



Universidad Científica del Perú - UCP
*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DE LA
TRANSITABILIDAD EN LA CARRETERA CACATACHI –
RUMISAPA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

ASESOR:

M.Sc. Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta

AUTORES:

TELLO SINARAHUA, Kateryn

TARAPOTO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios, por haberme acompañado, guiado y levantado de mis continuos tropiezos, a mi querida madre ESTEFITA, por su amor infinito y apoyo incondicional, a mi querida hermana SELENE, por ser mi fortaleza cada día y como olvidarte a ti querido amigo RENULFO, que desde el cielo me acompañas, nuestro sueño infantil se está cumpliendo, a todos ustedes con mucho amor.

Kateryn Tello Sinarahua

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer sobre todas las cosas a nuestro Dios creador, a mi querida madre, la razón de mi existencia, por sus consejos, sus enseñanzas, su amor incondicional y por todo lo que he aprendido de ella en sus acciones.

A mi pequeña hermana, por su apoyo moral y su amor desinteresado.

A mis abuelos, Asencio, Carolina y Marli, por cada muestra de cariño de una u otra forma.

A la Universidad Científica del Perú por acogerme en su casa de estudios y a sus excelentes docentes quienes me brindaron los conocimientos necesarios para la Carrera Profesional.

A mi Asesor, por guiarme en este proceso de formulación y desarrollo de tesis, y sobre todo por su esmero para culminar de manera exitosa.

A mis amigos que creyeron en mí y me brindaron toda su confianza y apoyo.

Kateryn Tello Sinarahua

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

La Tesis titulada:

**“PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y SU RELACIÓN CON LA
MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD EN LA CARRETERA CACATACHI –
RUMISAPA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN”**

De los alumnos: **TELLO SINARAHUA KATERYN**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **12% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 09 de Noviembre del 2021.












Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética – UCP

Document Information

| | |
|--------------------------|---|
| Analyzed document | UCP_INGENIERÍACIVIL_2021_TESIS_KATERYNTELLO_V1.pdf (D117890765) |
| Submitted | 2021-11-08 19:07:00 |
| Submitted by | Comisión Antiplagio |
| Submitter email | revision.antiplagio@ucp.edu.pe |
| Similarity | 12% |
| Analysis address | revision.antiplagio.ucp@analysis.orkund.com |

Sources included in the report

| | | | |
|-----------|--|---|---|
| SA | Universidad Científica del Perú / UCP_INGENIERÍACIVIL_2021_TESIS_LÉBINISDIAZ_KENNYTEJADA_V1.pdf Document UCP_INGENIERÍACIVIL_2021_TESIS_LÉBINISDIAZ_KENNYTEJADA_V1.pdf (D117572588) Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.orkund.com |  | 7 |
| W | URL: http://repositorio.uprit.edu.pe/bitstream/handle/UPRIT/191/MERA%20GARCIA%20CESAR%20AUGUSTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2021-07-16 19:47:26 |  | 5 |
| SA | Universidad Científica del Perú / UCP_Facultad de Ciencias e Ingenieria_2021_TSP_eduard Vaquez_Liz Rios_ V1.pdf Document UCP_Facultad de Ciencias e Ingenieria_2021_TSP_eduard Vaquez_Liz Rios_ V1.pdf (D109849958) Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.orkund.com |  | 4 |
| SA | Universidad Científica del Perú / UCP_INGENIERÍACIVIL_2021_TESIS_JORGEPIPA_MOISESPIPA_V1.pdf Document UCP_INGENIERÍACIVIL_2021_TESIS_JORGEPIPA_MOISESPIPA_V1.pdf (D115054120) Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.orkund.com |  | 5 |
| SA | MANUAL DE APLICACION.docx Document MANUAL DE APLICACION.docx (D110365062) |  | 7 |
| W | URL: https://1library.co/document/z3dregey-comparacion-instituto-optimizar-pavimento-flexible-lorenzo-leonardo-chiclayo.html Fetched: 2021-07-23 21:52:05 |  | 1 |
| SA | TESIS 2015 civil.docx Document TESIS 2015 civil.docx (D13388704) |  | 5 |
| SA | TESIS LUIGGY FINAL.docx Document TESIS LUIGGY FINAL.docx (D22885555) |  | 2 |
| W | URL: http://repositorio.uprit.edu.pe/bitstream/handle/UPRIT/189/SOLANO%20ORBEGOSO%20JAIR%20NEIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2021-07-16 17:46:34 |  | 4 |

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal **N° 719-2021-UCP-FCEI** del 15 de octubre del 2021, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|--|------------|
| • Ing. Caleb Rios Vargas, M.Sc. | Presidente |
| • Ing. Luis Armando Cuzco Trigozo, M.Sc. | Miembro |
| • Ing. Isaac Duhamel Castillo Chalco. | Miembro |

Como Asesor: **Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta, M. Sc.**

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 16:00 horas del día **lunes 20 de diciembre del 2021**, modo virtual con la plataforma del ZOOM, supervisado en línea por la Secretaria Académica de la Facultad y el Director de Gestión Universitaria de la Filial Tarapoto de la Universidad, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **“PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD EN LA CARRETERA CACATACHI – RUMISAPA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN ”.**

Presentada por la sustentante:

KETERYN TELLO SINARAHUA

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL.**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS.**

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR UNANIMIDAD CON LA NOTA DE DIECISEIS (16).**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Presidente



Miembro



Miembro

APROBACIÓN

Tesis sustentada en acto público el día 20 de diciembre a las 4:00 pm del 2021.



Ing. CALEB RÍOS VARGAS, M.Sc.
PRESIDENTE DEL JURADO



Ing. LUIS ARMANDO CUZCO TRIGOZO, M.Sc.
MIEMBRO DEL JURADO



Ing. ISAAC DUHAMEL CASTILLO CHALCO
MIEMBRO DEL JURADO



Ing. VÍCTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA, M.Sc.
ASESOR

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| DEDICATORIA | 2 |
| AGRADECIMIENTO | 3 |
| APROBACIÓN | 4 |
| ABSTRACT | 10 |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN | 11 |
| 1.1 Introducción | 11 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | 13 |
| 2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO..... | 13 |
| 2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES..... | 14 |
| 2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES | 18 |
| 2.2 BASES TEÓRICAS..... | 21 |
| CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 54 |
| 3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA | 54 |
| 3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 55 |
| 3.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS | 55 |
| 3.3 OBJETIVOS..... | 55 |
| 3.3.1 OBJETIVO GENERAL..... | 55 |
| 3.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS..... | 55 |
| 3.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 56 |
| 3.5 HIPÓTESIS..... | 56 |
| Hipótesis General | 56 |
| 3.6 VARIABLES | 56 |
| CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA | 57 |
| 4.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN..... | 57 |
| 4.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN..... | 57 |
| 4.1.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN..... | 57 |
| 4.2 UNIDAD DE ESTUDIO | 57 |
| 4.3 POBLACIÓN | 57 |
| 4.4 MUESTRA..... | 57 |
| 4.5 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 57 |
| 4.5.1 TÉCNICAS:..... | 57 |
| 4.5.2 INSTRUMENTO:..... | 57 |

| | |
|--|-----------|
| 4.5.3 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS..... | 58 |
| 4.6 PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS..... | 58 |
| CAPÍTULO V: RESULTADOS..... | 59 |
| 5.1 ESTUDIO DE TRÁFICO | 59 |
| 5.2 ESTUDIO DE SUELOS | 67 |
| CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 96 |
| 6.1. DISCUSIÓN | 96 |
| CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 97 |
| 7.1 CONCLUSIONES..... | 97 |
| 7.2 RECOMENDACIONES..... | 98 |
| CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 99 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1: Conformación típica del pavimento como elemento estructural | 24 |
| Ilustración 2: Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible) | 26 |
| Ilustración 3: Índice de serviciabilidad en función de calidad de la vía | 35 |
| Ilustración 4: Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica (a1) | 38 |
| Ilustración 5: Nomograma que presenta relaciones entre parámetros de resistencia de la capa sub base AASHTO 93..... | 49 |
| Ilustración 6: Relación entre módulo elástico y CBR en la capa sub base (AASHTO 93) | 50 |
| Ilustración 7: Ubicación de la Estación | 59 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Niveles de confiabilidad por tipo de vía | 36 |
| Tabla 2: Determinación de la desviación estándar normal ZR a partir de la confiabilidad | 36 |
| Tabla 3: Valores recomendados para la desviación estándar (So) | 37 |
| Tabla 4: Capacidad de drenaje | 39 |
| Tabla 5: Coeficientes de drenaje (mi) recomendados | 39 |
| Tabla 6: Requisitos granulométricos de la subbase granular | 41 |
| Tabla 7: Requisitos de Calidad de la subbase granular | 42 |
| Tabla 8: Requisitos granulométricos de la base granular | 42 |

RESUMEN

El presente proyecto de investigación titulado “**PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD EN LA CARRETERA CACATACHI – RUMISAPA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN**”, se desarrolló con el fin de contribuir con la población que se ve afecta directamente por las malas condiciones de la vía, para una mejor de transitabilidad vehicular y peatonal.

Las evaluaciones de suelos realizadas en la carretera: Cacatachi - Rumisapa que se encuentra a nivel de capa granular (afirmado), permiten apreciar que en la actualidad esta carretera presenta insuficiencias superficiales que en algunos subtramos son críticos y la serviciabilidad es variable originada por los excesivos baches y deterioros vistos en la carretera. Allí radica la importancia del tema elegido para la presente tesis puesto que el mejoramiento de la carretera en mención permitirá mejorar la transitabilidad vehicular en el área de influencia.

El proyecto presenta el diseño según la metodología AASHTO 93, el cual busca determinar el espesor de la carpeta asfáltica para el diseño del pavimento flexible, además del número estructural y serviciabilidad del pavimento, también se hace uso del Manual de Carreteras y la norma CE. 010 pavimentos urbanos para algunas referencias requeridas por la tesis.

De los instrumentos de aplicación, fueron valorados de eficaces a altamente eficaces. Además, permitirá sus efectos prácticos y poniendo a disponibilidad un estudio técnico que posibilite dotar de una infraestructura vial adecuada para los pobladores circundantes y a la población flotante en su conjunto.

La implementación de una propuesta a nivel de estudio definitivo permitirá mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal de la carretera Cacatachi – Rumizapa.

Palabras claves: pavimento flexible, transitabilidad vehicular, Diseño de pavimentos. Método AASHTO – 93.

ABSTRACT

This research project entitled "FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN PROPOSAL AND ITS RELATIONSHIP WITH IMPROVING TRAFFICABILITY ON THE CACATACHI - RUMISAPA ROAD, SAN MARTÍN DEPARTMENT", was developed in order to contribute to the population that is directly affected due to poor road conditions, for better vehicular and pedestrian traffic.

The soil evaluations carried out on the road: Cacatachi - Rumisapa, which is at the level of the granular layer (affirmed), allow us to appreciate that at present this road has superficial insufficiencies that in some sub-sections are critical and the serviceability is variable caused by excessive potholes and deterioration seen on the road. Therein lies the importance of the topic chosen for this thesis since the improvement of the highway in question will allow to improve vehicular traffic in the area of influence.

The project presents the design according to the AASHTO 93 methodology, which seeks to determine the thickness of the asphalt layer for the design of the flexible pavement, in addition to the structural number and serviceability of the pavement, it also makes use of the Highway Manual and the CE standard. 010 urban pavements for some references required by the thesis.

Of the application instruments, they were rated from effective to highly effective. In addition, it will allow its practical effects and making available a technical study that makes it possible to provide adequate road infrastructure for the surrounding inhabitants and the floating population as a whole.

The implementation of a proposal at the final study level will improve the vehicular and pedestrian traffic of the Cacactachi - Rumisapa highway.

Keywords: flexible pavement, vehicular traffic, Pavement design. Aashto 93 method.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

La transitabilidad vial se relaciona entre el flujo vehicular y peatonal, es decir la adecuada vialidad con los estudios, diseño y materiales respectivos aplicados con el fin de que los daños posteriores puedan ocasionarse a un largo plazo. De esta manera el pavimento podrá resistir las condiciones propias de la naturaleza y del tráfico, de acuerdo a la realización del estudio en la zona requerida y solicitada.

El estado de la infraestructura vial de nuestro país incide en gran medida en su nivel de desarrollo, puesto que al tener vías en buen estado se mejora la transitabilidad, costos de operación, comunicaciones y transporte en general, es por ello, que en primer lugar, debemos apuntarle a realizar diseños de estructura de pavimentos que cumplan con las solicitudes requeridas para determinada vía, con un costo razonable, y garantizando un aceptable índice de serviciabilidad durante la vida de servicio estimada.

Con esta propuesta de diseño se requiere cambiar el esquema y plantear soluciones duraderas y eficaces que disminuyan los costos de operación vehicular y agilicen la evacuación de la producción. Dentro de estas soluciones la más clara es la construcción de estructuras de pavimento que contemplen una capa de rodadura que proteja los granulares y garantice seguridad y confort a quienes la utilicen.

En el recorrido nos permitió apreciar que en la actualidad esta carretera presenta insuficiencias superficiales que en algunos subtramos son críticos y la serviciabilidad es variable originada por los excesivos baches y deterioros vistos en la carretera. Allí radica la importancia del tema elegido para la presente tesis, puesto que el mejoramiento de la carretera en mención permitirá mejorar la transitabilidad vehicular en el área de influencia.

La metodología tiene como finalidad determinar los espesores mínimos de la estructura de pavimento (base, subbase, y carpeta asfáltica). El método semi empírico utilizado es el de la AASHTO-93 (American Association of State Highway and Transportation Officials) en el cual influyen variables como el tráfico promedio diario (TPD) calculando así los ejes equivalentes para un periodo de diseño de 15 años, variables del terreno obtenidas por medio de ensayos como el CBR (módulo de resiliencia), confiabilidad, drenaje, entre otros factores necesarios para hallar los espesores de las capas de la estructura de pavimento flexible.

Con el fin de conocer las implicaciones técnicas asociadas a la pavimentación de vías de tercer orden este trabajo se basó en proponer un diseño la estructura de pavimento de una vía terciaria como lo es la carretera Cacatachi - Rumisapa, para ello y con el fin de establecer parámetros de selección se diseñó la estructura de pavimento usando el método AASHTO 93 e INSTITUTO DEL ASFALTO, identificando la estructura de pavimento óptimo.

En la provincia de San Martín, en las principales vías de conexiones hacia otros pueblos, existen muchas vías que aún no han sido pavimentadas, siendo el gobierno local, provincial y central las responsables de generar los proyectos a través de las gerencias de obras.

