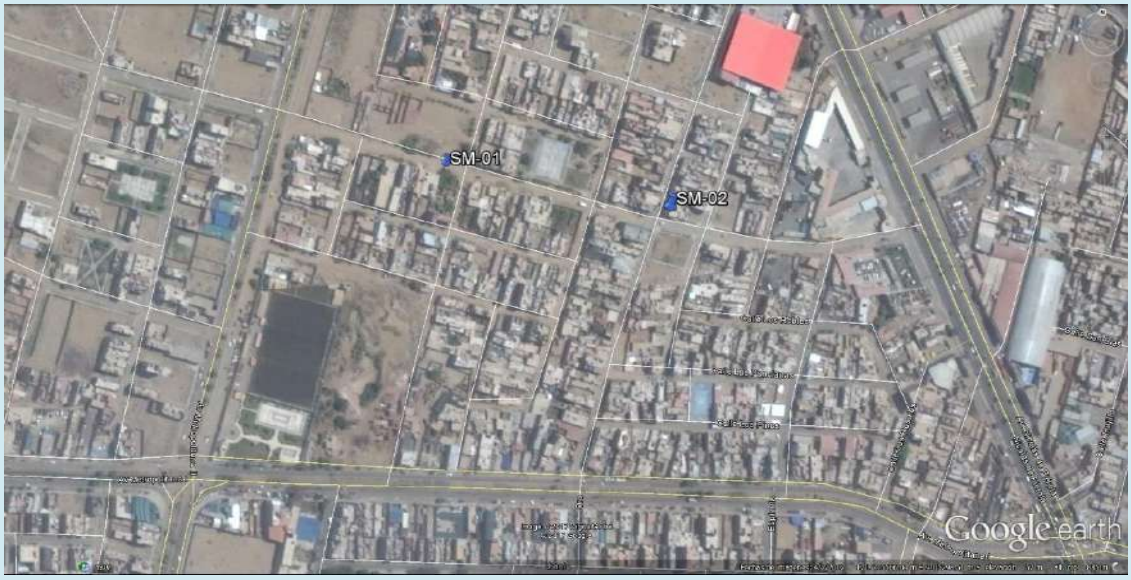
a) El trabajo geodésico está referido al Marco de Referencia Terrestre Internacional 2000 (ITRF2000) del servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS) con datos de la época 2,000, que es el Sistema Geodésico de Referencia Oficial para el Perú.
b) Se ha utilizado el elipsoide World Geodetic Systems 1984 (WGS-84) Sistema Geodésico Mundial.
c) Se han medido 02 puntos de control SM-01 y SM-02.

d) Se ha realizado el enlace a la Estación LL02 (RED ACTIVA)
e) Según la normativa vigente, se ha obtenido puntos georeferenciados con buena precisión, enlazándonos a un punto de orden "0".
f) La precisión obtenida en los puntos, está por encima de 1/100 000. Lo cual garantiza la confiabilidad de los puntos.
g) La zona levantada se encuentra enteramente en la Zona 17 Sur
h) Los valores del PDOP en las mediciones tuvo una fluctuación de entre 1 y 4. Lo cual determinó una buena geometría de los satélites en la toma de datos.
i) Para el Post procesamiento se utilizaron satélites de la constelación Navstar y Glonass Teniendo en promedio señales de 18 satélites en las mediciones.
j) Los valores de los punto geodésicos SM-01 y SM-02, y todos los vértices han sido calculados con el modelo Geoidal EGM 2008_Perú

2.7 TARJETA DE VALORES DE LOS PUNTOS GEODESICOS

SM-01

CODIGO:	LUGAR	ESTABLECIDA POR:	
SM-01	SAN MIGUEL	GEODESIC I & C SAC	
UBICACIÓN: ESQUINA DE MANZANA		CARACTERISTICAS: HITO DE CONCRETO	
LATITUD (S) WGS-84 8°05'19.2818786"S		LONGITUD (O) WGS-84 79°02'43.6159586"W	
NORTE WGS-84 (UTM) 9105380.3107		ESTE WGS-84 (UTM) 715383.5336	
ALTURA GEOIDAL 57.876	ZONA UTM 17 S	FACT. ESC.COMBINADO 0.999812791906	ORDEN C



LOCALIZACIÓN:

Lugar : San Miguel
Distrito : Trujillo
Provincia : Trujillo
Departamento : La Libertad

DESCRIPCIÓN:

La Estación SM-01 está ubicada en la intersección de la calle 5 y 8 a un costado del poste de alumbrado público.

MARCA DE LA ESTACIÓN:

Es un hito de concreto con medidas 25 cm x 25 cm, pintado el fondo de color blanco, con nomenclatura SM-01 con pintura esmalte de color rojo.

SM-02

CODIGO:	LUGAR	ESTABLECIDA POR:	
SM-02	SAN MIGUEL	GEODESIC I & C SAC	
UBICACIÓN: ESQUINA DE MANZANA		CARACTERISTICAS: HITO DE CONCRETO	
LATITUD (S) WGS-84 8°05'20.5377391"S		LONGITUD (O) WGS-84 79°02'37.3995315"W	
NORTE WGS-84 (UTM) 9105340.8084		ESTE WGS-84 (UTM) 715573.7043	
ALTURA GEOIDAL 59.123	ZONA UTM 17 S	FACT. ESC.COMBINADO 0.999812791906	ORDEN C

LOCALIZACIÓN:

Lugar : San Miguel

Distrito : Trujillo

Provincia : Trujillo

Departamento : La Libertad

DESCRIPCIÓN:

La Estación SM-02 está ubicada en la intersección de la calle 5 y 7, a un costado de la vereda.

MARCA DE LA ESTACIÓN:

Es un hito de concreto con medidas 25 cm x 25 cm, pintado el fondo de color blanco, con nomenclatura SM-02 con pintura esmalte de color rojo.

B.- TOPOGRAFIA

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

CAPITULO 3. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

Las actividades que se realizaron en campo como parte de los levantamientos topográficos son los siguientes:

- Monumentación de la poligonal de apoyo.

- Levantamiento Topográfico calle en la Urb. San Miguel.

3.1. MONUMENTACION DE LOS HITOS (poligonal de apoyo).

Se materializó pintó en campo una poligonal de apoyo (poligonal cerrada) a lo largo del levantamiento con 2 estaciones (SM-01, SM-02), y las demás de igual manera.

3.1.1. COORDENADAS DE VERTICES

Cuadro de coordenadas de los vértices de la poligonal de apoyo

ESTACION	NORTE	ESTE	COTA
SM-01	9105380.3107	715383.5336	57.876
SM-02	9105340.8084	715573.7043	59.123

3.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

El levantamiento de los vértices de la poligonal se inició teniendo como base de partida dos Puntos Geodésicos (SM-01 y SM-02) colocados en campo por nuestra empresa. Desde cada punto de estación se radiaron puntos taquimétricamente como el perímetro del predio, construcciones existentes, postes, muros y las líneas de Trasmisión existentes para la obtención de planos topográficos fidedignos.