Asimismo, en la actualidad existen vías que aún no cuentan con carreteras, siendo este una necesidad en el cierre de brechas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Una desventaja que tienen los pueblos aledaños a las ciudades cercanas, son el escaso medio de comunicación vial terrestre en los diferentes lugares de nuestro país, especialmente en la zona de selva y ceja de selva, que continuamente se ven involucrados en el mal estado de nuestras carreteras, esta problemática no solamente se da en este sector sino también en la zona de sierra y costa. La población de estos sectores se las ingenia para habilitar kilómetros de carreteras con el fin de tener un camino o vía de transporte que garantice la mejora de sus economías.

Por lo general, los proyectos de carreteras de conectividad a los pueblos, donde permitan platear desarrollo para su mejoramiento, ya que en la zona de selva los suelos son conocidos por ser arcillosos con alta plasticidad y capacidad de soporte bajo, la cual es uno de los grandes problemas para la construcción de caminos vecinales, por lo que, los Gobierno locales se ven obligado a ejecutar estudios para realizar estos trabajos con materiales provenientes de las únicas canteras calificadas que existen dentro de la provincia o del distrito, cuyas ubicaciones de estas canteras se encuentran muchas veces alejados de los lugares donde se desea construir, lo que en ocasiones torna inejecutable estos proyectos, puesto que el transporte del material eleva notablemente el costo de la construcción de las vías.

La presente investigación se centra en una propuesta de diseño de pavimento flexible de la carretera Cacatachi – Rumisapa del departamento de San Martín, esto en la medida que dicha carretera presenta en épocas de invierno una baja transitabilidad debido al mal estado de la vía donde presentan; ahuellamientos y deterioro de la misma, ocasionando pérdidas económicas a los pueblos aledaños beneficiarios de esta vía por tener dificultades para llevar sus cosechas al mercado de manera oportuna, así mismo se perjudican los transportistas que se

arriesgan a transitar esta ruta debido a los desperfectos mecánicos que sufren por las condiciones del trayecto, también se contempla que las condiciones de deterioro de la carretera.

En este proyecto de investigación nos apoyamos en otras investigaciones relevantes.

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- **Miranda (2010)** de la Universidad Austral de Chile argumenta en su tesis “**Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos**”. Para lograr el título de Ingeniero Civil. Su objetivo principal es conocer los daños presentados en los pavimentos, comparando las fallas y conociendo las soluciones para su conservación y buen estado de la vía. Se concluye que las entidades públicas aún no se concientizan sobre el costo de conservación, ya que este puede ser incluso mayor a la reparación completa de toda la vía en problemas, el cual podría ofrecer una mejor transitabilidad a los usuarios.
- **Gastón (2008)** en su tesis “**Comparación de varias estructuras de pavimentos flexibles y rígidos, sector Polpaico – La Trampilla**” de la Universidad de Chile. Para lograr el título de Ingeniero Civil. El principal objetivo es estudiar la conducta de dos tipos de pavimentos que es la de hormigón y asfáltico. Se llegó a la conclusión que según el número de ejes equivalentes se puede determinar el grado de deterioro en 20 años según el método AASHTO, teniendo el pavimento flexible 20 000 000 EE y el pavimento rígido 21 350 000 EE, siendo este con más ejes equivalentes el cual nos permite conocer el número de repeticiones teniendo un periodo establecido según el estudio realizado. Conociendo estos comportamientos se puede otorgar un mejor resultado para sector Polpaico de Chile.
- **Sánchez (2015)** en su tesis titulada “**Estudio de las fallas en los pavimentos rígidos para el mantenimiento y rehabilitación de las vías principales del Municipio de Tamalameque Cesar**” de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Para obtener el título de Ingeniero Civil. Ocaña. El principal objetivo es realizar una evaluación de tipo de fallas mediante procedimientos

y métodos para el mantenimiento de las principales vías. Se concluye que se pudo obtener las causas, variedad de fallas y los posibles tratamientos que la vía cumpla con su serviciabilidad para los años que fue estimada, teniendo un tipo de rehabilitación específico para el tipo de pavimento rígido. Esta investigación servirá de guía para poder comparar estudios de métodos de rehabilitación y mantenimiento, fallas y precios, ya que está relacionada con el tema de investigación.

- **Farinango (2014)** en su tesis “**Análisis comparativo de costos entre el pavimento rígido y pavimento flexible**” de la Universidad Central del Ecuador. Para lograr el título de Ingeniero Civil. El principal objetivo es llevar a cabo un análisis de costos entre el pavimento rígido y pavimento flexible, logrando determinar el costo más factible y económico de la localidad de Quito”. Se concluye que el costo final de construcción analizado del pavimento de hormigón es USD 9'195 791.31 y del pavimento flexible es USD 5'465 923.23. La investigación genera nuevos conocimientos y detalla de forma precisa y clara porque es que se escoge uno de los dos tipos de pavimentos siendo éste el más factible para el lugar del proyecto de investigación.
- **(Lozano & Tabares, 2005)** en la investigación para titularse en vías y transporte, “**Diagnóstico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva, mediante parámetros obtenidos del estudio en fase I de la vía de acceso al Barrio Ciudadela del café – Vía Badela**”, el objetivo de esta investigación es presentar sus resultados de la evaluación, usando otras metodologías de su diseño estructural de ese pavimento, usando una metodología Descriptiva transaccional.

Llegando a las siguientes conclusiones: Su capacidad para esta vía, es 14% en período inicial de ocupación y el 18 % para el 2015, dando el entendimiento la geometría de la vía con dimensión largas en atención a sus vehículos del área.

Asimismo, puede dar conclusión que su valor tomado de la subrasante, se recomienda los materiales de subbase para resistir su carpeta de rodadura y de sus cargas; brindando su módulo de reacción para su subrasante.

El diseño AASHTO tiene mayor dimensión de su carpeta asfáltica igual a 18 cm, a diferencia de Nota Vial 31 igual a 5 cm.

- **Salamanca & Zuluaga (2014)** señalan en el trabajo de grado titulado “**Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos Invias, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye - Santa Lucia Barranca Lebrija entre las abscisas k19+250 a k25+750 ubicada en el departamento del César**”, trabajo de grado para obtener el título de Especialista en Ingeniería de Pavimentos por la Universidad Católica de Colombia – Colombia, tiene como objetivo principal, diseñar las estructuras de pavimento flexible por medio de los métodos Invias para medios y altos volúmenes de tránsito, AASHTO 93 e Instituto del asfalto para la vía La Ye - Santa Lucia – Barranca Lebrija entre los abscisas K19+250 A K25+750 ubicada en el departamento del Cesar.
- **Cedeño (2014)** señala en la tesis titulada “**Propuesta de metodología complementaria a los diseños de pavimentos según AASHTO 93**”, tesis para obtener el título de Ingeniero Civil por la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil – Ecuador, tiene como objetivo principal, complementar el diseño propuesto por AASHTO 93 con otras metodologías que permitan considerar las condiciones de temperatura a las que está sujeta la estructura de pavimento (flexible) en las distintas regiones del país y su incidencia en el tipo de daño por fatiga
- **Coronel, E. (2015)**, en su investigación titula: “**Estudio Preliminar y Diseño de la Vía: con Pavimento Flexible**”, para optar el título de Ingeniero Civil de la Escuela Superior Politécnica del Litoral en Ecuador, nos menciona:

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo: el Estudio Preliminar y Diseño Vial Tramos Cerecita-Tamarindo abscisa “0+000-1+500 L= 1500 metros”, Tamarindo-La Bajada de Progreso abscisa “0+000-1+300 L= 1300

metros”; con Pavimento Flexible diseñada con el Método Marshall, teniendo como objetivos principales los siguientes: Realizar un diseño vial eficiente de los Tramos Cerecita – Tamarindo “0+000 - 1+500 L=1500 metros”, Tamarindo - La Bajada de Progreso “0+000 – 1+300 L=1300 metros”; con Pavimento Flexible. Tener un conocimiento más amplio de las características, condiciones y métodos que se emplean en la construcción de una carretera a base de pavimento flexible. Considerar las especificaciones exigidas para el diseño vial. Realizar un diseño de concreto asfáltico utilizando el método Marshall (ensayos del laboratorio y resultados). Realizar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), que minimice los efectos de contaminación a causa de la construcción del proyecto. Elaborar un Presupuesto Referencial que contemple los rubros principales que intervienen en la construcción de una carretera. Poder estudiar y comprender a fondo el diseño como la construcción de una carretera; para así poder realizar más estudios y pruebas que puedan dar un mayor desarrollo a la tecnología en la construcción de vías de comunicación.

- **Rojas, M. (2014)** en su trabajo de investigación titulado: **“Propuesta de recuperación vial de pavimentos flexibles de los Municipios Bolívar, Carvajal, Freites, Guanta, Libertad y Sotillo del Estado Anzoátegui”**, para optar el título de Ingeniero Civil de la Universidad de Oriente en Venezuela, nos menciona:

El concepto de la conservación vial no es un tema nuevo, como tampoco lo son los tratamientos que se emplean para restaurar carreteras. Lo novedoso son los cambios al sistema tradicional de gestión de caminos que no es rentable. En este proyecto, se presenta una Propuesta de Recuperación Vial (PRV) como un nuevo modelo de sistema de conservación para caminos rurales. Este modelo emergió por la necesidad de darle al Servicio Autónomo de Vialidad Agrícola del Estado Anzoátegui (SAVA) una herramienta de soporte técnico e institucional necesarios para la optimización de las actividades de mantenimiento de la infraestructura vial que éste realiza. Se hace mención de algunos factores técnicos, organizacionales y normativos

que inciden en la vialidad deficitaria y se establecen metodologías y procedimientos aplicables en el PRV que permitan la fácil implementación de éste. Se hace hincapié en que se deben articular las políticas y acciones del SAVA, con las del Gobierno Regional y otras entidades encargadas del problema de la vialidad en el estado, particularmente en lo que se refiere a fortalecer la infraestructura de transporte en un marco de competitividad regional y nacional que permitan la reducción de los costos y tiempos de transporte e integrar zonas rurales con áreas dotadas de servicios básicos y centros económicos regionales.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

- **Rengifo (2014)** de la Pontificia Universidad Católica del Perú en su tesis “**Diseño de los pavimentos de la nueva carretera panamericana norte en el tramo de Huacho a Pativilca (KM 188 a 189)**”. Para obtener el título Ingeniero Civil. El principal objetivo es llevar a cabo el estudio y diseño del pavimento rígido y flexible considerando los estudios previos así mismo se considera el presupuesto más económico. Entre sus conclusiones resalta que el costo del pavimento rígido es mayor, pero cabe resaltar que con el paso del tiempo el pavimento flexible requerirá mantenimiento lo que hace que sea un costo promedio entre los dos. La tesis presenta conocimientos y estudios base que servirán como ayuda fundamental para la realización de la investigación, ya que contiene capítulos muy relevantes que contribuirán a la realización de los diseños.
- **Vega (2018)** realizó su tesis “**Diseño de los pavimentos de la carretera de acceso al Nuevo Puerto de Yurimaguas (km 1+000 a 2+000)**” de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Para obtener el título de Ingeniero Civil. El objetivo diseñar dos tipos de pavimento: rígido y flexible, teniendo como metodología de diseño al Instituto del Asfalto, PCA y AASHTO. Entre sus conclusiones se resalta, que la capa de rodadura debe tener un confort superficial y que la alternativa del pavimento rígido dio como resultado (S/. 1, 203,703), precio aumentado en 4.8% al del pavimento flexible. El aporte de la investigación es que se obtienen

métodos y técnicas de diseño de pavimentos, esto se hace con el fin de conocer cuál es la alternativa más factible según el análisis económico y el método de diseño.

- **Gómez (2014)** señala en la tesis titulada “**Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau - Trujillo - La Libertad**”, tesis para obtener el título de Ingeniero Civil por la Universidad Privada Antenor Orrego – Perú, tiene por objetivo principal, determinar la estructura del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo – La Libertad.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- El Diseño de la Estructura del Pavimento Flexible, del presente proyecto, obedece a parámetros del comportamiento del lugar de emplazamiento, tomando como variables de entrada, la caracterización del tránsito, las propiedades mecánicas de los materiales y del terreno de fundación, las condiciones climáticas, las condiciones de drenaje y los niveles de serviciabilidad y confiabilidad.
 - En el método AASTHO – 93, el cálculo del espesor de la estructura del pavimento relaciona las variables, considerando principalmente los Factores de Equivalentes de ejes tipo de 80 Kn o 18 Kips o ESALs y el Módulo Resiliente de la Subrasante MR.
- **(Castillo, 2018)** En la tesis de titulación como Ingeniero Civil denominado: **(Diseño del pavimento para el mejoramiento de la transitabilidad vial entre los jirones Helmes y Ortiz- Los Olivos, 2018)** en la UCV. Con el objetivo de determinar de qué forma el diseño de pavimento mejoraría su transitabilidad de Jirones Helmes y Ortiz- Los Olivos, 2018. Usando una metodología descriptiva, cuantitativa, no experimental.

Llegó a las siguientes conclusiones: Existe una gran mejora en la transitabilidad mediante el método AASHTO obteniendo su confiabilidad 70% por un periodo de 20 años, siendo esta muy alta. Finalmente, su diseño de dicho pavimento tendrá mejoras en su transitabilidad determinando su IMDA

para 160 veh. por cada día. Se determinó su ESAL siendo este $1.29E+05$ para el flexible y $1.26E+05$ para el flexible.

- **(Gómez, 2014).** en la tesis para obtener el título de ingeniero Civil titulado **“Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del Ovalo Grau – Trujillo – La Libertad” en la universidad privada Antenor Orrego.**

Con el objetivo de determinar las dimensiones del pavimento flexible en el Óvalo Grau – Trujillo”, usó una investigación descriptiva y llegó a las siguientes conclusiones:

Su diseño de pavimento Flexible cumple condiciones de comportamiento, con sus variables en entrada, sus características de tránsito, sus propiedades del material y suelo, el clima, su drenaje y serviciabilidad o confiabilidad.

Su diseño AASTHO–93, su espesor del pavimento, relación de sus variables, con factores equivalentes tipo 80 KN o ESALs y el M.R.

Su procedimiento del número SN, presenta espesor de dichas capas del pavimento. Su procedimiento obtiene valores muy altos del número estructural, siendo esta capa muy reducida.

- **(Pacífico & Pérez, 2017)** En su tesis para obtener el título de Ingeniero Civil **“Diseño de pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en el AAHH. Ampliación Túpac Amaru, distrito de Chiclayo, Región Lambayeque 2017”** en la universidad César Vallejo, con el objetivo de elaborar el diseño del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal del AAHH. Ampliación Túpac Amaru., Usando una investigación Aplicativa Analítica no experimental, llegó a las siguientes Conclusiones:

El N.F. no se ubica hasta 1.50m. Su material tiene CBR 10.00% al 95% del Proctor Modificado siendo este como subrasante regular. Su lugar tiene muchas SC y SP desde 0.00 - 1.50m. Tiene topografía plana, con pocas ondulaciones y mínima pendiente del terreno.

- **Escobar & Huincho (2017)** señalan en la tesis titulada “**Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica - 2017**”, tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional de Huancavelica – Perú, tiene como objetivo principal, determinar la influencia de parámetros de diseño para diseñar el pavimento flexible debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa - Sachapite Huancavelica.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

Se encontró con IMD 467 veh/día por tanto influye directamente ya que el diseño de la vía en estudio era en el año 2006 con un IMD de 275 veh/día por tanto cambia mucho en cuestiones de diseño al tomar coeficientes y valores de diseño de la carpeta asfáltica y los estudios específicos para el Manual de carreteras de suelos, geología, geotecnia y pavimentos como también al usar las metodologías del AASTHO 93.

El CBR influye directamente porque al diseñar en el pavimento flexible se encontró un CBR de diseño 7.2 % para ambos diseños hecho del 2006 y del 2017, ya que por ser el mismo suelo es recomendar a trabajar con el mismo CBR de la subrasante si fuera menor se optaría por estabilizaciones u otros métodos.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 PAVIMENTOS

Capa o conjunto de capas comprendidas entre la subrasante y la superficie de rodamiento de una obra vial, cuya finalidad es proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente al tránsito de los vehículos, el intemperismo producidos por los agentes naturales y de cualquier otro agente perjudicial.

También 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.

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos.

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y constituyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir

adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. Un pavimento debe cumplir adecuadamente sus funciones deben reunir los siguientes parámetros:

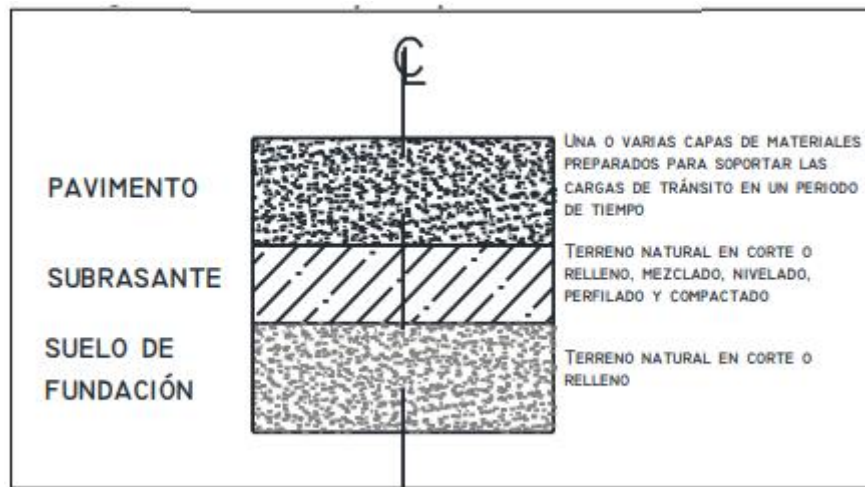
- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Debe ser durable.
- Debe ser económico.
- El ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior, que influyen en el entorno, deber ser adecuadamente moderado.
- Deber poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramiento y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito

Un pavimento es un “elemento estructural multicapa, apoyado en toda su superficie, diseñado y construido para soportar cargas estáticas y/o móviles durante un periodo de tiempo predeterminado, durante el que necesariamente deberá recibir algún tipo de tratamiento tendiente a prolongar su vida de servicio”

En otras palabras, un pavimento es la superestructura vial que hace posible el tránsito vehicular con la comodidad, seguridad y economía previstas por el proyecto. Los materiales empleados en la construcción de un pavimento ofrecen una gran variedad de posibilidades; por ello, esta estructura puede estar conformada por varias capas. Dichas capas pueden

ser de materiales seleccionados sometidos a diversos tratamientos; y su superficie de rodadura puede ser una carpeta asfáltica, una losa de concreto hidráulico o estar formada por acumulaciones de materiales pétreos compactados. Las tecnologías actuales ofrecen una gama muy diversa de secciones estructurales diferentes y depende en gran parte de las condiciones y los requerimientos del proyecto para poder elegir la alternativa correcta de diseño.

Ilustración 1: Conformación típica del pavimento como elemento estructural



Fuente: Vivar (2007)

2.2.2 TIPOS DE PAVIMENTO

La parte más importante de una carretera o calle es su pavimento. Sin esta estructura no se puede pensar en un tránsito rápido, cómodo y seguro. Los pavimentos, como cualquier estructura tienen un proceso de diseño y deben seguir también un proceso un proceso de conservación. Para intentar relacionar las degradaciones o fallas en los pavimentos, es útil clasificarlos en dos tipos: pavimentos flexibles y pavimentos rígidos.

Para el tema del diseño de la propuesta es con el Pavimento Flexible (Carpeta Asfáltica).

2.2.3 PAVIMENTO FLEXIBLE

(Rico & Del Castillo, 1984), citado en (Castro, D. 2003) mencionan que sobre la capa subrasante se construye el pavimento flexible, que está compuesto por sub - base, base y carpeta asfáltica. El pavimento flexible debe proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir a las terracerías los esfuerzos por las cargas del tránsito. El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la subbase. En general los pavimentos flexibles consisten en una superficie bituminosa soportada por una capa de material granular y una capa de agregado.

El pavimento flexible es una estructura compuesta por capas granulares (subbase, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente.

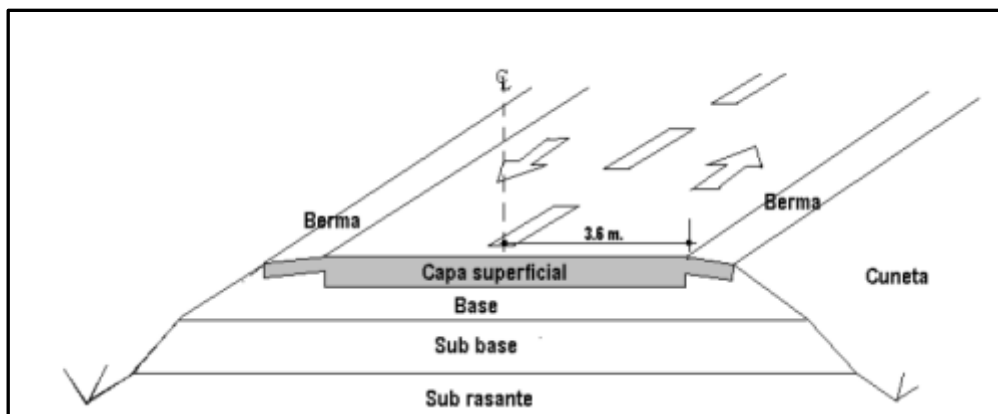
Según la Norma CE. 010 pavimentos Urbanos (2010), menciona que “el pavimento flexible puede ser de asfalto con mezcla en caliente o mezcla en frío, esto depende del estudio previo del proyecto a realizarse, además menciona que este puede tener dos o más capas, es decir puede componerse de solo una base y carpeta asfáltica o de una subbase, base y carpeta asfáltica”.

La composición de capas que tendrá el pavimento generalmente depende del tráfico vehicular sin proyecto y con proyecto, así como también de las características que presente el terreno natural.

Entre las características principales que debe cumplir un pavimento flexible se encuentran las siguientes:

- Resistencia estructural.
- Deformabilidad.
- Durabilidad.
- Costo.
- Requerimientos de conservación.
- Comodidad.

Ilustración 2: Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible)



Fuente: Rico & Del Castillo, 2015

“Es un conjunto de capas granulares y su rodadura teniendo materiales bituminosos para aglomerar agregados y utilizar aditivos.

2.2.3.1 Estructura del Pavimento Flexible

Sub-Base Granular

La subbase con buen diseño no permite su penetración de materiales, conformando su base y subrasante y siendo un filtro de la base para no permitir a los finos de la subrasante reduciendo su calidad.

Capa de transición: la subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad.

Disminución de la deformación: algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o a cambios externos de temperatura, pueden absorberse con la capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.

Resistencia: la subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidas a un nivel adecuado de la subrasante.

Base Granular

Resistencia: la función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.

Carpeta

Esta debe tener un área uniforme y de manera estable a su tránsito, con la textura y color, con la capacidad de resistir los abrasivos de los vehículos.

Superficie de rodadura: la carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito.

Resistencia: su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento.

Impermeabilidad: hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.

2.2.3.2 Características que debe reunir un pavimento

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos: ser resistente a las cargas impuestas por el tránsito; ser resistente ante los agentes de intemperismo; presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos.

El pavimento debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal; debe ser durable; debe ser económico; debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

2.2.3.3 Ciclo de diseño de un pavimento

Antes de la puesta en marcha de una obra de pavimentación primero se deberá planificar todo el proceso a seguir para garantizar la calidad del proyecto y después de empezado comenzar a improvisar detalles que a la larga nos ocasionarán problemas.

La sincronización de todos los aspectos relevantes que deberán participar de dicha planificación para un resultado óptimo del proyecto a realizar y evitar que este se deteriore rápidamente (Castro, D. 2003). Explicaremos de manera general este ciclo planificado de diseño de un pavimento:

- Primero se identifica en qué lugares se necesita pavimentar y en cuales no, para poder tomar la decisión de qué tipo de pavimento usar.
- Luego viene el diseño en sí del pavimento de acuerdo a las normas establecidas como la AASHTO; una vez diseñado el pavimento, entendiéndose por diseño, espesor de capas (base, subbase, rasante y subrasante).

- Seguidamente viene la elección de los materiales a utilizar para su construcción, para que de acuerdo con todo lo antes mencionado poder armar las especificaciones y los planos con los cuales se construirá proyecto. Siempre tener en cuenta las canteras más cercanas y analizar en laboratorio los agregados.
- Luego se lanza el proyecto a licitación, en la cual se debe tener en cuenta que un proyecto de pavimentación requiere de un contratista que nos asegure la calidad a largo plazo del pavimento. También es importante el aspecto económico, pero nunca se deberá de separar este aspecto con la calidad del proyecto.
- Luego, cuando toda está listo para la construcción se debe poner una supervisión que este pendiente de la construcción de este pavimento para que no ocurra nada que perjudique la calidad y eficiencia del pavimento.
- Una vez terminada la construcción se procede a la apertura al tráfico, que es cuando el pavimento comienza a trabajar, para esto es conveniente colocar una persona que este constantemente vigilando el comportamiento del pavimento para poder tomar decisiones rápidas.
- También se debe hacer una conservación preventiva, que no es otra cosa más que hacerle mantenimiento preventivo al pavimento para evitar daños prematuros.
- Cuando comienzan a aparecer las fallas lo más conveniente es evaluar estas fallas para poder posteriormente proceder a la renovación del pavimento.

Como vemos todo esto deberá de estar previsto para que cuando ocurra tengamos las herramientas necesarias para actuar asegurar un buen proyecto a largo plazo.

2.2.3.4 Factores por considerar en el diseño de pavimentos

- El tránsito: interesa para el dimensionamiento de los pavimentos las cargas más pesadas por ejes esperados en el carril de diseño solicitado, que determinara la estructura del pavimento de la carretera durante el periodo de diseño adoptado. La repetición de las cargas del tránsito y la consecuente acumulación de deformaciones sobre el pavimento son fundamentales para el cálculo. A demás, se deben tener en cuenta las máximas presiones de contacto, las solicitaciones tangenciales en tramos especiales, las velocidades de operación de los vehículos y la canalización del tránsito etc.
- La subrasante: de la calidad de esta capa depende en gran parte el espesor que deber tener un pavimento, sea este flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas de tránsito. Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen de un suelo de subrasante de tipo expansivo pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre este, por esta razón cuando se construya un pavimento sobre este tipo de suelos deberá tomarse la precaución de impedir las variaciones de humedad del suelo para lo cual habrá que pensar en la impermeabilización de la estructura. Otra forma de enfrentar este tipo de suelo con algún aditivo, en nuestros medios los mejores resultados se han logrado mediante la estabilización de suelos con cal.
- El clima: los factores que en nuestro medio más afectan a un pavimento son las lluvias y los cambios de temperatura. Las lluvias por su acción directa en la elevación del nivel freático influyen en la resistencia, la compresibilidad y los cambios volumétricos de los suelos de subrasante especialmente. Este parámetro también influye en algunas actividades de construcción de capas granulares y asfálticas. Los cambios de temperatura en las losas de pavimentos rígidos ocasionan en éstas

esfuerzos muy elevados, que en algunos casos pueden ser superiores a los generados por las cargas de los vehículos que circulan sobre ellas.

2.2.3.5 Clasificación de los Pavimentos

Los pavimentos pueden clasificarse, de manera genérica, de acuerdo con los siguientes parámetros:

- La calidad de los materiales empleados en su construcción: afirmados, estabilizados, aglomerados o mezclas asfálticas.
- El tipo de sollicitación que soportarán a lo largo de su vida de servicio o el uso al que estarán destinados: urbanos, industriales, de carreteras, de aeropuertos, o deportivos.
- El periodo de vida para el que son diseñados y construidos: temporales y definitivos.
- La forma en que distribuyen las cargas al terreno: flexibles, el cual será el tema de estudio en el desarrollo de la presente tesis.

Es posible encontrar pavimentos asfálticos de gran espesor, el cual les confiere una rigidez mucho mayor a la normal; para ello los pavimentos flexibles por la forma transmiten los esfuerzos y deformaciones a las capas inferiores que dependen de la relación de los esfuerzos.

El pavimento flexible, por tener un módulo de elasticidad semejante al del suelo, concentra las cargas bajo el punto de aplicación (área pequeña de distribución de carga) debido a la baja resistencia al corte de la subrasante; ello induce a presiones grandes en la fundación del pavimento.

2.2.3.6 Evaluación y mantenimiento de los pavimentos

Se entiende por evaluación y mantenimiento de pavimentos terminados a una serie de tareas y metodologías empleadas para poder dar un diagnóstico del estado del pavimento después de su construcción. La

evaluación y mantenimiento es la etapa más importante del control de calidad de pavimentos terminados, ya que, con una exhaustiva evaluación de un pavimento, podremos asignar de una manera ordenada, el dinero a emplear para su mantenimiento y/o rehabilitación.

Para una adecuada evaluación de un pavimento, existen varias tareas y métodos, como lo son: el inventario vial, la clasificación funcional de caminos y el estudio de rango de suficiencia; estas tres tareas forman el esqueleto principal para una buena evaluación del pavimento, las cuales detallaremos más adelante. Dos aspectos relevantes para tomar en cuenta son las mediciones de los índices de estado y de serviciabilidad, los cuales nos facilitan el manejo de la información acerca del estado del pavimento.

2.2.3.7 TRANSITABILIDAD

Es bien conocido que el adecuado estado de transitabilidad de la red de caminos es condición básica para la mayoría de las actividades de la comunidad de nuestra ciudad, en el que particularmente su economía está fuertemente influenciada por las grandes distancias de su territorio. En muchos casos la planificación de importantes actividades productivas está condicionada a la futura ejecución de programas de obras viales nuevas, pero la incertidumbre de la fecha de su realización es hoy, lamentablemente, un hecho aceptado.