Toda esta información ha sido procesada de ella y se obtuvieron coordenadas cartesianas UTM. Para la adecuación de la información en el uso de los programas de Diseño asistido por computadora, se recopilo los datos de los equipos en hojas de cálculo Excel, que permitió tener la información en el siguiente formato: hoja de

cálculo en Excel csv (coma delimited). y se utilizó el programa de Autocad Civil 3D 2017

Equipo utilizado

ESTACION TOTAL LASER

Marca Topcon

Modelo GPT 3007W

Serie OC-0755

Brigadas de Campo

La brigada de campo, consta de:

01 topógrafo
01 operador de GPS diferencial,
02 porta prismas

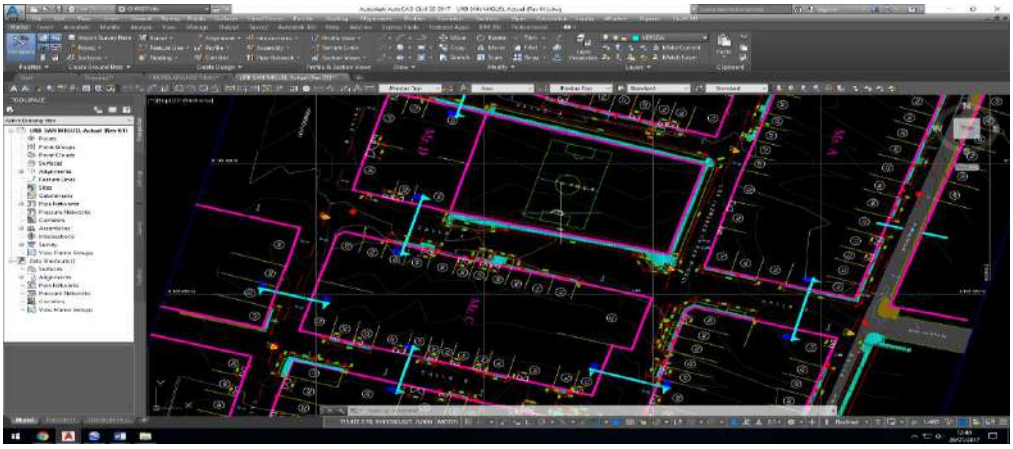
4. TRABAJOS DE GABINETE

Todo este procesamiento se realizó mediante el programa AUTOCAD CIVIL 3D versión 2017el cual permite trabajar con base de datos y sistema de coordenadas, el sistema utilizado es el WGS 84 y ubicado en la zona.

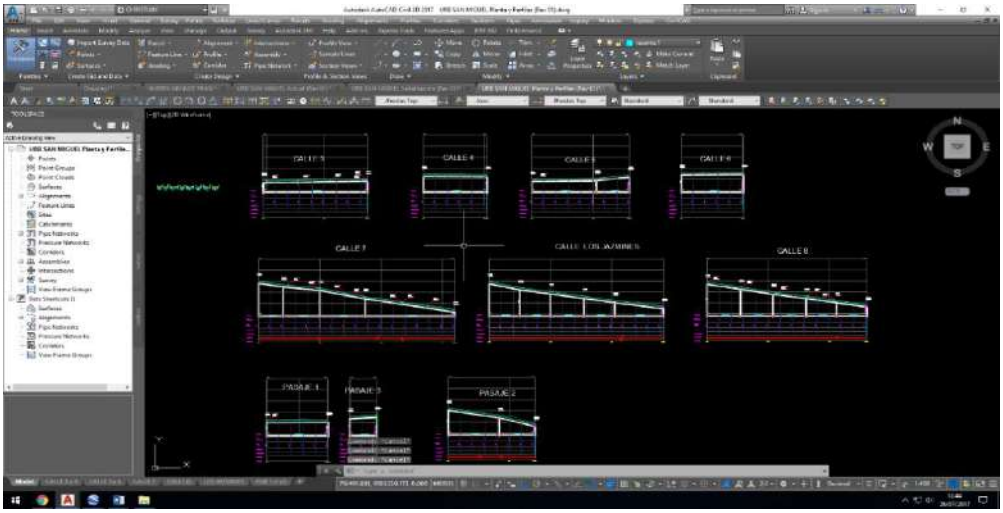
4.1. PROCESAMIENTO PLANIMETRIA

A través de los puntos colectados en campo se ha generado un DTM (Modelo digital del terreno) que es el elemento que utiliza el software para realizar una simulación de terreno acabado. La línea TIN (Red de triangulación Irregular) fue depurada para presentar un terreno fiel al campo. Luego se generó las curvas de nivel con equidistancias de 0.20m para las curvas menores y equidistancias de 1.00m para curvas mayores, esto debido a que el terreno es casi plano.

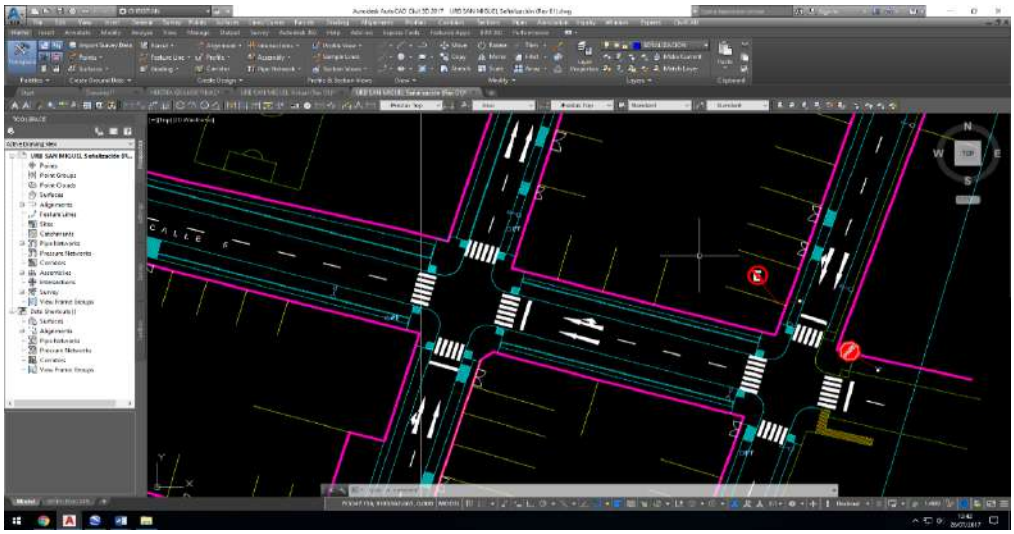
PLANTA - TOPOGRAFICO



PERFILES



SEÑALIZACION



4.2. ESTUDIO MECANICO DE SUELOS

"PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL PASAJE I DEL CENTRO URBANO INFORMAL DEL SECTOR SAN MIGUEL DISTRITO DE TRUJILLO, 2017"

PARA EL DISEÑO DE REALIZO EL SIGUIENTE PROCEDIMIENTO.

1.0 GENERALIDADES

1.1 Antecedentes.

Con el fin de realizar el proyecto denominado: "Mejoramiento del servicio de transitabilidad en las calles del sector San Miguel del Distrito de Trujillo, Provincia de Trujillo - La libertad". Se ha procedido a realizar el presente estudio a fin de proporcionar los datos necesarios que sirvan para el diseño de dicho proyecto.

1.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO.

El presente trabajo tiene por objetivo realizar la verificación de las condiciones geológicas y geotécnicas del suelo de fundación con fines de pavimentación, para la estructura de pavimento flexible.

Esta evaluación se realizó por medio de trabajos de laboratorio, campo y gabinete, que incluyen la excavación de 09 calicatas ó pozos a cielo abierto, ensayos de laboratorio, a fin de obtener las principales características físicas y propiedades índice del suelo, y realizar las labores de gabinete en base a los cuales se define los perfiles estratigráficos y las recomendaciones generales.

Para el caso de las obras lineales, estos resultados permitirán definir las actividades del proceso constructivo dependiendo del tipo de suelo encontrado, (suelo normal, semirocoso ó rocoso), para estimar los costos unitarios asociados al presupuesto de la obra en la partida de movimiento de tierras.

1.3 Ubicación de la Zona de Estudio.

El área donde se desarrollará el estudio se encuentra ubicada en la Urb. San Fernando del Distrito de Trujillo, provincia de Trujillo, departamento de la libertad.

Geográficamente la zona en estudio se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM 17L 715467.90 m E, 9105381.83 m S, siendo su altitud de 59 m.s.n.m.

muestra en la Figura N° 01.

FIGURA N° 01 Ubicación del área de estudio(Fuente Carta Google earth)

1.4. ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO.

La principal vía de acceso para la zona de ejecución del Proyecto es la Avenida Metropolitana I y la Av. Nicolás de Piérola, está ubicado a unos 15 minutos del centro de Trujillo (Casco Urbano).