Pero cuando la existencia de la red actual de caminos que establece ciertas condiciones que deben ser consideradas como un derecho adquirido de sus usuarios, se ven alteradas seriamente por su mal estado de transitabilidad, producen un hecho imprevisto, cuyo impacto negativo se prolonga hasta que la deficiencia del camino es corregida.

Este importante costo, llegada a una situación de grave deterioro como la descrita, se suma a las tareas de conservación rutinaria que resultan onerosas e inadecuadas para restablecer al camino su estado deseable de serviciabilidad. Además, el costo de la obra de renovación necesaria

se ve acrecentado al haberse permitido el agotamiento de la estructura existente.

Lamentablemente los programas de mantenimiento así determinados están condicionados por las actuales circunstancias a proporcionar un nivel de transitabilidad menor que el deseable. Sin embargo, es posible programar racionalmente las intervenciones de la Administración desde la aparición de los primeros deterioros dándole a las obras un carácter esencialmente preventivo.

2.2.4 MÉTODO AASHTO – 1993

El método de diseño AASHTO, originalmente conocido como AASHO, fue desarrollado en los Estados Unidos en la década de los 60, basándose en un ensayo a escala real realizado durante 2 años en el estado de Illinois donde los suelos y climas son típicos para gran parte de Estados Unidos, esto con el fin de desarrollar tablas, gráficos y fórmulas que representen las relaciones deterioro-solicitud de las distintas secciones ensayadas.

A partir de la versión del año 1986, y su correspondiente versión mejorada de 1993, el método AASHTO comenzó a introducir conceptos mecanicistas para adecuar algunos parámetros a condiciones diferentes a las que imperaron en el lugar del ensayo original.

El método AASHTO-1993 para el diseño de pavimentos flexibles, se basa primordialmente en identificar un “número estructural (SN)” para el pavimento, que hace referencia a la resistencia estructural de un pavimento requerido para una combinación de soporte del suelo (M_r), tránsito total (W_{18}), de la serviciabilidad terminal y de las condiciones ambientales. Para determinar el número estructural, el método se apoya en la siguiente ecuación:

$$\log W_{18} = Z_r * S_0 + 9.36 \log (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}} \right)} + 2.32 \log Mr - 8.07$$

Donde:

- W18 = número de aplicaciones de ejes simples equivalentes de 18 kip (80 kN) hasta el tiempo t en el cual se alcanza ISP = pt.
- SN = número estructural
- ΔPSI = diferencia entre los índices de servicio inicial y terminal.
- MR = módulo resiliente de la subrasante (libras/pg2).
- So = desviación estándar total de la distribución normal de los errores asociados con las predicciones de tránsito y de comportamiento del pavimento (0.44-0.49).
- ZR = parámetro estadístico asociado con distribuciones normales de datos, que considera la probabilidad de que el índice de servicio del pavimento sea superior a pt durante el periodo de diseño

El método de diseño AASHTO, originalmente conocido como AASHO, fue desarrollado en los Estados Unidos en la década de los 60, basándose en un ensayo a escala real realizado durante 2 años en el estado de Illinois donde los suelos y climas son típicos para gran parte de Estados Unidos, esto con el fin de desarrollar tablas, gráficos y fórmulas que representen las relaciones deterioro-solicitud de las distintas secciones ensayadas. A partir de la versión del año 1986, y su correspondiente versión mejorada de 1993, el método AASHTO comenzó a introducir conceptos mecanicistas para adecuar algunos parámetros a condiciones diferentes a las que imperaron en el lugar del ensayo original.

Uno de los mayores objetivos del AASHO Road Test fue la de proveer información que pueda ser usada para desarrollar criterios y procedimientos de diseño para pavimentos. En 1961 el comité de diseño de AASHO desarrolló y puso en circulación la “Guía de diseño AASHO

para pavimentos flexibles y rígidos”, la guía se basó en los resultados del AASHO Road Test complementado con procedimientos de diseño y teorías ya existentes.

2.2.4.1 VARIABLES DE DISEÑO MÉTODO AASHTO

2.2.4.1.1 TRÁNSITO

El establecimiento de los espesores mediante este método se fundamenta en la determinación de las cargas equivalentes acumuladas para el periodo de diseño.

Se debe hacer un estudio detallado de tránsito que contenga la composición vehicular, tránsito promedio anual, el factor camión, el tránsito acumulado en número de ejes.

2.2.4.1.2 SERVICIABILIDAD

Es la condición necesaria de un pavimento para proveer los Usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento.

Ilustración 3: Índice de serviciabilidad en función de calidad de la vía

| Índice de Serviciabilidad (p) | Calificación |
|---|---------------------|
| 0 - 1. | Muy mala |
| 1 - 2. | Mala |
| 2 - 3. | Regular |
| 3 - 4. | Buena |
| 4 - 5. | Muy buena |

Fuente: AASTHO 1993

2.2.4.1.3 PÉRDIDA O DISMINUCIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD

Los valores anteriormente descritos nos permiten determinar la disminución del índice de servicio, que representa una pérdida gradual de la calidad de servicio de la carretera, originada por el deterioro del pavimento. Por tanto:

2.2.4.1.4 CONFIABILIDAD

Hace referencia al grado de certidumbre o seguridad de una determinada alternativa de diseño, determinando así la probabilidad de que el pavimento pueda soportar el número de repeticiones de la carga que sea aplicada durante su vida útil.

A medida que se escoja un R (nivel de confiabilidad) mayor, serán necesarios espesores más grandes.

Tabla 1: Niveles de confiabilidad por tipo de vía

| Clasificación funcional | Nivel de Confiabilidad, R, recomendado | |
|-------------------------------|--|---------|
| | Urbana | Rural |
| Interestatales y vías rápidas | 85-99.9 | 80-99.9 |
| Arterias principales | 80-99 | 75-95 |
| Colectoras | 80-95 | 75-95 |
| Locales | 50-80 | 50-80 |

Fuente: tabla 2.2 AASTHO 1993

Tabla 2: Determinación de la desviación estándar normal ZR a partir de la confiabilidad

| Reliability, R (percent) | Standard Normal Deviate, 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: tabla 4.1 AASTHO 1993

2.2.4.1.5 DESVIACIÓN

El valor de la desviación estándar (S_o) que se seleccione debe, por otra parte, ser representativo de las condiciones locales. Se recomienda para uso general, pero estos valores pueden ser ajustados en función de la experiencia para uso local.

Tabla 3: Valores recomendados para la desviación estándar (S_o)

| Condición de Diseño | Desviación Estándar |
|--|---------------------|
| Variación de la predicción en el comportamiento del pavimento (sin error de tráfico) | 0,25 |
| Variación total en la predicción del comportamiento del pavimento y en la estimación del tráfico | 0,35 — 0,50 |

Fuente: AASTHO 1993

2.2.4.1.6 MÓDULO RESILIENTE EFECTIVO M_r

Es el módulo Resiliente promedio que se traduce en un daño del pavimento (U_f) igual al que se alcanzaría si se usaran valores modulares estacionales.

2.2.4.1.7 MÓDULO RESILIENTE PARA LA SUBRASANTE

Para materiales de subrasante con $CBR \leq 7,2\%$. $MR = 1.500 * CBR$.

Para materiales de subrasante con mayor de $7,2\% \leq CBR \leq 20,0\%$.

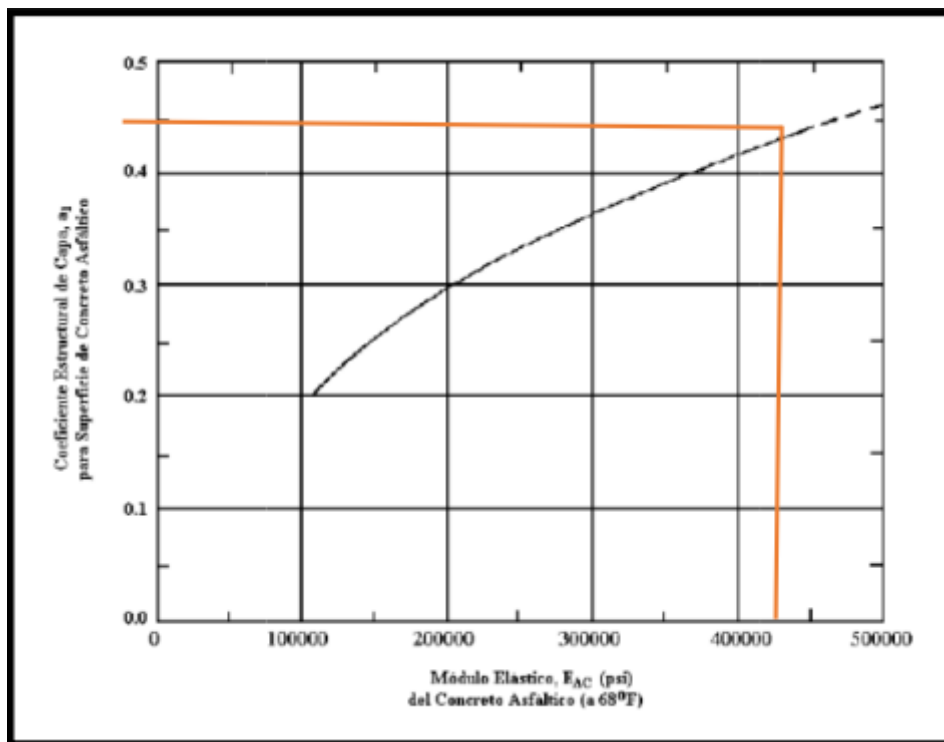
$$MR = 3.000 * (CBR)^{0.65}$$

Para materiales de subrasante con valores de $CBR \geq 20,0\%$, se deberán emplear otras formas de correlación, tal como la recomendada por la propia Guía de Diseño AASHTO93

2.2.4.1.8 MÓDULO RESILIENTE PARA LA SUB-BASE, BASE Y CONCRETO ASFÁLTICO

Se toman los valores de CBR de la base y subbase según las especificaciones de la tabla 300.1 del artículo 300 – 07: disposiciones generales para la ejecución de afirmados, subbases granulares y bases granulares y estabilizadas 15 y se establece el módulo resiliente por medio de los siguientes ábacos.

Ilustración 4: Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica (a1)



Fuente: AASTHO 1993

2.2.4.1.9 DRENAJE

El valor de este coeficiente depende de dos parámetros: la capacidad del drenaje, que se determina de acuerdo con el tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento, y el porcentaje de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación, en el transcurso del año. Dicho porcentaje depende de la precipitación media anual y de las condiciones de drenaje.

Tabla 4: Capacidad de drenaje

| Calidad del Drenaje | Tiempo que tarda el agua en ser Evacuada |
|---------------------|--|
| Excelente | 2 horas |
| Bueno | 1 día |
| Regular | 1 semana |
| Malo | 1 mes |
| Muy malo | Agua no drena |

Fuente: AASTHO 1993

Tabla 5: Coeficientes de drenaje (mi) recomendados

| Calidad del drenaje | Porcentaje de tiempo en que la nueva estructura de pavimentos está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación | | | |
|---------------------|---|-----------|-----------|-------------|
| | Menos de 1% | 1 - 5% | 5 - 25% | Más del 25% |
| Excelente | 1.40-1.35 | 1.35-1.30 | 1.30-1.20 | 1.2 |
| Buena | 1.35-1.25 | 1.25-1.15 | 1.15-1.00 | 1 |
| Regular | 1.25-1.15 | 1.15-1.05 | 1.00-0.80 | 0.8 |
| Pobre | 1.15-1.05 | 1.05-0.80 | 0.80-0.60 | 0.6 |
| Deficiente | 1.05-0.95 | 0.95-0.75 | 0.75-0.40 | 0.4 |

Fuente: AASTHO 1993

2.2.4.1.10 NÚMERO ESTRUCTURAL

El diseño de pavimentos flexibles se basa primordialmente en identificar un “número estructural (SN)” para el pavimento, que pueda soportar el nivel de carga solicitado. Para determinar el número estructural, el método se apoya en una ecuación que relaciona los coeficientes, con sus respectivos números estructurales, los cuales se calculan con ayuda de

un software, (AASHTO 93) el cual requiere unos datos de entrada como son el número de ejes equivalentes, el rango de serviciabilidad, la confiabilidad y el módulo resiliente de la capa a analizar.

2.2.4.2 PARAMETROS GENERALES DE DISEÑO

Para determinar el dimensionamiento de la estructura del pavimento flexible, se diseñó por el método de la ASSHTO y se chequeo los espesores de la estructura del pavimento flexible por el método de diseño analítico, mecanicista o racionales, básicamente este método tiene en cuenta los estados de esfuerzos y deformaciones que experimenta las capas que conforman la estructura del pavimento.

En este programa se introduce la carga, la presión de contacto, las propiedades mecánicas de los materiales (por lo general el módulo de resiliente de la relación de Poisson) y el espesor de las capas del pavimento con el fin de obtener los estados de esfuerzos y deformación. Una vez calculados estos estados, se comparan con aquellos que admiten el pavimento para la vida útil proyectada y en procedimiento de ensayo y error (aumentan y disminuyendo por lo general los espesores de capas) se dimensiona las capas que conformarán la estructura del pavimento.

2.2.5 DATOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO

Existen estudios técnicos que son necesarios realizar debido a que proveen las principales variables que deben considerarse para el diseño, construcción y el comportamiento de las estructuras del pavimento, y estos son:

2.2.5.1 Estudio de tráfico

En el diseño de los pavimentos, el dato más importante a determinar es el flujo vehicular; es decir, los tipos de vehículos que transitarán en la zona y la frecuencia con que lo harán. El objetivo del estudio de tráfico es el de expresar este flujo vehicular en términos de un parámetro conocido como ESAL (Equivalent Single Axle Load) o carga equivalente de eje simple que

representa la sumatoria del total de repeticiones por día de todos los grupos de carga durante el periodo de diseño del pavimento, para el caso de la metodología de la AASHTO.

2.2.5.2 Estudio de mecánica de suelos y canteras

Los estudios de mecánica de suelos sirven para determinar uno de los parámetros de diseño más importantes; la capacidad de soporte de la subrasante (módulo de resiliencia y módulo de reacción de la subrasante, para pavimentos flexibles y rígidos respectivamente), mientras que los estudios de canteras sirven para caracterizar el material granular que será usado como subbase y base del pavimento.

2.2.5.3 Subbase granular

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el material de la subbase debe ajustarse a una de las franjas granulométricas indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 6: Requisitos granulométricos de la subbase granular

| Tamiz | % Pasante en peso | | | |
|-------|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Gradación A* | Gradación B | Gradación C | Gradación D |
| 2" | 100 | 100 | - | - |
| 1" | - | 75-95 | 100 | 100 |
| 3/8" | 30-65 | 40-75 | 50-85 | 60-100 |
| #4 | 25-55 | 30-60 | 35-65 | 50-85 |
| #10 | 15-40 | 20-45 | 25-50 | 40-70 |
| #40 | 8-20 | 15-30 | 15-30 | 25-45 |
| #200 | 2-8 | 5-15 | 5-15 | 8-15 |

* En zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnm

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

Tabla 7: Requisitos de Calidad de la subbase granular

| Ensayo | Norma MTC | Requerimiento | |
|-------------------------------|-----------|---------------|------------|
| | | <3000 msnm | ≥3000 msnm |
| Abrasión | MTC E 207 | 50 % máx. | 50 % máx. |
| CBR (100% MDS) | MTC E 132 | 40 % mín. | 40 % mín. |
| Límite Líquido | MTC E 110 | 25 % máx. | 25 % máx. |
| Índice de Plasticidad | MTC E 111 | 6 % máx. | 4 % máx. |
| Equivalente de Arena | MTC E 114 | 25% mín. | 35% mín. |
| Sales Solubles | MTC E 219 | 1% máx. | 1% máx. |
| Partículas Chatas y Alargadas | - | 20 % máx. | 20 % máx. |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

2.2.5.4 Base granular

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el material de la base debe ajustarse a una de las franjas granulométricas indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 8: Requisitos granulométricos de la base granular

| Tamiz | % Pasante en peso | | | |
|-------|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Gradación A* | Gradación B | Gradación C | Gradación D |
| 2" | 100 | 100 | - | - |
| 1" | - | 75-95 | 100 | 100 |
| 3/8" | 30-65 | 40-75 | 50-85 | 60-100 |
| #4 | 25-55 | 30-60 | 35-65 | 50-85 |
| #10 | 15-40 | 20-45 | 25-50 | 40-70 |
| #40 | 8-20 | 15-30 | 15-30 | 25-45 |
| #200 | 2-8 | 5-15 | 5-15 | 8-15 |

* En zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnm

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

2.2.5.5 Estudio pluviométrico y meteorológico

De acuerdo con los estudios realizados por el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú), el clima de Yurimaguas es clasificado como tropical; es decir, existen precipitaciones abundantes o regulares durante todo el año (superiores a 1500 o 2000 mm). En el diseño de pavimentos por la metodología AASHTO existe una variable a definir conocida como coeficiente de drenaje el cual depende del porcentaje de tiempo que el pavimento se encuentra expuesto a niveles cercanos a la saturación.

2.2.6 ESTUDIO DE TRÁFICO

El tráfico es uno de los factores más relevantes en el diseño del pavimento. Su correcta determinación depende de muchas variables que pueden conducir a una estimación inadecuada del mismo. El método utilizado para el cálculo del tráfico en la presente tesis corresponde a la transformación de los diferentes tipos de vehículos en un eje estándar equivalente (EALF), para posteriormente calcular el número de repeticiones de ejes equivalentes en el periodo de diseño del pavimento (ESAL). El valor del ESAL será usado para el diseño por la metodología AASHTO y la del Instituto del Asfalto. Se presentan a continuación los resultados correspondientes al estudio de tráfico.

El factor más importante para el diseño de pavimentos es el tráfico. La consideración del tráfico debería incluir la magnitud de la carga, configuración y el número de repeticiones. El método de diseño AASHTO 93 requiere cierta información para la resolución y análisis de las ecuaciones propuestas como: la carga por eje, la configuración del mismo, así como el número de aplicaciones o paso de este eje sobre la superficie del pavimento.

Los pavimentos se diseñan en función del efecto del daño que produce el paso de un eje con una carga y para que resistan un determinado número de cargas aplicadas durante su vida útil. Un tránsito mixto está compuesto

de vehículos de diferentes pesos, por lo que será procesado hasta llegar a un número de ejes equivalentes de 80kN o 18 kips, que se le denominará “Equivalent Simple Axial Load” o ESAL (ejes equivalentes).

La descripción de los diferentes parámetros implicados en el manejo del tráfico en AASHTO 93 se presenta a continuación, y fue tomada directamente para varios de estos parámetros del Manual Centroamericano de Diseño de Pavimentos, que en gran parte es una traducción de AASHTO 93.

2.2.6.1 VOLÚMENES DE TRÁNSITO

Para el diseño de estructuras de pavimento es necesario conocer el número de vehículos que pasan por un punto dado. Para el efecto se realizan estudios de volúmenes de tránsito, los cuales pueden variar desde lo más amplios en un sistema de caminos, hasta el recuento en lugares específicos tales como: puentes, túneles o intersecciones de carreteras.

En todo estudio de volúmenes de tránsito es necesario obtener 2 datos básicos: el tránsito medio diario general y el tránsito medio diario de camiones. Estos se pueden obtener al efectuar censos o aforos de tránsito en el lugar de la construcción. El tránsito cambia según el día de la semana, cambia según la semana de mes, cambia según la estación o época del año, cambia según los días de descanso, etc. Por lo que es necesario hasta donde sea posible, contar con estadísticas de períodos largos de evaluación del tránsito, para analizar el comportamiento de los diferentes volúmenes y tipos de vehículos, que nos permitan en mejor forma evaluar las cargas que se aplicaran a la estructura de pavimento (Manual Centroamericano para El Diseño de Pavimentos, 2008).

2.2.6.2 ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL

El índice medio diario anual (IMDA) es el valor numérico estimado de tráfico vehicular en un determinado tramo de la red vial en un año. Según

el Ministerio de Transportes y Comunicaciones²⁹, el IMDA es el resultado de los conteos volumétricos y clasificación vehicular en campo en una semana, y un factor de corrección que estime el comportamiento anualizado del tráfico de pasajeros y mercancías. Se obtiene haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$\text{IMDA} = \text{IMDS} \times \text{FC}$$

Donde:

- IMDS representa el índice medio diario semanal o promedio de tráfico diario semanal.
- FC representa el factor de corrección estacional.

2.2.6.3 TASA DE CRECIMIENTO ANUAL

La tasa de crecimiento es un factor que se estima en base a las proyecciones de crecimiento poblacional y económico en el área de influencia del tramo de la carretera, lo cual se reflejará en el incremento del tráfico y también en la modificación de los tipos de vehículos que circularán por el tramo.

2.2.6.4 FACTOR DE CARGA EQUIVALENTE POR EJE

El factor de carga equivalente por eje, EALF, representa el daño relativo producido en el pavimento por el paso de un determinado eje, en comparación al daño que produce un eje estándar de 18 kip (80 KN). Este procedimiento se realiza con la finalidad de homologar el efecto que tendrían los diferentes tipos de vehículos que transitan sobre un pavimento.

2.2.6.5 PERIODO DE DISEÑO

El período de diseño hace referencia a la magnitud de tiempo que cualquier estrategia de diseño debe cubrir; es una analogía al término “vida del diseño”. En el pasado, los pavimentos generalmente se diseñaban

y analizaban para un desempeño óptimo por 20 años. Ahora es recomendable una considerar períodos de análisis más largos ya que estos pueden ser más adecuados para la evaluación de alternativas a largo plazo con referencia al costo de mantenimiento del pavimento. (Manual Centroamericano para El Diseño de Pavimentos, 2002).

2.2.6.6 FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR DIRECCIÓN

Es el factor total del flujo vehicular censado, en la mayoría de los casos este valor es de 0.5; ya que la mitad de los vehículos va en una dirección y la otra mitad en la otra dirección. Puede darse el caso de ser mayor en una dirección que en la otra, lo cual puede deducirse del conteo de tránsito efectuado. Lo más importante de esto, será la diferencia de peso entre los vehículos que van en una y otra dirección; como puede suceder por la cercanía de una fábrica, puerto, etc.

2.2.6.7 FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL

Se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL's. Para un camino de 2 carriles, cualquiera de las 2 puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril. Para caminos de varios carriles, el de diseño será el externo, por el hecho de que los vehículos pesados van en ese carril.

2.2.6.8 FACTOR DE CRECIMIENTO

Una manera simple de proyectar el tráfico a través del tiempo es asumiendo una tasa de crecimiento anual de tráfico y usando el tráfico promedio al inicio y al final del periodo de diseño como el tráfico de diseño. El Instituto del Asfalto (AI, 1981a) y la guía de diseño AASHTO (AASHTO, 1986) recomiendan el uso del tráfico a través de todo el período de diseño para determinar el factor de crecimiento total tal como se indica (Manual Centroamericano para El Diseño de Pavimentos, 2002).

2.2.6.9 Cálculo de ejes equivalentes

Las diferentes cargas que actúan sobre un pavimento producen a su vez diferentes tensiones y deformaciones en el mismo; los diferentes espesores de pavimentos y diferentes materiales, responden en igual forma de diferente manera a igual carga. Como estas cargas producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento, las fallas tendrán que ser distintas.

Para tomar en cuenta esta diferencia, el volumen de tránsito se transforma en un número equivalente de ejes de una determinada carga, que a su vez producirá el mismo daño que toda la composición de tránsito mixto de los vehículos. Esta carga uniformizada según AASHTO es de 8.2ton y la conversión se hace a través de los Factores equivalentes de carga LEF (Load Equivalent Factor).

El proceso de convertir un tránsito mixto en un número de ESAL's de 8.2ton fue desarrollado por el Road Test de AASHTO. Para este ensayo se cargaron pavimentos similares con diferentes configuraciones de ejes y cargas, para analizar el daño que produjeron.

2.2.7 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

Los pavimentos flexibles generalmente consisten en una subrasante que se encuentra debajo de las demás capas y a la vez sirve de apoyo para las para las mismas que son comúnmente subbase, base y carpeta asfáltica. En ciertos casos la subbase o la base son estabilizadas para maximizar el uso y resistencia del material.

El pavimento con mezcla asfáltica en caliente (Hot Mix Asphalt, HMA) es conocido en otros países con muchos otros nombres como: concreto asfáltico, mezcla bituminosa, concreto bituminoso y otros. Con la implementación del Superpave alrededor del mundo, se ha tratado de estandarizar la metodología y usar mezcla asfáltica en caliente para pavimentos flexibles comunes.

La característica especial que define la propiedad de los materiales que componen la estructura debajo de la carpeta asfáltica (base, subbase y subrasante) se conoce como módulo de resiliencia (Mr). Generalmente para la conocer los módulos de resiliencia de los materiales que intervienen en el diseño de un pavimento flexible se usa el ensayo CBR, por medio de este parámetro y ecuaciones de ajuste se puede obtener fácilmente el Mr. de los materiales.

La descripción de los diferentes aspectos relacionados con los materiales dentro de la normativa AASHTO 93 se presenta a continuación, y fue tomada directamente en varios casos del Manual Centroamericano de Diseño de Pavimentos, que en gran parte es una traducción de AASHTO 93.

2.2.8 VALOR DEL SOPORTE CALIFORNIA (CBR, AASHTO T-193)

En este ensayo se mide la resistencia que opone un suelo a la penetración de un pitón de 3 plg² de área en una muestra de suelo de 6 plg de diámetro y 5 pulg de altura, a una velocidad de 1.27 mm/min. La fuerza necesaria para que el pistón penetre dentro del suelo se mide a determinado intervalos de penetración; estas fuerzas medidas, se comparan con las que se necesitan para producir iguales penetraciones en una muestra que sirve de patrón, la cual es piedra partida bien graduada; la definición de CBR es:

$$\text{CBR} = \frac{\text{Fuerza necesaria para producir una penetración de 2.5mm en un suelo}}{\text{Fuerza necesario para producir una penetración de 2.5mm en la muestra patrón}}$$

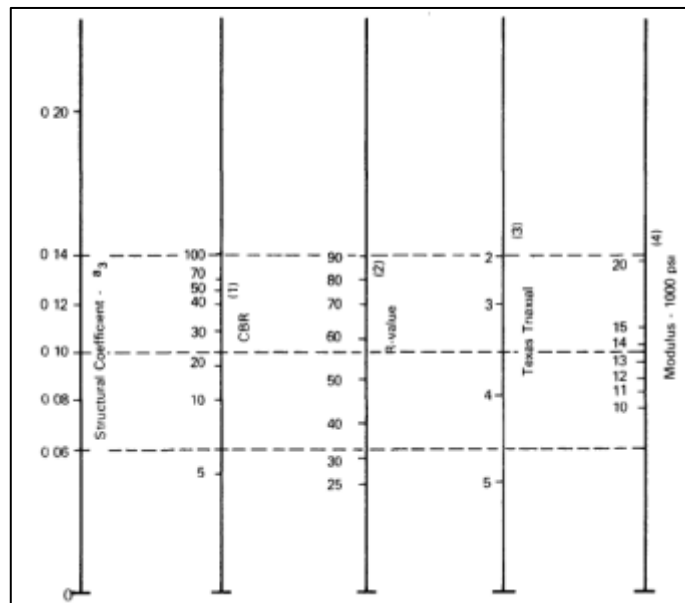
Relación que da como resultado un valor que se indica en porcentaje, el cual puede ser muy variable dependiendo de los suelos analizados; hasta un 70% o más en materiales granulares de buena calidad. Todos los suelos finos como gruesos o sus mezclas, se compactan a diferentes contenidos de humedad tanto arriba como bajo de su humedad óptima. Las muestras elaboradas bajo estos procedimientos se sumergen en agua

durante un período mínimo de 96 horas, antes de proceder a su ensayo, con el objeto de simular las condiciones de saturación a las cuales van a estar sometidos los suelos como la subrasante de una carretera.

2.2.9 DETERMINACIÓN DEL MÓDULO ELÁSTICO

Para la determinación del módulo elástico de la capa subbase se usarán los datos obtenidos por medio de nomogramas presentados en la guía de diseño AASHTO 93. Estos nomogramas relacionan el coeficiente estructural de capa, CBR, Valor R, Texas Triaxial y el módulo elástico.

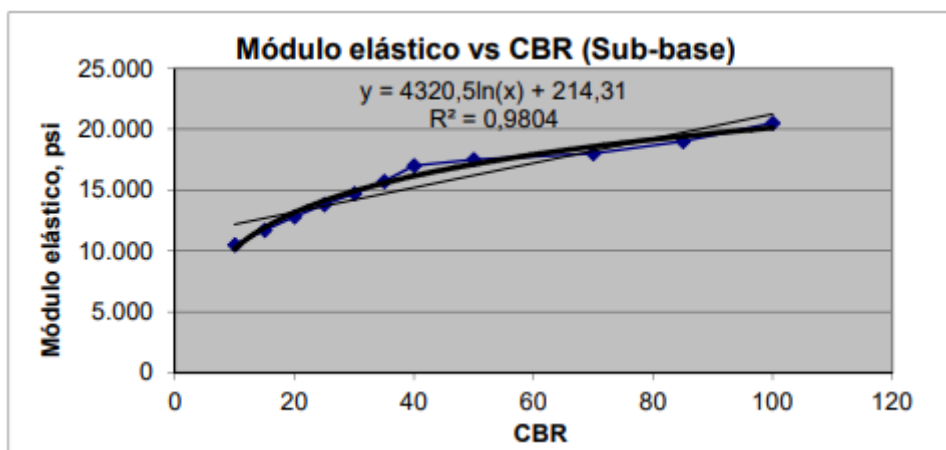
Ilustración 5: Nomograma que presenta relaciones entre parámetros de resistencia de la capa subbase AASHTO 93



Fuente: AASTHO 1993

Siendo el CBR la prueba más común de resistencia para suelos no aglomerados en el país, se decidió correlacionar a partir del nomograma el CBR y el módulo elástico, en este caso para la capa de subbase.