2.0. INVESTIGACIONES DE CAMPO:

2.1 Trabajos de Campo.

Con la finalidad de definir el perfil estratigráfico del área de estudio, se ejecutaron 09 calicatas a cielo abierto, asignándole desde C-l a C-09 los cuales fueron ubicados convenientemente en toda el área del proyecto a pavimentar, tal como se muestra en el plano UC-OI.

CUADRO N^{O} 1: Calicatas Realizadas

Calicata No.	Prof. (m.)	Tipo de Suelo	NIVEL FREATICO
c-01	1.50	TIPO 1 NORMAL	NO PRESENTA
c-02	1.50	TIPO 1 NORMAL	NO PRESENTA
c.03	1.50	TIPO 1 NORMAL	NO PRESENTA
c-04	1.50	TIPO 1 NORMAL	NO PRESENTA
c-05	1.50	TIPO 1 NORMAL	NO PRESENTA
c-06	1.50	TIPO 1 NORMAL	NO PRESENTA
c-07	1.50	TIPO 1 NORMAL	NO PRESENTA
c-08	1.50	TIPO 1 NORMAL	NO PRESENTA
c-09	1.50	TIPO 1 NORMAL	NO PRESENTA

2.2 Muestreo y Registros de exploración.

Se realizó una clasificación de campo de forma manual y visual de cada uno de los estratos registrados en cada calicata, en los que se indican las diferentes características de los estratos subyacentes, tales como tipo de suelo, espesor del estrato, color, humedad, compacidad, consistencia etc., tal como se puede observar en los registros estratigráficos y fotos que se adjuntan en los anexos respectivamente.

CONSISTENCIA:

Se puede definir a la consistencia como el grado de adherencia y resistencia frente a las cargas, esta es propia de los suelos finos (arcillas), y se mide mediante los límites de Atterberg.

COMPACIDAD:

Termino característico de los suelos granulares, se puede definir como el grado de compactación de los suelos no cohesivos.

3.0 ENSAYOS DE LABORATORIO.

Se seleccionaron muestras alteradas representativas del suelo que debidamente identificadas se remitieron al laboratorio para los ensayos correspondientes para la identificación y clasificación de suelos, CBR, cuyos resultados de laboratorio se presenta en el anexo de granulometría y CBR.

El CBR es un ensayo para evaluar la calidad de un material de suelo con base en su resistencia, medida a través de un ensayo de placa a escala.

CUADRO N°. 2: Cantidad De Ensayos De Laboratorio.

CALICATA	MUESTRA	PROF. (M)	W%	L.L	L.P	I.P	SUCS	CBR	Densidad	Humedad optima
								100%	Máxima r/cm3	
c-01	M-1	1.5			1	1	1	1	1	1
c-02	M-1	1.5	1		1	1	1			
c.03	M-1	1.5	1	1		1	1			
c-04	M-1	1.5	1	1		1				
c-05	M-1	1.5		1	1		1			
c-06	M-1	1.5	1	1	1	1	1			
c-07	M-1	1.5		1	1	1	1			
c.08	M-1	1.5	1	1	1	1				
c-09	M-1	1.5	1		1	1	1			

Dónde:

W. %: contenido de humedad

LL. %: Limite líquido

LP. %: Limite plástico.

CUADRO N°. 3: Resultados De Laboratorio.

CALICATA	MUESTRA	PROF. (M)	W%	L.L	L.P	I.P	CLASIF. SUCS	CLASIF. AASTHO	CBR 100%	Densidad Máxima (gr/cm3)	Humedad optima
c-01	M-l	0.00-1.50	2.05	0	0	0	SP	A-24 (0)	18.25	1.888	11
c-02	M-l	000-1.50	306	0	0	0	SP	A-2-4 (0)			
c.03	M-l	000-1.50	204	0	0	0	SP	A-24 (0)			
c-04	M-l	0.00-1.50	1.36	0	0	0	SP	A-24 (0)			
c-05	M-l	0.00-1.50	2.37	0	0	0	SP	A-4(0)			
c-06	M-l	0.00-1.50	299	0	0	0	SP	A-24 (0)			
c-07	M-l	000-1.50	2.35	0	0	0	SP	A-24 (0)			
c.08	M-l	0.00-1.50	2.76	0	0	0	SP	A-24 (0)			
c-09	M-l	0.00-1.50	1.19	0	0	0	SP	A-24 (0)			

Dónde:

W. %: Contenido De Humedad.

LL. %: Limite líquido.

LP. %: Limite Plástico.

IP. %: Índice Plástico

4.0. CONFORMACION DEL SUBSUELO DEL AREA DEL ESTUDIO

SUELO TIPO l: (Normal)

Este sector corresponde a las calicatas C-OI al (3-09. Estos tipos de suelos se encuentran hasta una profundidad promedio de 1.50m

Dichos suelos están conformados por arenas mal graduadas de grano fino de bajo contenido de humedad, de compacidad semi-densa.

5.0. TRABAJOS DE GABINETE.

Con la información existente se ha podido realizar los trabajos de gabinete necesarios como la elaboración de los perfiles estratigráficos de cada calicata (ver Anexos) y la conformación del plano de ubicación de calicatas UC-OI.

6.0 PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

Para definir la estructura del pavimento de las calles, se ha empleado el método AASHTO 1993, en concordancia con las características del drenaje de la zona, tipo de sub-rasante y materiales a utilizar.

Teniendo en cuenta el método adoptado, los parámetros que intervienen en el diseño de las estructuras del pavimento son:

- Carga equivalente por eje.
- Vida útil del pavimento.
- Calidad de los materiales componentes de la estructura del pavimento
- Drenaje
- Módulo de resistencia.

6.1. ANÁLISIS DE TRÁFICO.

Para las calles en estudio, el volumen de tráfico proyectado que soportara la estructura del pavimento será mediano y se ha estimado un número de repeticiones de carga equivalente por eje igual (E.A.L.):

E.A.L.= 3.IX 10^5

6.2 PARAMETROS DE DISEÑO.

Teniendo en cuenta la categoría de la via a pavimentar deberá tener presente los siguientes parámetros de diseño:

E.A.L	3.IX 10^5
DESVIACION ESTANDAR	0.45
SERVICIALIDAD	2
NIVEL DE CONFIANZA	95%
CBR. (SUB-RASANTE)	15.10%
MODULO DE RESILIENCIA (SUB-RASANTE)	14.92 PSI.

Luego utilizando el nomograma de diseño para pavimento flexible método AASHTO, el número estructural (SN) corregido para diseño es de:

SN = 2.31

6.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

Determinado el número estructural, la estructura del pavimento se realizara por tanteos, asignando dimensiones a cada una de las capas consideradas y calculando en función a estas dimensiones y a la calidad de los materiales empleados expresada mediante un coeficiente estructural, los números estructurales parciales, los que sumamos deben satisfacer el valor total requerido.

Los espesores de las capas finales deben cumplir con determinados valores mínimos, por razones constructivas, de tráfico de tipo estructural y por razones de material de subrasante (suelos granulares).

Para la estructura del pavimento, el método proporciona la siguiente expresión:

$$SNr = a_1D_1+a_2m_2D_2+a_3m_3D_3\ldots\ldots (1)$$

Dónde:

SNr: numero estructural requerido.

a1, a2, a3: coeficientes estructurales de los materiales.

m2, m3: coeficiente de drenaje de los materiales granulares.

D1, D2, D3: espesores asumidos de las capas.