Ilustración 6: Relación entre módulo elástico y CBR en la capa subbase (AASHTO 93)



Fuente: AASTHO 1993

2.2.10 CARPETA ASFÁLTICA

La carpeta asfáltica de una estructura de pavimento flexible que consiste en una mezcla de agregados pétreos y materiales bituminosos colocados en la capa superior y usualmente construido sobre la capa base. Además de servir como soporte estructural sobre todo también se diseña para resistir la abrasión producida por el tráfico.

El éxito de la capa asfáltica depende del grado en que se obtenga la mezcla con la gradación óptima de los agregados y un porcentaje del ligante bituminoso adecuado para que sea durable y resistente a la fractura actuando en ambientes de tráfico y climas esperados. El uso del procedimiento de diseño de laboratorio es esencial para segura que la mezcla será satisfactoria.

2.2.11 DISEÑO DE ESPESORES

En este capítulo se describe el procedimiento para el diseño de pavimentos flexibles según la guía de diseño AASHTO 93. El concepto del diseño de pavimentos flexibles es determinar primero el espesor de la estructura basado en el nivel de tránsito como en las propiedades de los materiales; el período de desempeño de un pavimento está en función de

la pérdida de serviciabilidad. (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2008.)

2.2.11.1 OBJETIVOS DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

Los pavimentos flexibles deben estar diseñados para obtener las siguientes propiedades:

- Resistencia a la deformación permanente: la estructura no debería deformarse o desplazarse excesivamente cuando está sujeta al tráfico y especialmente en elevadas temperaturas.
- Resistencia a la fatiga: La estructura no debería fallar durante la acción de cargar repetidas durante un determinado período de tiempo.
- Durabilidad: La mezcla de capa asfáltica debe contener suficiente aglomerante bituminoso para asegurar un buen comportamiento junto a los agregados pétreos.
- Resistencia a la humedad: La estructura debe ser resistente a la humedad sin presentar pérdida de adhesión entre sus componentes.
- La trabajabilidad: La estructura de pavimento debe ser fácilmente construible, utilizando materiales en lo posible que se encuentren cercanos a la puesta en obra.

2.2.12 ANÁLISIS DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES

Un gran número de modelos han sido desarrollados para el diseño de pavimentos. Antes de entrar en los diferentes modelos analíticos que van a ser usados para los pavimentos flexibles es necesario recalcar el propósito de la administración de los pavimentos, que es asegurar el menor costo de transportación para la sociedad.

Para cumplir con esta premisa varios modelos son requeridos:

- Un grupo de modelos para determinar los costos de la sociedad para las diferentes condiciones del pavimento, diferentes condiciones de tráfico, medio ambiente etc.
- Y otro grupo de modelos que permita predecir las condiciones a futuro de los pavimentos en función de la carga de tráfico, clima, materiales, mantenimiento, etc.

La capacidad del pavimento no concierne de manera directa al usuario, pero tiene una importante influencia en la tasa en que el pavimento se deteriora. Todos los pavimentos se deterioran con el tiempo. El problema de los pavimentos es asegurar un nivel de “servicio” a los usuarios y al ambiente, por los menores costos posibles.

2.2.13 METODOLOGÍAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

Para describir mejor el comportamiento de un pavimento bajo condiciones determinadas por el tipo de región en donde han sido o van a ser construidos, se requiere el uso de metodologías complementarias que permitan considerar los factores climáticos que afectan a la capa asfáltica en una estructura de pavimento flexible.

Además de la consideración de la temperatura en la variabilidad de un pavimento, se han hecho análisis de daño acumulado (Hipótesis de Miner) alrededor del tiempo para conocer si realmente el pavimento está diseñado para soportar la fatiga durante toda su vida útil (período de diseño).

La temperatura siempre varía alrededor del día y de los meses del año siendo así que en el Ecuador se cuentan con 2 estaciones bien marcadas que son invierno y verano cada una con los comportamientos meteorológicos de acuerdo a su época (invierno=lluvia). Las distintas regiones del país se comportan de distinta manera durante el año ante las

estaciones, siendo en la costa el registro de temperaturas más altas en invierno y en verano las más bajas.

El módulo en mezclas asfálticas es altamente sensible a la temperatura debido a que es un material viscoelástico. Se han desarrollado varios métodos para predecir la variabilidad del módulo elástico con la temperatura, desde ensayos de laboratorio hasta relaciones empíricas calculadas a partir de curvas de regresión.

La expresión permite un cálculo del módulo elástico de la carpeta asfáltica por medio de la temperatura media en la misma capa, de acuerdo con eso, mientras varíe la temperatura varía por ende el módulo de la carpeta asfáltica.

2.2.14 APLICACIÓN PARA EL DISEÑO Y ANÁLISIS APROXIMADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Gracias a las herramientas a disposición como una hoja de cálculo electrónica que permite integrar macros en Visual Basic, se ha podido recrear el método de diseño AASHTO 93 y un análisis tenso-deformacional por medio de la metodología aproximada propuesta por Odemark Boussinesq. La herramienta de cálculo descrita en el trabajo de investigación incluye todos aquellos parámetros necesarios para un diseño y un análisis aproximado de la estructura de pavimento, sin embargo, la aplicación trata de ir más allá presentando además las metodologías complementarias antes expuestas como son la consideración de la variación de la temperatura con el tiempo y la evaluación del daño acumulado por fatiga en la capa asfáltica a través del tiempo también. Todas las consideraciones hechas en la aplicación se han expuesto a través de capítulos anteriores, se compararán resultados obtenidos del análisis por medio de programas con metodologías elásticas y el método de análisis aproximado.

CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las vías de comunicación en el ámbito internacional, sobre todo en los países desarrollados, constituyen un ente fundamental para el desarrollo productivo de los países, sobre todos los ubicados en las zonas rurales, es así como estas carreteras son tratadas con carpetas asfálticas de acuerdo con su nivel de servicio.

En el Perú, también estamos involucrados en esta tarea, ya hace unos años también hablamos de los niveles de servicio en las vías de comunicación, las carreteras son tratadas de acuerdo a su IMDA (índice medio diario anual), es decir, la cantidad de vehículos que pasan por la vía, mientras mayor sea este índice tendremos una mejor oferta económica para invertir en la misma, las carreteras departamentales y vecinales en el Perú, representan el mayor porcentaje de kilómetros por pavimentar, es decir, la mayoría de ellas no cuenta con un pavimento adecuado, ni siquiera un tratamiento básico.

En ese sentido, nuestro tema de investigación está orientado a solucionar un problema que aqueja a la población beneficiaria, no existe una buena transitabilidad en esta vía, ya que se encuentra a nivel de afirmado, pero prácticamente perdió buena parte de este, lo que se agrava en tiempo de lluvias, genera deterioro de los vehículos, mayor tiempo de viaje y pone en riesgo la seguridad de la vía, lo que afecta sin duda las actividades económicas, turísticas y de bienestar social.

3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

3.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la propuesta de diseño de pavimento flexible para el mejoramiento de la transitabilidad de la Carretera Cacatachi – Rumisapa, departamento de San Martín?

3.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Cuáles son los estudios básicos necesarios que permitan diseñar el pavimento flexible para el mejoramiento de la transitabilidad de la Carretera Cacatachi – Rumisapa, departamento de San Martín?
- ¿Cómo se podrá determinar el espesor adecuado del pavimento flexible a usar en el mejoramiento de la transitabilidad de la Carretera Cacatachi – Rumisapa y que cumpla con las exigencias requeridas por el diseño?

3.3 OBJETIVOS

3.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar una propuesta de diseño de pavimento flexible para el mejoramiento de la transitabilidad de la Carretera Cacatachi – Rumisapa – departamento de San Martín.

3.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar los principales estudios básicos necesarios que permitan diseñar el pavimento flexible para el mejoramiento de la transitabilidad de la Carretera Cacatachi – Rumisapa, departamento de San Martín.
- Determinar el espesor adecuado del pavimento flexible a usar para el mejoramiento de la transitabilidad de la Carretera Cacatachi – Rumisapa y que cumpla con las exigencias requeridas por el diseño.

3.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se justifica, ya que nos permitirá diseñar una propuesta de solución a la problemática referida a la transitabilidad de la carretera Cacatachi – Rumisapa, logrando un pavimento con seguridad y confort, disminuyendo los tiempos de viaje y el desgaste de las unidades vehiculares, lo cual incrementará el tráfico en la zona, y por ende mejorará la economía local.

3.5 HIPÓTESIS

Hipótesis General

La propuesta de Diseño de Pavimento Flexible Mejorará significativamente la transitabilidad de la Carretera Cacatachi – Rumisapa – departamento de San Martín.

3.6 VARIABLES

Variable Independiente

Propuesta de diseño de Pavimento Flexible.

Variable Dependiente

Mejoramiento de la Cacatachi – Rumisapa.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

4.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación pertenece a un Tipo de investigación Cuantitativa y Descriptiva

4.1.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación es Cuantitativa y Descriptiva, ya que vamos a realizar diversos estudios básicos en campo lo cual nos servirá de insumo para el diseño del pavimento flexible.

4.2 UNIDAD DE ESTUDIO

Pavimento Flexible.

4.3 POBLACIÓN

Carreteras sin pavimento en el departamento de San Martín.

4.4 MUESTRA

Construcción de la carretera Cacatachi – Rumisapa, departamento de San Martín.

4.5 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.5.1 TÉCNICAS:

Los estudios básicos recopilarán la información de campo.

4.5.2 INSTRUMENTO:

Cada encargado de los estudios básicos empleará los equipos que correspondan.

4.5.3 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- Elaboración de los estudios básicos de ingeniería.
- Desarrollo de ensayos de laboratorio especiales para la recolección de Datos.
- Validación de los ensayos de Laboratorio y de tal manera validar la información obtenida.
- Procesamiento de Datos obtenidos en Laboratorio.
- Organización de los datos en cuadros.
- Representación de los datos mediante tablas y gráficas.
- Análisis e interpretación de los datos.
- Elaboración de los informes respectivos en el Proyecto de Tesis.

4.6 PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

La información será procesada en forma computarizada a través de los diferentes softwares y en gabinete con cálculos respectivos. De tal manera el procesamiento de la información nos permitirá elaborar la matriz de datos con la que se diseñará las tablas y gráficos.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1 ESTUDIO DE TRÁFICO

Para realizar este proyecto fue necesario cuantificar los niveles de tráfico utilizando datos actuales, para ello se realizó conteos de tráfico en 1 estación (E1) durante las horas punta por 7 días los cuales proporcionaron información sobre la cantidad y estructura del tráfico actual ubicada en el distrito de Cacatachi (Jr. San Martín con Jr. Simón Bolívar).

Ilustración 7: Ubicación de la Estación



Fuente: Elaboración Propia

5.1.1 Etapa de Planificación

- **Obtención y revisión de la información de fuente secundaria.**

Para dar inicio a las actividades del estudio, a partir del mes de octubre de 2021, se ha realizado una recopilación y revisión de información en diversas instituciones, esto a través de las páginas web institucionales. Tenemos como información recopilada los siguientes ítems:

- Plan vial Departamental Participativo – San Martín
- Manual para estudio de tráfico vehicular (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)
- Guías por tipo PIP Caminos Vecinales.
- Como siguiente paso del estudio fue imprescindible determinar en base a las 2 etapas anteriores, el tipo de estación y su ubicación adecuada, así como también determinar la representatividad del tramo:

Se determinó, cumpliendo con las normas dadas por el manual para el estudio del tráfico vehicular y tratando de cumplir con las condiciones básicas, se situará una estación en la esquina de los Jr. San Martín con Jr. Simón Bolívar (Cacatachi), debido a que es el lugar de paso obligatorio de todos los vehículos que circulan por las cuadras a asfaltar del proyecto

- **Diseño de formularios y esquemas de conteo**

El manual para el estudio del tráfico vehicular presenta 4 tipos de formularios estandarizados para ser utilizados en el conteo de vehículos y enumerar las principales características de cada uno de ellos.

En este caso teniendo como base los 4 modelos ya formulados, ha sido elaborado por parte del equipo técnico un esquema de conteo conteniendo las principales características de los formularios presentados en el manual.

5.1.2 Etapa de Organización

- **Programación de Actividades**

En base a las actividades anteriores, se procedió a realizar un programa de actividades a ser cumplidas. Tenemos como las principales actividades del conteo vehicular las siguientes:

- Obtención y revisión de la información de fuente secundaria.

- Reconocimiento de ruta.
- Determinación de estaciones y tramos homogéneos.
- Diseño de formularios y esquemas de conteo.
- Contratación del personal.
- Adiestramiento del personal.
- Adquisición de materiales y equipos.
- Movilización del personal a la estación de conteo.
- Conteo vehicular diario por espacio de 7 días en la Estación-01 (esquina Jr. San Martín con Jr. Simón Bolívar (Cacatachi), en el mes de octubre del 2021.
- Revisión diaria de los formularios por parte del jefe de brigada.
- Entrega de los formularios por parte del jefe de brigada al coordinador.
- Digitalización y verificación de la información descrita en los formularios.
- Procesamiento de datos.
- Redacción del Informe Final.

5.1.3 Etapa de Ejecución

- **Conteo y clasificación vehicular**

De acuerdo a los requerimientos del estudio y siguiendo los lineamientos del manual para el estudio del tráfico vehicular, se procedió a efectuar los conteos volumétricos de tráfico en el mes de octubre 2021 en la Estación–01 (esquina Jr. San Martín con Jr. Simón Bolívar).

Los conteos o censos volumétricos de tráfico se efectuaron durante las 24 horas del día por los clasificadores en 2 turnos de 6 am a 6 pm y de 6pm a 6 am., registrándose todo tipo de vehículo que cruzase por la estación, tomando los datos necesarios que el formulario requería, en forma discriminada por tipo de vehículo.

En la parte final se presentan los cuadros de Volumen de Tráfico Diario, en el cual se describe el total de vehículos contabilizados por día, tipo y número.

5.1.4 Etapa de procesamiento automatizado

- **Digitación y verificación**

A la llegada del equipo técnico a la ciudad de Tarapoto, se procedió de manera inmediata a la digitación de la información, utilizando para esta labor el programa EXCEL 2010 contenido dentro del paquete de Microsoft Office.