Características De Los Materiales:

Coeficiente estructural de concreto asfaltico (a_1)	0.44/cm
Coeficiente estructural de la capa base (a_2)	0.14/cm
Coeficiente estructural de la capa sub-base (a_3)	0.11/cm
Coeficiente de drenaje de la capa base (m_1)	1.00
Coeficiente de drenaje de la capa sub-base (rn_2) .	1.00

Los espesores que satisfacen los números estructurales requeridos son:

Carpeta asfáltica	:8.7cm
Capa base	:5.40cm
Capa subbase	:11.50cm

6.4 ESTRUCTURA PROPUESTA

De acuerdo a los parámetros de diseño y considerando una alternativa económica, la estructura del pavimento elegido para la vida útil de 20 años son los siguientes:

Carpeta asfaltica	2" pulg
Capa base	15.0 cm (Afirmado)
Capa subbase	15.00cm (hormigón)

6.5. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

El procedimiento para la construcción del pavimento es la siguiente:

- Cortar hasta una profundidad de 0.35 m del nivel de terreno y compactar al 100%.
- Colocar el material de sub-base en un espesor de 0.15m compactado, compactar al 100% de máxima Densidad Seca del ensayo Proctor Modificado para un CBR mayor o igual al 40%.
- Colocar el material de base en un espesor de O.15m compactado, compactar al 100% de máxima densidad seca del ensayo proctor modificado para un CBR mayor o igual a 100%.
- Colocar el imprimante y carpeta asfáltica de 2" de espesor.

4.3. MEMORIA DE CALCULOS.

DISEÑO DE REFUERZO METODO AASHTO 1993
PROYECTO: "PROPUESTA DE DISEÑO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DEL PASAJE I DEL CENTRO URBANO INFORMAL DEL SECTOR SAN MIGUEL DISTRITO DE TRUJILLO, 2017" UBICACIÓN: DISTRITO: TRUJILLO - PROVINCIA: TRUJILLO - REGION: LA LIBERTAD FECHA: JULIO DEL 2017

DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA):	
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES	DATOS
A. Módulo De Resiliencia De La Carpeta Asfáltica (Ksi)	400.00
B. Módulo De Resiliencia De La Base Granular (Ksi)	44.10
C. Módulo De Resiliencia De La Sub-Base (Ksi)	28.10
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE	
A. Numero De Ejes Equivalente Total (W18)	3,10E+0.5
B. Factor De Confiabilidad ®	95%
Standard Normal Deviate (Zr)	-1.645
Overall Standard Deviation (So)	0.45
C. Módulo De Resiliencia De La Subrasante (MR, ksi)	14.92
D. Serviciabilidad Inicial (Pi)	4.0
E. Serviciabilidad Final (Pt)	2.0
F. Periodo De Diseño (Años)	20
3. DATOS PARA LA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO	
A. COEFICIENTE ESTRUCTURALES DE CAPA	

Concreto asfaltico tradicional (a_1)			0.440
Base granular (a_2)			0.140
Subbase (a_3)			0.110
B. COEFICIENTE DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m2)			1.00
Subbase (m3)			1.00
DATOS DE SALIDA (OUTPUT DATA):			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN_{REQ})		2.31	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN_{CA})		1.51	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN_{BG})		0.30	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN_{GB})		0.50	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTA			
	TEORICO (cm)	TEORICO (pulg)	
ESPESOR CARPETA ASFALTICA	8.7	3.43	
ESPESOR BASE GRANULAR	5.4	2.14	
ESPESOR SUB BASE GRANULAR	11.5	4.55	
ESPESOR TOTAL	25.7	10.1	

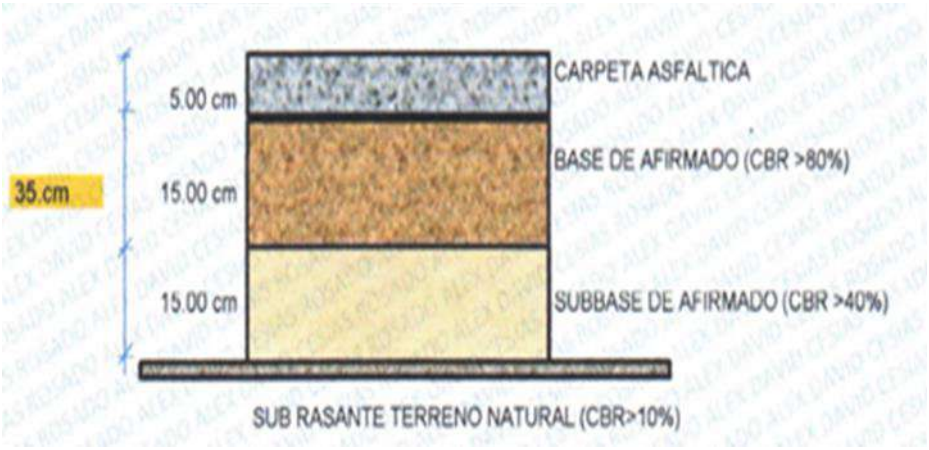
CALCULOS DE ESPESORES DE CAPA			
SN y espesores (1era estimación)			valores asumidos (para efectos del aporte)
SN (superficie)			(criterios del consultor)
D1=	3.43	in	superficie (in) 1.96
SN * (corregido)		0.86	
SN (Base)		0.95	
D2=	6.77	in	base (in) 5.91
SN (Base corregido)		0.83	se considera la presente sección en razón de existir estructuras de pavimentos diferentes de carpeta asfáltica (como son los tratamientos superficiales), para dicho caso el aporte estructural de dicha capa es cero
SN (Sub Base)		0.62	
D3=	5.64	in	
SN (Sub base corregido)		0.62	

NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN_{REQ})	2.43
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN_{REQ})	2.31

superficie de rodadura	5.00 cm
base	15.00 cm
sub base	15.00 cm

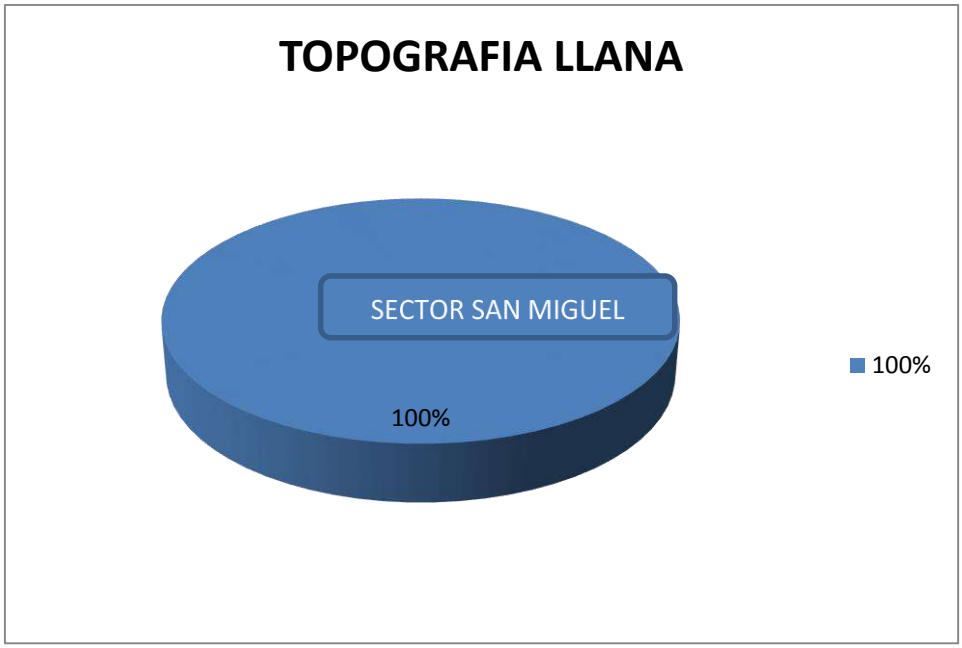
TOTAL	35.00 cm

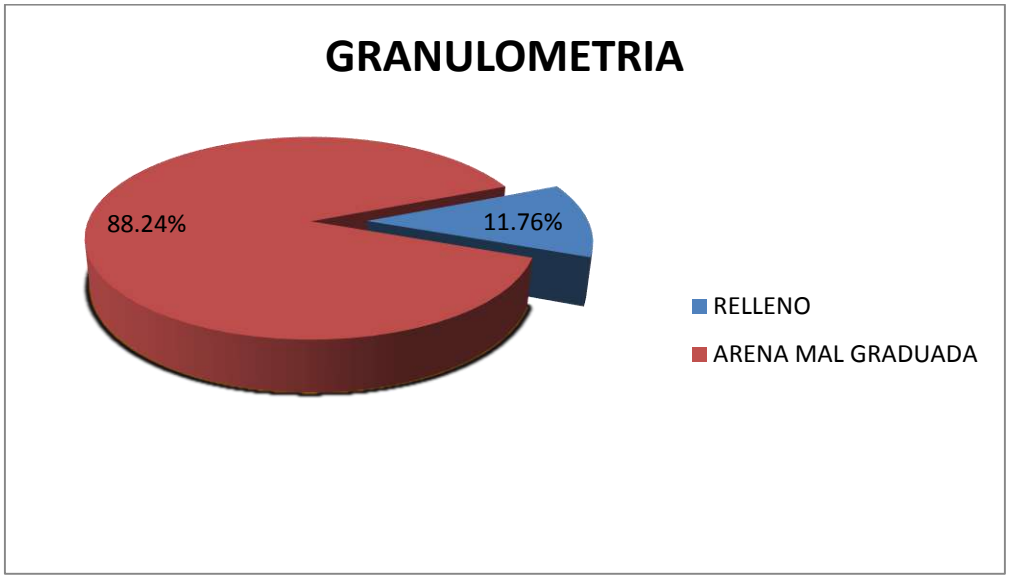
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PARA DISEÑO

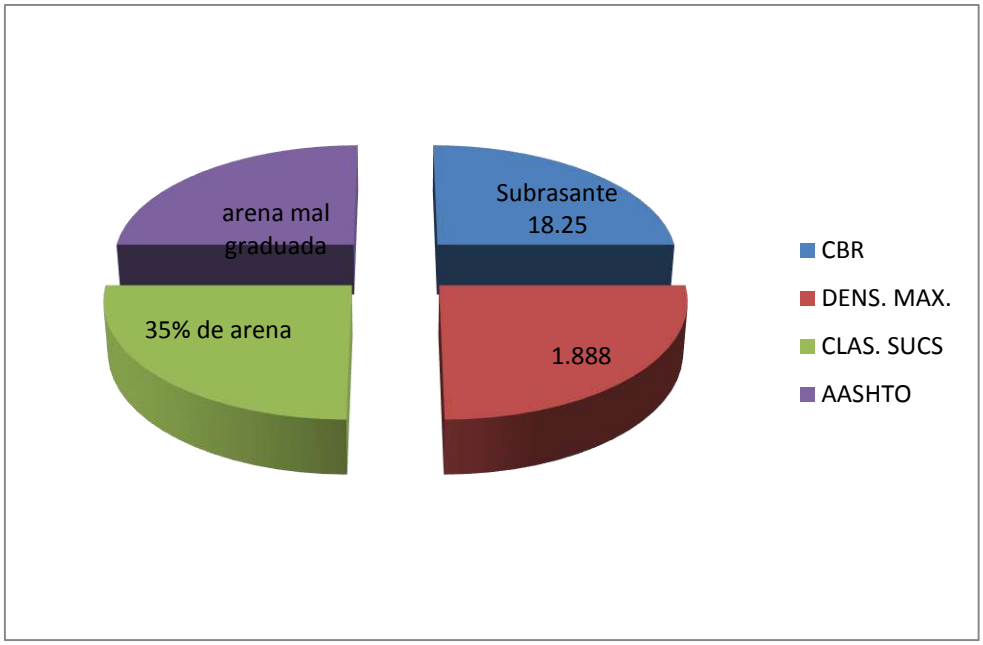


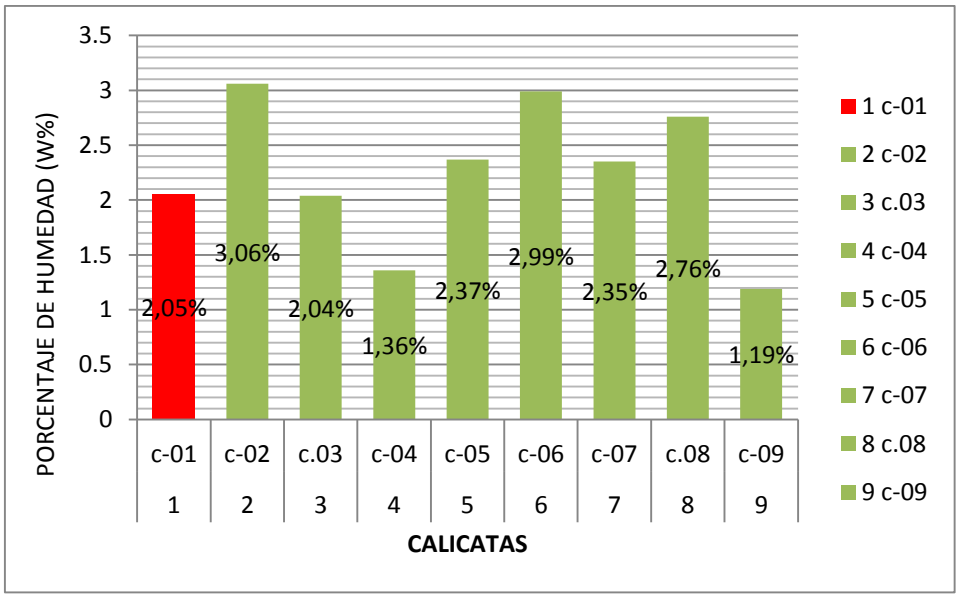
CAPITULO V. RESULTADOS.

Dimensiones	Indicadores	Resultados	
Levantamiento Topográfico	Planimetría	32,051.34 m2 de área	
	Altimetría	Topografía llana.	
Estudio De Mecánica De Suelos	Granulometría	a los 20 cm.	arena con presencia de material de relleno ladrillo desmonte en estado contaminado
		a 1.50 cm.	arena mal graduada de grano fino redondeado de color beige claro
	Contenido de humedad W %.	2.05%	
	Límites de consistencia	LL. = 0.00	no presenta
		LP. = 0.00	no presenta
		IP. = 0.00	no presenta
	C.B.R	sub-rasante = 18.25	
	Densidad Máxima (gr/cm3)	1.888 gr/cm3	
	CLAS. SUCS	SP = Arena Mal Graduado	
	AASHTO	A-2-4 (0), material granular que pasa la malla 200 en un 35 % máx. (arena)	
Presupuesto	Costos Unitarios.	S/. 1,531, 275.04	


TOPOGRAFIA LLANA
SECTOR SAN MIGUEL
100%
100%


GRANULOMETRIA
88.24%
11.76%
RELLENO
ARENA MAL GRADUADA


arena mal graduada
35% de arena
Subrasante
18.25
1.888
CBR
DENS. MAX.
CLAS. SUCS
AASHTO


PORCENTAJE DE HUMEDAD (W%)
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
2,05%
3,06%
2,04%
1,36%
2,37%
2,99%
2,35%
2,76%
1,19%
c-01
c-02
c.03
c-04
c-05
c-06
c-07
c.08
c-09
1
2
3
4
5
6
7
8
9
CALICATAS
1 c-01
2 c-02
3 c.03
4 c-04
5 c-05
6 c-06
7 c-07
8 c.08
9 c-09

CAPITULO VI.

6.1. DISCUSIÓN.

En esta investigación se tubo cuenta que las calles del sector San Miguel es una zona regularmente transitada por vehículos de transporte comercial debido al acceso que tiene hacia la Av. Metropolitana 1 Y Av. Nicolás de Piérola, generando ello mucha contaminación del aire con material particulado debido al paso de estos vehículos por la actual vía, contribuyendo con las causas de enfermedades respiratorias en la población. Asimismo se apreció la acumulación de basura en ciertos tramos de la vía aumentando así el foco infeccioso.