El jefe de brigada encargado con anterioridad de la verificación y consistencia de la información en campo fue el responsable directo de esta digitación, esto en tal sentido de darle una mayor precisión a la entrada de datos en el programa.

Finalmente, el coordinador revisó la información, y con su venia se procedió a determinar los factores y el análisis correspondiente al estudio.

- **Determinación de los factores de corrección**

Como el flujo vehicular se realizó a través de una muestra en un periodo igual a 7 días (semana completa) en la Estación-01; para tener validez a nivel anual, se hace necesario estimar el comportamiento anualizado del tránsito. Para ello se determinan factores o coeficientes de corrección que permita expandir el volumen de esa muestra al universo anual.

La variación de los volúmenes de tránsito es generalmente rítmicas y repetitivas durante el año por lo que es necesario corregir la periodicidad del comportamiento registrado durante las horas, días de la semana y meses del año y las variaciones relevantes determinadas en épocas del año debido a festividades cívicas o religiosas, época de lluvia o sequía, de verano, etc.

Para determinar el factor de corrección estacional (FC) se ha utilizado los factores de corrección 2016 – 2021 para determinar el Índice Medio Diario Anual, elaborado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, obtenida de la página web de la institución en mención. Bajo las premisas anteriores se ha determinado como factor de corrección 1.




















- **Volumen de Tráfico Diario**

El volumen de tráfico promedio diario se ha obtenido de la suma del conteo de los vehículos en ambas direcciones (entrada y salida), lo cual nos ha permitido tener una idea más general del tipo y cantidad de vehículos que se observan diariamente.

A continuación, vemos en el Cuadro Resumen (CUADRO N°01) el acumulado de todo el tráfico vehicular con los totales por día (7 días), en ambos sentidos y desagregado por el tipo de vehículo

Cuadro 1: RESUMEN DE CONTEO DIARIO DE VEHICULOS

ESTACION N°01 (Esquina del Jr. San Martín con Jr. Simón Bolívar)

| Día | Pobladores | Moto Lineal | Tri Movil | Auto movil | Camionetas | | Micro | Omnibus | | Camion | | | Semitrayers | | | | | Traylers | | | | TOTAL | PORC. % | | |
|--------------------|------------|-------------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---------|--------|-------|
| | | | | | Pick Up | Rural | | 2E | 3E | 2E | 3E | 4E | 2S1 | 2S2 | 2S3 | 3S1 | 3S2 | >=3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | | | >=3T3 | |
| Diagrama vehicular | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | |
| LUNES | 852 | 72 | 20 | 3 | 2 | 2 | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | 99 | 17.34 |
| MARTES | 812 | 72 | 8 | 3 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 85 | 14.89 |
| MIERCOLES | 795 | 71 | 10 | 3 | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 87 | 15.24 |
| JUEVES | 796 | 71 | 10 | 2 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 85 | 14.89 |
| VIERNES | 832 | 88 | 15 | 4 | 3 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 111 | 19.44 |
| SABADO | 641 | 40 | 5 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 46 | 8.06 |
| DOMINGO | 542 | 51 | 4 | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 58 | 10.16 |
| SUB TOTALES | 5270 | 465 | 72 | 18 | 12 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 571 | |
| % | | 81.44 | 12.61 | 3.15 | 2.10 | 0.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |

ELABORACION : JJBB

Fuente: Elaboración Propia

- **Índice Medio Diario Semanal**

El Índice Medio Diario semanal de obtuvo de promediar la sumatoria total según el tipo de vehículo entre el número total de días en que se ha realizado el conteo, siendo en este caso un número de 7 por la Estación-01.

$$IMDs = \frac{\sum V_i}{7} \quad (E-01)$$

Donde:

$\sum V_i$ = Sumatoria del volumen vehicular diario del total de días de conteo

7 = N° de días Estación-01 Plaza Principal

IMDs = Índice Medio Diario Semanal de la muestra vehicular

A continuación, se presenta los cuadros y gráficos, resultado de la determinación de Índice Medio Diario Semanal de la Estación N°01, donde se presentan el promedio y porcentaje de los datos obtenidos:

Cuadro 2: Cálculo del IMDa Vehicular

Resumen de Metodología

$$IMDs = \frac{\sum V_i}{7}$$

V_i = Volumen en conteo 7 días

$IMDs = \frac{571}{7}$ Vehículos por día

$IMDs = 82$ Vehículos por día

Cuadro 3: Tráfico Vehicular

Clasificación Tramo 1 (Veh/día)

| Tipo de Vehículos | IMDa | Distribución % |
|-----------------------|--------------|----------------|
| Moto Lineal | 62.00 | 81.44 |
| Tri Móvil (mototaxis) | 10.00 | 12.61 |
| Automóvil | 2.00 | 3.15 |
| Camioneta | 2.00 | 2.10 |
| C. Rural | 1.00 | 0.70 |
| Micro | 0.00 | 0.00 |
| Ómnibus | 0.00 | 0.00 |
| Camión 2E | 0.00 | 0.00 |
| Camión 3E | 0.00 | 0.00 |
| Semi tráiler | 0.00 | 0.00 |
| Tráiler | 0.00 | 0.00 |
| TOTAL IMD | 76.00 | 100.00 |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4: Factor de Corrección Tráfico Vehicular

| FACTOR DE CORRECIÓN (FC) | | | |
|--------------------------|---|---|--|
| Estación | : | Esq. Jr. San Martín con Jr. Simón Bolívar | |
| Mes Conteo | : | Agosto 2019 | |
| F.C. Vehículos Ligeros | = | 0.97737 | |
| F.C. Vehículos Pesados | = | 0.99068 | |



| Tipo de Vehículos | IMDs | F.C. | IMDa |
|-----------------------|--------------|---------|--------------|
| Moto Lineal | 66.00 | 0.93737 | 62.00 |
| Tri Móvil (mototaxis) | 10.00 | 0.93737 | 10.00 |
| Automóvil | 3.00 | 0.93737 | 2.00 |
| Camioneta | 2.00 | 0.93737 | 2.00 |
| C. Rural | 1.00 | 0.93737 | 1.00 |
| Micro | 0.00 | 0.93737 | 0.00 |
| Ómnibus | 0.00 | 0.99068 | 0.00 |
| Camión 2E | 0.00 | 0.99068 | 0.00 |
| Camión 3E | 0.00 | 0.99068 | 0.00 |
| Semi tráiler | 0.00 | 0.99068 | 0.00 |
| Tráiler | 0.00 | 0.99068 | 0.00 |
| TOTAL IMD | 80.00 | | 76.00 |

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 5: Cálculo del IMDa Peatonal

$$IMDs = \frac{\sum V_i}{7}$$

V_i = Volumen en conteo 7 días

$$IMDs = \frac{5270}{7} \text{ Vehículos por día}$$

$$IMDs = 753 \text{ Peatones por día}$$

5.2 ESTUDIO DE SUELOS

Cuadro 6: Resumen de Estudio de Suelos

| CUADRO RESUMEN - PROPIEDADES FISICO-MECANICAS Y CLASIFICACION DE MUESTRA SUB BASE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|-------------------|-------|-------|-------|---------------------|-------|------|---------|----------|-------------|----------------|----------|--------|------|---------|----------|---------|----------|
| CALICATA | Cantera | RESULTADOS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRIA | | | | PROPIEDADES INDICES | | | HUMEDAD | Densidad | Equivalente | Particulas | Abrasión | O.C.H. | MDS | CBR 95% | CBR 100% | CLASIF. | CLASIF. |
| | | MALLA | MALLA | MALLA | MALLA | L.L. | L.P. | IP | NATURAL | natural | de Arena | chatas y Alarg | | | | | | SUCS | AA SHTO |
| MUESTRA | #4 | #10 | #40 | #200 | % | % | % | % | gr/cm3 | % | % | % | gr/cm3 | MDS | MDS | MDS | MDS | | |
| SUB BASE | SUB BASE | 41.08 | 22.51 | 17.64 | 7.12 | 28.95 | 24.80 | 4.15 | 5.75 | 2.03 | 45 | 19.00 | 24.40 | 6.70 | 2.17 | 63.00 | 76.00 | GP-GM | A-1-a(0) |

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro se puede observar el resumen del estudio de suelos, donde se puede que por calicata se obtienen 2 estratos los cuales según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos varían entre arenas y arcillas limosas (SM – SP – CL – ML).

- SM: Arena Limosa.
- SP: Arena pobremente graduada.
- CL: Arcilla con plasticidad baja.
- CL-ML: Arcillas limosas con baja plasticidad.

Del mismo modo se obtiene la clasificación de las muestras según AASHTO como se puede observar en la tabla basándose en el % que pasa por cada malla además de su plasticidad y su tipo de suelo.

También se pueden observar los datos obtenidos del ensayo Proctor realizado a las muestras más profundas de cada calicata, tales como la Densidad Máxima Seca y el Optimo Contenido de Humedad.

5.2.1 RESULTADOS DE LA ESTRUCTURA - SUB-BASE

RESUMEN DE RESULTADOS – AGREGADO GRUESO

| DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO | NORMA EMPLEADA | RESULTADOS |
|---|-----------------------|-------------------|
| Contenido de sulfatos expresados como Ión SO ₄ | - | 0.0085% |
| Terrones de Arcilla y partículas deleznales | ASTM C-142 | 0.130 % |
| Cantidad de Partículas Livianas | ASTM C-123 - T113 | 0.390 % |
| Contenido de carbón y Lignito | ASTM C-123-T113-45 | 0.105 % |
| Abrasión máquina de los Ángeles | ASTM C131-003 | 16.20% |
| Durabilidad al sulfato de Sodio | ASTM C188 | 3.92% |

RESUMEN DE RESULTADOS – AGREGADO FINO

| DESCRIPCIÓN DEL | NORMA | RESULTADOS |
|---|-------------------|-------------------|
| Contenido de sulfatos expresados como Ión SO ₄ | - | 0.019% |
| Terrones de Arcilla y partículas deleznales | ASTM C-142 | 0.310 % |
| Cantidad de Partículas Livianas | ASTM C-123 - T113 | 0.370 % |
| Durabilidad al sulfato de Sodio | ASTM C88 | 5.45% |

| | | |
|--------------------------------------|-----------|-------|
| Material que pasa la Malla Nº 200 | ASTM C177 | 4.50% |
|--------------------------------------|-----------|-------|

Cuadro 7: Resultados de Caras Fracturadas de los agregados

| PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------------------|--------------------------|
| ASTM D 5821 - MTC E 210 | | | | | | |
| CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS | | | | | | |
| TAMAÑO DEL AGREGADO | | PESO POR MALLAS (A) (gr) | 1 CARA FRACTURADA (B) (gr) | % POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%) | PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%) | (E) = (C)*(D) (%) |
| PASA TAMIZ | RETENIDO EN TAMIZ | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | 3781.0 | 3055.0 | 80.8 | 11.2 | 904.9 |
| 1" | 3/4" | 2044.0 | 1562.0 | 76.4 | 6.0 | 458.5 |
| 3/4" | 1/2" | 2253.0 | 1690.0 | 75.0 | 6.6 | 495.1 |
| 1/2" | 3/8" | 1504.0 | 886.0 | 58.9 | 4.4 | 259.2 |
| TOTAL | | 9582.0 | 7193.0 | | 28.2 | 2117.7 |
| % con una o mas caras fracturadas : | | | | | | 75.1 |
| CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS | | | | | | |
| TAMAÑO DEL AGREGADO | | PESO POR MALLAS (A) (gr) | 2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr) | % POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%) | PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%) | (E) = (C)*(D) (%) |
| PASA TAMIZ | RETENIDO EN TAMIZ | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | 3781.0 | 2060.0 | 54.5 | 11.2 | 610.2 |
| 1" | 3/4" | 2044.0 | 998.0 | 48.8 | 6.0 | 293.0 |
| 3/4" | 1/2" | 2253.0 | 973.0 | 43.2 | 6.6 | 285.0 |
| 1/2" | 3/8" | 1504.0 | 587.0 | 39.0 | 4.4 | 171.7 |
| TOTAL | | | 4618.0 | | 28.2 | 1359.9 |
| % con dos o mas caras fracturadas : | | | | | | 48.2 |
| OBSERVACIONES: | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 8: Resultado de Partículas Chatas y Alargadas

| PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|---|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| ASTM D 693 | | | | | | |
| TAMIZ | Peso por mallas (A) (gr) | Peso chatas y alargadas (B) (gr) | Porcentaje (C)=(B)/(A)*100 (%) | Gradación Original (D) (%) | Corrección (E)=(C)*(D) (%) | (E)/(D) (%) |
| 1 1/2" - 1" | 3781.0 | 593.0 | 15.7 | 11.2 | 175.7 | |
| 1" - 3/4" | 2044.0 | 623.0 | 30.5 | 6.0 | 182.9 | |
| 3/4" - 1/2" | 2253.0 | 318.0 | 14.1 | 6.6 | 93.2 | |
| 1/2" - 3/8" | 1504.0 | 285.0 | 18.9 | 4.4 | 83.4 | |
| Peso Total (gr.) | 9582 | 1819.0 | | 28.2 | 535.1 | 19.0 |
| Observaciones: | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 9: Resultado Contenido de Sales

| CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS NTP 339.152 BS1377 | | |
|---|-----|---------|
| Peso de crisol | gr. | 22.1164 |
| Peso crisol + sales | gr. | 22.1457 |
| Peso sales | gr. | 0.0293 |
| Peso de muestra | gr. | 50.0 |
| Sales | % | 0.0586 |
| p.p.m. | | 586.000 |