Por tal motivo se hace la siguiente propuesta de diseño de pavimento flexible para contar con una adecuada condición de transitabilidad vehicular y peatonal por las calles del sector San Miguel del distrito de Trujillo. Para el diseño se ha adaptado a la configuración topográfica llana y estudios de suelo (granulometría, Grado de humedad, Límites de consistencia, C.B.R, Densidad Máxima (gr/cm3), CLAS. SUCS) cabe mencionar que el tipo de suelo de Trujillo es arena por tal motivo no presenta limites consistencia.

Esta propuesta beneficiara a los moradores y vecinos del CIU San Miguel I, II y III y PI. LOS Ángeles Progresiva Metropolitana.

6.2. CONCLUSIONES.

- Con la ejecución del proyecto de pavimentación flexible se lograra mejorar la transitabilidad peatonal y vehicular en las calles del sector san miguel.
- Este proyecto mejorara la calidad de vida de las personas. Ya que las vías de comunicación son esenciales para el desarrollo y disminuirá significativamente las enfermedades ocasionadas por el mal estado de las calles, también reducirá la congestión vehicular así mismo reduciendo el tiempo de viajar al centro de la ciudad.

- De la investigación de pavimentos se concluye que existen pavimentos asfalticos, también conocidos como flexibles y están hechos con cemento asfaltico y agregados pétreos. También existen pavimentos de hormigón, también conocidos como rígidos que están hechos de concreto u hormigón, como quieran llamarlo. Los pavimentos asfalticos tienen una durabilidad mucho menor a la de los rígidos, son mucho más baratos y necesitan más mantenimiento.

- El levantamiento topográfico, se realizó en un terreno con topografía llana, con pendientes transversales entre 51% y 100%; y en el diseño se ha considerado una pendiente máxima de 10% que están contempladas en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2014 a fin de que el trazo y diseño sean lo correcto para la carretera.

- En el método AASTHO – 93, el cálculo del espesor de la estructura del pavimento.

Basándose en los trabajos de campo y ensayos de laboratorio realizados, así como el análisis efectuado, se puede concluir lo siguiente:

- En la observación realizada en el lugar de estudio, se pudo establecer que las condiciones de la vía actual no son las óptimas para el transito vehicula normal y peatonal por la ausencia de calzada.

- El suelo está formado por unos estratos de suelo SP.
- En las calicatas exploradas; la Napa freática no existe.
- Se encontró en la calicata C-01 un estrado de desmonte de 0.20mt de espesor, por lo que se realizara un mejoramiento de suelos de 0.30mts de espesor conformado de material over tam máx. 4" en el pasaje donde se ubica esta calicata en el pasaje 01.

2.- El espesor del pavimento flexible a construir comprenderá como mínimo en:

- Colocar el material de sub-base en un espesor de 0.15m compactado, compactar al 100% de máxima Densidad Seca del ensayo Proctor Modificado para un CBR mayor o igual al 40%.
- Colocar el material de base en un espesor de 0.15m compactado, compactar al 100% de máxima Densidad Seca del ensayo Proctor Modificado para un CBR mayor o igual al 100%.
- Carpeta asfáltica de 2" de espesor.

- Mediante el estudio de impacto ambiental se busca alternativas para aminorar los impactos causados en el ambiente; es por ello que en el presente estudio se identificaran y evaluaran las posibles acciones realizadas por el hombre que puedan alterar de alguna manera el ambiente, así como las características del medio (o factores ambientales) que pueden ser alterados.

- La investigación de la presente tesis aporta criterios estructurales según normas y metodologías para diseñar la estructura de un pavimento flexible y así lograr un eficiente nivel de transitabilidad mejorando las condiciones de vida de la población en toda la zona de influencia.

6.3. RECOMENDACIONES.

1. La estructura del pavimento está basada en la calidad de los materiales granulares de base y sub-base por lo que deberán cumplir -con las especificaciones generales y principales siguientes:

2. Se recomienda compactar la sub rasante al 100 % de la máxima densidad seca encontrada con el Ensayo de Proctor Modificado como mínimo y que el tamaño del agregado grueso sea como máximo de 2".

3. Se Recomienda compactar la sub-base y base del pavimento al 100 % de la Máxima Densidad Seca Encontrada con el Ensayo de Proctor Modificado como mínimo y que el tamaño del agregado grueso sea como máximo de 3/4".

4.- Se Recomienda controlar la compactación mediante el Ensayo de Densidad de Campo.

Bibliografía

BANCO MUNDIAL. (6 de ABRIL de 2017). *BANCO MUNDIAL* . Obtenido de http://www.bancomundial.org/es/topic/transport/overview

DIARIO CORREO. (29 de MAYO de 2016). *CORREO*. Obtenido de http://diariocorreo.pe/ciudad/el-problema-del-transporte-tambien-afecta-a-provincias-675559/

EL DIA MOVIL. (10 de MAYO de 2015). *Asfaltar vías en Bolivia es el más caro de la región*. Obtenido de www.eldia.com.bo/mobile.php?cat=1&pla=7&id_articulo=171350

EMB CONSTRUCCION. (DICIEMBRE de 2014). *REVISTA EMB CONSTRUCCION*. Obtenido de http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=3119&tip=3&xit=pavimentos-en-chile-un-mercado-altamente-desarrollado

GOBIERNO REGIONAL. (2006). *PLAN ESTRATEGICO INSTITUCIONAL*. TRUJILLO - LABERTAD.

GUERRERO, N. W. (2011). *LA DEFORMACIÓN PERMANENTE EN LAS MEZCLAS*. LIMA- PERU.

HENRY A, V. B. (24 de ABRIL de 2003). *MONOGRAFIAS.COM*. Obtenido de http://www.monografias.com/trabajos13/pafle/pafle.shtml

HERNADEZ, L. (2011). *MANUAL DE OPERACION DE LA ESTACION TOTAL*.

HERNRY A, V. B. (2016). *MONOGRAFIAS*. Obtenido de http://www.monografias.com/trabajos13/pafle/pafle.shtml

HUANG, Y. (2004). *PAVEMENT ANALYSIS AND DESIGN*. NEW JERSEY.

LEGISLACION AMBIENTAL. (23 de JUNIO de 2017). *CONTENIDO DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL*. Obtenido de www.legislacionambientalspda.org.pe

MONTEJO, A. (2006). *INGENIERIA DE PAVIMENTOS* . BOGOTA.

MTC. (2000). *ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS EG 2000*. LIMA -PERU.

MTC. (2003). *REGLAMENTO NACIONAL DE VEHICULOS.* LIMA, PERU.

MTC. (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES.* LIMA, PERU.

MTC. (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES.* LIMA, PERU.

MTC. (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES.* LIMA, PERU.

MTC. (2016). *MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES.* LIMA, PERU.

MTC. (2016). *MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES.* LIMA, PERU.

MTC. (2O16). *MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES.* LIMA, PERU.

MTC. (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES.*

MTC. (2016). *MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES.*

MTC. (2016). *MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES.* LIMA, PERU.

MUNDIAL, B. (s.f.).

RICO, A. Y. (1999). *LA INGENIERIA DE SUELOS EN LAAS VIAS TERRESTRES.* MEXICO D.F .

RVA. (13 de JUNIO de 2017). *WIKIPEDIA*. Obtenido de RED VIAL DE ARGENTINA: https://es.wikipedia.org/wiki/Red_vial_de_Argentina

USAT. (2013). *DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES AASHTO 93.* CHICLAYO, PERU.

USAT. (2017). *DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES AASHTO 93 CHICLAYO, PERU.*

USAT. (2017). *DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES AASHTO 93.* CHICLAYO, PERU.

USAT. (2017). *DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES AASHTO 93.* CHICLAYO, PERU.

USAT. (2017). *DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES AASHTO 93.* CHICLAYO, PERU.

USAT. (2017). *DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES AASHTO 93.* CHICLAYO, PERU.

USAT. (2017). *DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES AASHTO 93.* CHICLAYO,PERU.

USAT. (2017). *DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES AASHTO 93.* CHICLAYO, PERU.

USAT. (2017). *DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES AASHTO 93.* CHICLAYO ,PERU.

USAT. (2017). *DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES AASHTO 93.* CHICLAYO, PERU.

ANEXOS.

ANEXO 1. GUIA DE OBSERVACION.

"GUIA DE OBSERVACION DE LA PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CALLE I DEL CENTRO URBANO INFORMAL DEL SECTOR SAN MIGUEL DISTRITO DE TRUJILLO, 2017"

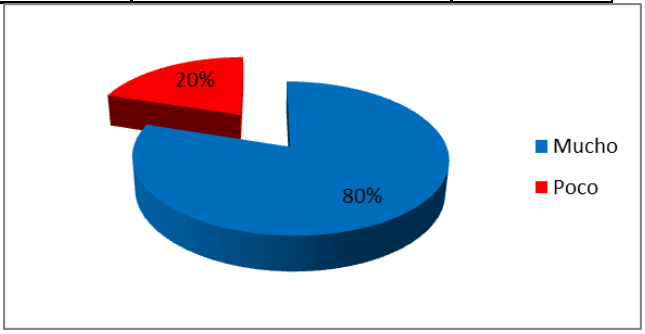
1. DATOS INFORMATIVOS:

La intervención se localiza en:

- Región : La Libertad
- Provincia : Trujillo
- Distrito : Trujillo
- ubicación: : "San miguel"
- Zona : Urbana informal.

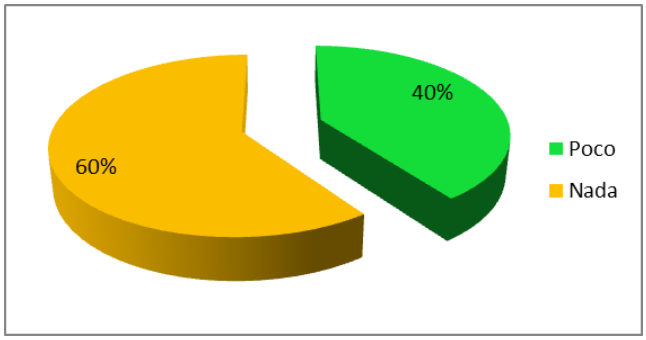
1. ¿El mal estado de las calles provoca una imagen desfavorable a la ciudad?

Mucho	8	80%
Poco	2	20%
Nada		
Total	10	100%

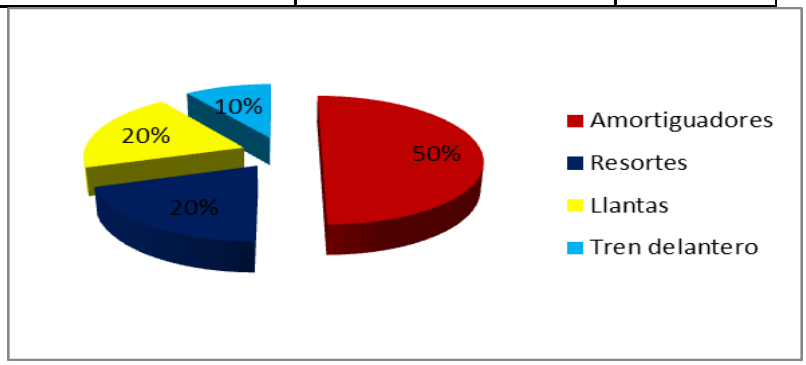


2. ¿En la última década se le ha dado el mantenimiento necesario a las calles?

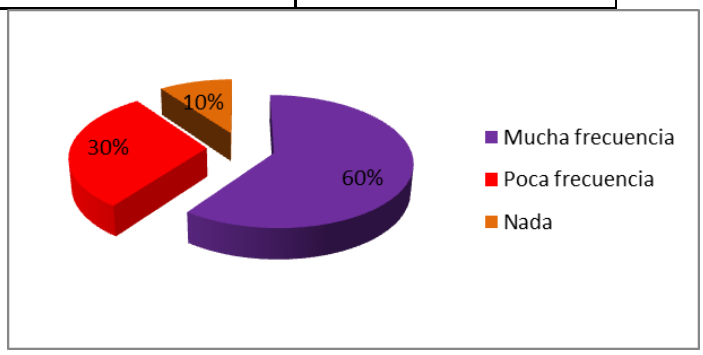
Mucho		
Poco	4	40%
Nada	6	60%
Total	10	100%



3. ¿Qué parte del vehículo sufre mayor daño por el mal estado de las calles?		
Amortiguadores	5	50%
Resortes	2	20%
Llantas	2	20%
Tren delantero	1	10%
Total	10	100%

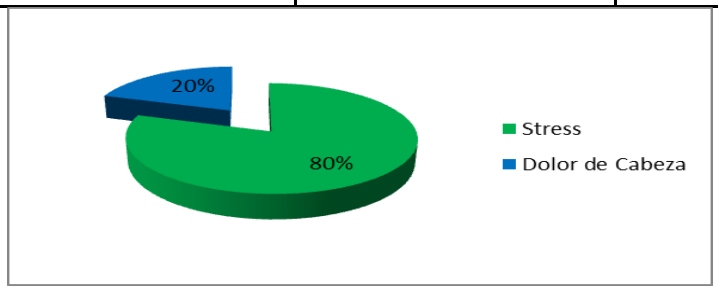


4. ¿la falta de pavimento ha conllevado a accidentes de tránsito?	
Mucha frecuencia	6
Poca frecuencia	3
Nada	1
Total	10



5. ¿Qué tipo de malestar le provoca el transitar por las vías en mal estado?

Stress	8	80%
Fatiga		
Dolor de Cabeza	2	20%
Total	10	100%



ANEXO 2. SISTEMA DE CLASIFICACION DE LOS SUELOS.

SISTEMAS DE CLASIFICACION DE LOS SUELOS

DEFINICION

Un sistema de clasificación de los suelos, es una agrupación de esto con características semejantes. El propósito es estimar en forma fácil las propiedades de un suelo por comparación con otros del mismo tipo, cuyas características se conocen. Son tantas las propiedades y combinaciones en los suelos y múltiples los intereses ingenieriles, que las clasificaciones están orientadas al campo de ingeniería para la cual se desarrollaron, por consiguiente, sólo se explicarán las clasificaciones empleadas en obras viales.

1. SISTEMA AASHTO

El Departamento de Caminos Públicos de USA (Bureau of Public Roads) introdujo uno de los primeros sistemas de clasificación, para evaluar los suelos sobre los cuales se construían las carreteras Posteriormente en 1945 fue modificado y desde entonces se le conoce como sistema AASHTO y recientemente AASHTO.

El sistema describe un procedimiento para clasificar suelos en grupos, basado en las determinaciones de laboratorio de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad. La evaluación en cada grupo se hace mediante un "indice de grupo".

Se informa en números enteros y si es negativo se informa igual a 0.

El grupo de clasificación, incluyendo el índice de grupo, se usa para determinar la calidad relativa de suelos de terraplenes, material de subrasante, subbases y bases.

El valor del índice de grupo debe ir siempre en paréntesis después del símbolo del grupo, como: A-2-6 (3); A-7-5 (17), etc.

Cuando el suelo es NP o cuando el límite no puede ser determinado, el índices de grupo debe considerarse (0).

Si un suelo es altamente orgánico (turba) puede ser clasificado como A-8 sólo con una verificación visual, sin considerar el porcentaje bajo 0,08 mm, límite líquido e índice de plasticidad. Generalmente es de color oscuro, fibroso y olor putrefacto y fuerte.

SISTEMA DE CLASIFICACION AASHTO.

Clasificación General	Suelos Granulares (≤ 35% pasa 0,08 mm)							Suelos Finos (> 35% Bajo 0,08 mm)			
Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Sub-Grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*				A-7-5** A-7-6**
2 mm	≤ 50										
0,5 mm	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
0,08 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35				36			
W_L				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
IP	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Descripción	Gravas y Arenas		Arena Fina	Gravas y Arenas Limosas Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
** A-7-5: IP ≤ (W_L – 30)						** A-7-6: IP > (W_L – 30)					
Si el suelo es NP → IG = 0; Si IG < 0 → IG = 0											

2. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION:

El sistema desarrollado por el Dr. Arturo Casagrande utiliza la textura para dar términos descriptivos tales como:

"GW", grava bien graduada; "GC", grava arcillosa; "GP", Grava mal graduada, etc.

Este sistema de clasificación se ha extendido en cooperación con la Oficina de mejoramiento de terrenos (Bureau of Reclamation) de los Estados Unidos, y se denomina actualmente Sistema de clasificación unificado.

Está basado en la identificación de los suelos según sus cualidades estructurales y de plasticidad, y su agrupación con relación a su comportamiento como materiales de construcción en ingeniería. La base de la clasificación de suelos está en las siguientes propiedades:

1. Porcentaje de grava, arena y finos (fracción que pasa por el tamiz Nº 200)
2. Forma de la curva de distribución granulométrica.
3. Características de plasticidad y compresibilidad.

Se establecen fracciones de suelos: Cantos rodados, gravas, arena y finos (limo o arcilla). Los límites de demarcación entre las diversas fracciones y aspectos descriptivos, simbología, descripciones y criterios de clasificación de laboratorio, se dan en la Tabla I: Sistema Unificado de Clasificación de suelos, que se incluye.

Los suelos se separan en tres divisiones:

1. Suelos de grano grueso.
2. Suelos de grano fino.
3. Suelos altamente orgánicos.

Los suelos de grano grueso son aquellos que contienen 50 por ciento o menos de material más pequeño que la malla del tamiz Nº 200, y suelos de grano fino son

aquellos que contienen más del 50 por ciento de material más pequeño que el tamiz Nº 200.

Los suelos altamente orgánicos pueden identificarse generalmente por inspección visual.

Los suelos de grano grueso se dividen en gravas (G) y arenas (S). Las gravas son aquellos suelos de grano grueso que tienen un porcentaje mayor de la fracción gruesa (la que no pasa por el tamiz Nº 200) retenida en el tamiz Nº 4, y las arenas son aquellos que su porción mayor para por el tamiz Nº 4. Tanto las gravas

(G), como las arenas (S), se dividen en cuatro grupos secundarios, GW, GP, GM y GC y SW, SP, SM y SC, respectivamente, según la cantidad y tipo de los finos y la forma de la curva granulométrica.

En la indicada tabla se muestran los tipos representativos de suelos encontrados en cada uno de estos grupos secundarios, bajo el encabezamiento de "Nombres Tipicos". Los suelos de grano fino se subdividen en limos (M) y arcillas (C), según su límite líquido y su índice de plasticidad. Los limos son suelos de grano fino con un límite líquido y un índice de plasticidad, de los cuales grama de la tabla II-3 y arcillas aquellos que dan puntos por encima de la linea "A". Esta definicion no es válida para las arcillas orgánicas puesto que el límite líquido y el índice de plasticidad de estos suelos dan puntos por debajo de la linea "A", El limo

(M) y la arcilla (C) se dividen a su vez en dos grupos secundarios basados en el hecho de que el suelo tenga un límite líquido relativamente bajo (L – low), o alto (H – high). Los tipos de suelos representativos encontrados en cada uno de los grupos resultante se dan en la tabla II-3 bajo

"Nombres Tipicos".

Los suelos altamente orgánicos son usualmente muy comprensibles y tienen características inadecuadas para la construcción. Se clasifican dentro del grupo designado por el símbolo Pt. Turba (Peat). El humus y los suelos de pantano son ejemplos típicos de este grupo de suelos.

DIVISION MAYOR			GRUPO SIMBOLOS		DESCRIPCION	CRITERIO DE CLASIFICACION DEL LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO Mas de la mitad del material es mayor que el tamiz N° 200	GRAVAS (Mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 4)	GRAVA LIMPIA (Poco o ningun Finos)	GW		Grava bien graduado o mezcla de arena y grava. Poco o ningunos finos .	Determinar el porcentaje de arena y grava de la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción menor que el tamiz N° 200), los suelos de grano grueso y de grano fino se clasifican así:	Menos del 5% ——— GW, GP, SW, SP Más del 12% ——— GM, GC, SM, SC 5% Al 12% caso límite usar los dos símbolos **	$C_u = \frac{D_{60\text{mayor que }4}}{D_{10}}$ $Cc = \frac{(D_3)^2}{D_{10} \times D_{60}}$ entre 1 y 3
			GP		Grava mal graduado o mezcla de grava y arena. Poco o ningunos finos			No reúne los requisitos de granulometría para GW
		GRAVA CON FINAS (Apreciable cantidad de finos)	GM	d	Grava con finos, grava mal graduado muy limoso. Mezcla grava, arena y arcilla.			Límites de Atterberg bajo la línea "A" o I.P. menor de 4 — Caso de estar sobre la línea "A" con I.P. entre 4 y 7; estamos en un caso "límite", y usarse los dos símbolos
				u				Límites de Atterberg sobre la línea "A" o I.P. mayor 7
			GC		Mezcla bien graduado de grava, arena y arcilla. Excelente aglutinante.			
	ARENAS (Mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz	ARENA LIMPIA (Poco o ningun finos)	SW		Arena bien graduada y arena gravillosa. Poco o ningunos finos.			$C_u = \frac{D_{60\text{mayor que }6}}{D_{10}}$ $Cc = \frac{(D_{10})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ entre 1 y 3
			SP		Arena mal graduado Arena gravillosa. Poco o ningunos finos.			No reúne los requisitos de granulometría para SW
		ARENA CON FINOS (Apreciable cantidad de finos)	SM	d	Arena con finos. Area muy limoso. Mal graduado mezcla arena y arcilla			Límites de Atterberg la línez "A" o I.P. menor de 4 — Las líneas trazadas en la zona rayada con I.P. entre 4 y 7 son casos límite y deben usarse los dos símbolos.
				u				Límites de Atterberg sobre la línea "A" o I.P. menor de 7
			SC		Mezcla bien graduado arena y arcilla. Excelente aglutinante			
SUELOS DE GRANO FINO Mas de la mitad del material es menor que el tamiz N° 200	LIMO Y ARCILLA (Límite líquido es menor de 50)		ML		Limos Inorgánico y arena muy fina. Polvo roca. Arena fino con ligera plasticidad.			
			CL		Arcilla Inorgánica de baja o medias plasticidad. Arcilla arenosa. Arcilla gravillosa. Arcilla limosa. Arcilla floja			
			OL		Limos. Orgánico. Limos – arcilla orgánico de baja plasticidad.			
	LIMO Y ARCILLA (Límite líquido es menor de 50)		MH		Limos inorgánicos, arena fina micáceo o diamatáceo o suelo limoso, suelo elástico			
			CH		Arcilla inorgánica de alta plasticidad. Arcillas grasas			
			OH		Arcilla orgánica de media o alta plasticidad			
	Suelos altamente orgánico		PL		Turba (pect) y otros materiales altamente orgánicos.			

GRAFICO DE PLASTICIDAD

Las divisiones de los grupos GM y SM en las subdivisiones "d" y "u" es solamente para caminos y aeródromos. Las subdivisiones están basadas en los límites de Atterberg. El sufijo "d" es usado cuando LL es 28 o menos y el PI es 6 o menos. Sufijo "u" es usado cuando LL es mayor de 28.

Clasificación en la línea divisoria, usada para suelos que poseen características de dos grupos es designado por la combinación de símbolos de grupos. Por ejemplo: GW – GC, mezcla de arena y grava bien graduada con arcilla como aglutinante.

PANEL FOTOGRAFICO

C.U.I. SAN MIGUEL PASAJE 1

C.U.I. SAN MIGUEL

C.U.I. SAN MIGUEL

C.U.I. SAN MIGUEL