| |
|--|
| Contenido de sales solubles : 0.06 % < 0.5 % |
|--|

Observaciones

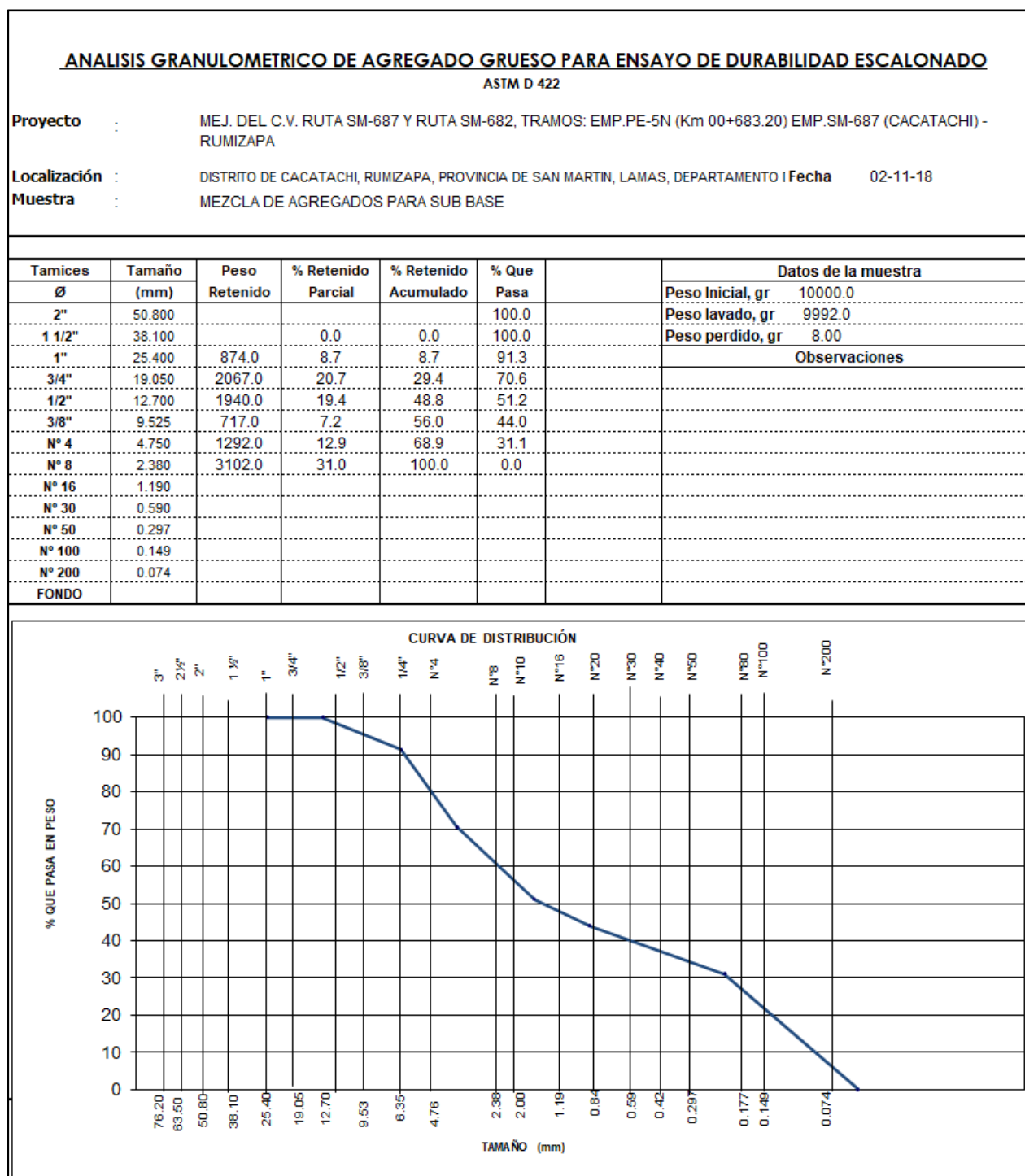
.....

.....

.....

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 10: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso



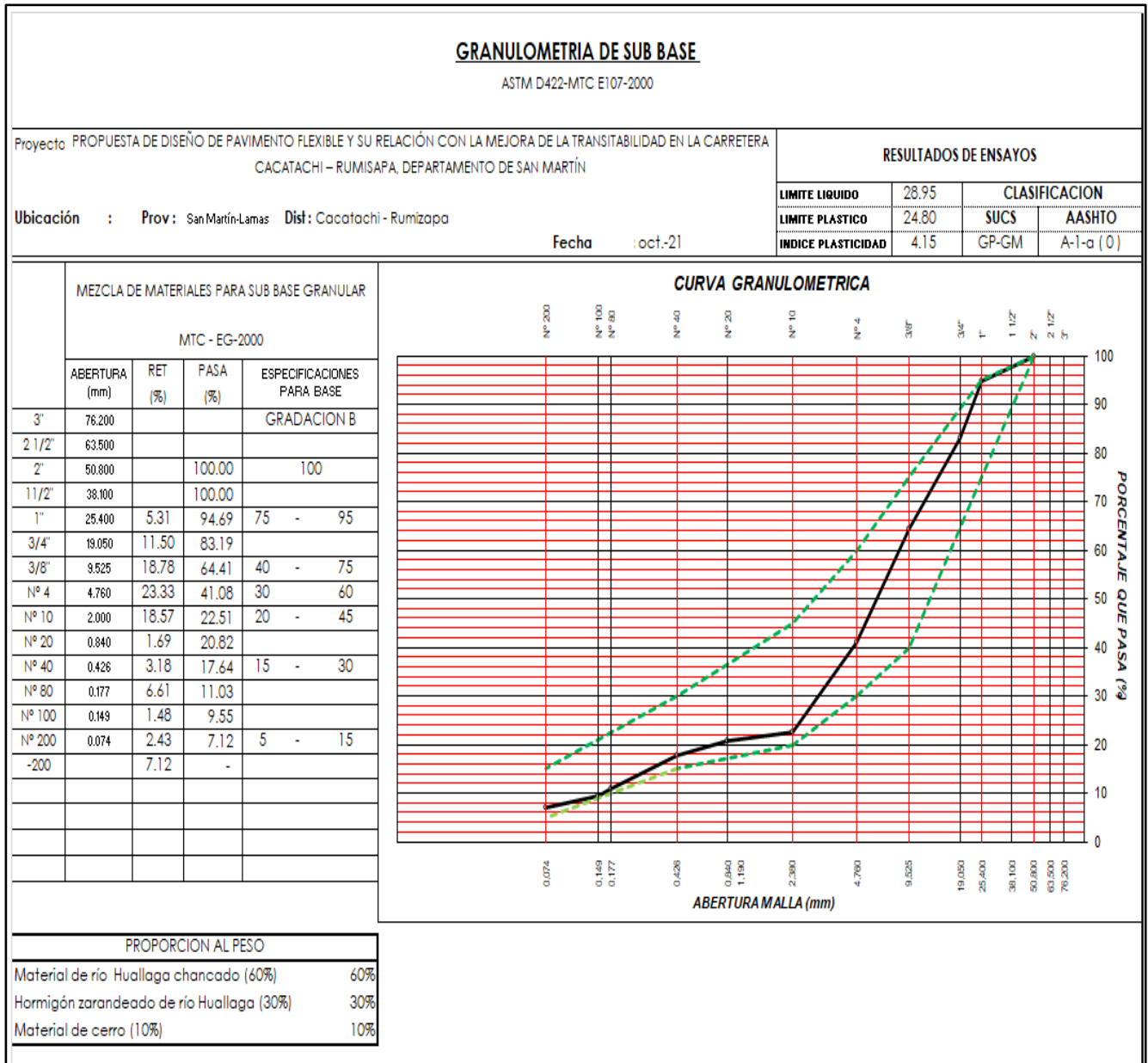
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 11: Durabilidad de los agregados

| DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO | | | | | | | | | | |
|--|---------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------|---------------------------------|-----------|------|-----------------------|------------------|
| MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104 | | | | | | | | | | |
| ANÁLISIS CUANTITATIVO | | | | | | | | | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | | | | | | | |
| TAMAÑO | | Gradación Original (%) | Peso requerido (g) | Peso fracción ensayada | N° de partículas | Peso ret. después de ensayo (g) | Pérdida | | Pérdida corregida (%) | N° de partículas |
| Pasa | Retiene | | | | | | Peso (gr) | % | | |
| 2 1/2" | 2" | | 3000±300 | | | | 0.0 | 0.0 | 0.00 | |
| 2" | 1 1/2" | | 2000±200 | | | | 0.0 | 0.0 | 0.00 | |
| 1 1/2" | 1" | 8.7 | 1000±50 | 1011 | | 990.0 | 21.0 | 2.1 | 0.18 | |
| 1" | 3/4" | 20.7 | 500±30 | 501.5 | | 495.0 | 6.5 | 1.3 | 0.27 | |
| 3/4" | 1/2" | 19.4 | 670±10 | 672 | | 668.0 | 4.0 | 0.6 | 0.12 | |
| 1/2" | 3/8" | 7.2 | 330±5 | 331.5 | | 209.0 | 122.5 | 37.0 | 2.65 | |
| 3/8" | N° 4 | 12.9 | 300±5 | 303 | | 265.0 | 38.0 | 12.5 | 1.62 | |
| TOTALES | | 68.9 | | 2819.0 | | 2627.0 | | | 4.83 | |
| AGREGADO FINO | | | | | | | | | | |
| TAMAÑO | | Gradación Original (%) | Peso min. requerido (g) | Peso fracción ensayada | N° de partículas | Peso ret. después de ensayo (g) | Pérdida | | Pérdida corregida (%) | N° de partículas |
| Pasa | Retiene | | | | | | Peso (gr) | % | | |
| 3/8" | N° 04 | 0.0 | 100 | 100 | -- | 90.2 | 9.8 | 7.0 | 0.0 | -- |
| N° 04 | N° 08 | 0.2 | 100 | 100 | -- | 87.1 | 12.9 | 7.0 | 0.0 | -- |
| N° 08 | N° 16 | 1.0 | 100 | 100 | -- | 90.3 | 9.7 | 7.0 | 0.1 | -- |
| N° 16 | N° 30 | 13.6 | 100 | 100 | -- | 93.7 | 6.3 | 6.3 | 0.9 | -- |
| N° 30 | N° 50 | 57.9 | 100 | 100 | -- | 90.8 | 9.2 | 9.2 | 5.3 | -- |
| N° 50 | N° 100 | 13.7 | 100 | 100 | -- | 95.0 | 5.0 | 5.0 | 0.7 | -- |
| < N° 100 | | 4.6 | | | | | | | | |
| TOTALES | | 91.0 | | 600.0 | | 547.1 | | | 6.96 | |

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 12: Granulometría de la Sub-Base



Fuente: Elaboración Propia

5.2.2 RESULTADOS DE LA ESTRUCTURA – BASE

| CUADRO RESUMEN - PROPIEDADES FISICO-MECANICAS Y CLASIFICACION DE MUESTRA BASE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------------|-------|-------|-------|---------------------|------|-----------------|-----------------|------------|------------|-------------|----------------|----------|--------|-------|---------|----------|---------|----------|
| CALICATA | Cantera | RESULTADOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | GRANULOMETRIA | | | | PROPIEDADES INDICES | | | Durabilidad | Particulas | Particulas | Equivalente | Particulas | | | | | CLASIF. | CLASIF. | |
| | | MALLA | MALLA | MALLA | MALLA | LL | L.P. | IP | S de Magnesio | Con una | Con dos | de Arena | chatas y Alarg | Abraaion | O.C.H. | MDS | CBR 95% | CBR 100% | SUCS | AA SHTO |
| #4 | #10 | # 40 | #200 | % | % | % | % | C. Fracturada % | C. Fracturada % | % | % | % | % | g/cm3 | MDS | MDS | MDS | MDS | | |
| BASE | BASE | 37.09 | 27.77 | 18.20 | 4.90 | NP | NP | NP | 3.80 | 81.20 | 45.10 | 47 | 12.00 | 35.80 | 6.70 | 2.246 | 77.50 | 107.20 | GW-GM | A-1-a(0) |

Fuente: Elaboración Propia

| Referencias de la muestra | | | |
|---------------------------|---------------|----------------------|---|
| Identificación : | Base Granular | Prof : Global | Presentación 01 bolsa de polipropileno |
| Descripción : | Rio Huallaga | | Cantidad 1,0 kg Aprox. |

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS NTP 339.152 BS1377

| | | |
|---------------------|-----|---------|
| Peso de crisol | gr. | 22.0157 |
| Peso crisol + sales | gr. | 22.0591 |
| Peso sales | gr. | 0.0434 |
| Peso de muestra | gr. | 50.0 |
| Sales | % | 0.0868 |
| p.p.m. | | 868.000 |

Contenido de sales solubles : 0.08 % < 0.5 %

Observaciones

.....

.....

.....

Fuente: Elaboración Propia

| Referencias de la muestra | | | |
|---------------------------|---|----------------------|---|
| Identificación | Material aluvial de río | Prof : GLOBAL | Presentación 01 bolsa de polipropileno |
| Descripción | Arena triturada en planta, río Huallaga, sector Shapaja | | Cantidad 1,0 kg Aprox. |

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS NTP 339.152 BS1377

| | | |
|---------------------|-----|---------|
| Peso de crisol | gr. | 22.0248 |
| Peso crisol + sales | gr. | 22.0553 |
| Peso sales | gr. | 0.0305 |
| Peso de muestra | gr. | 50.0 |
| Sales | % | 0.0610 |
| p.p.m. | | 610.000 |

Contenido de sales solubles : 0.06 % < 0.5 %

Observaciones

.....

.....

.....

Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE ABRASIÓN (MÁQUINA DE LOS ÁNGELES)

MTC E 207 - ASTM C 535 - AASHTO T-96

DESCRIPCION : Rio Huallaga

| Tamiz Pasa - Retiene | Gradaciones | | | |
|-----------------------------------|--------------|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| 1 1/2" - 1" | 1250.0 | | | |
| 1" - 3/4" | 1250.0 | | | |
| 3/4" - 1/2" | 1250.0 | | | |
| 1/2" - 3/8" | 1250.0 | | | |
| 3/8" - 1/4" | | | | |
| 1/4" - N° 4 | | | | |
| N° 4 - N° 8 | | | | |
| Peso Total | 5000.0 | | | |
| Porcent. ret. tamiz N° 12, (%) | 4029.4 | | | |
| Porcent. pasante tamiz N° 12, (%) | 970.6 | | | |
| N° de esferas | 12.0 | | | |
| Peso de las esferas (gr) | 5000 ± 25 | | | |
| % Desgaste | 19.4% | | | |

OBSERVACIONES :

.....

.....

.....

.....

Fuente: Elaboración Propia

EQUIVALENTE DE ARENA

MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176

DESCRIPCION : Arena triturada en planta, río Huallaga, sector Shapaja

| MUESTRA | IDENTIFICACIÓN | | | |
|---|-------------------------|----------------|----------------|--|
| | 1 | 2 | 3 | |
| Hora de entrada a saturación | 10:27:08 a. m. | 10:29:08 a. m. | 10:31:08 a. m. | |
| Hora de salida de saturación (más 10') | 10:37:08 a. m. | 10:39:08 a. m. | 10:41:08 a. m. | |
| Hora de entrada a decantación | 10:39:08 a. m. | 10:41:08 a. m. | 10:43:08 a. m. | |
| Hora de salida de decantación (más 20') | 10:59:08 a. m. | 11:01:08 a. m. | 11:03:08 a. m. | |
| Altura máxima de material fino cm | 5.90 | 6.10 | 6.20 | |
| Altura máxima de la arena cm | 4.30 | 4.40 | 4.40 | |
| Equivalente de arena % | 73 | 73 | 71 | |
| Equivalente de arena promedio % | 72.3 | | | |
| Resultado equivalente de arena % | 72.0 | | | |
| Observaciones: | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

PROYECTO : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD EN LA CARRETERA CACATACHI – RUMISAPA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN

DESCRIPCION : Material para Base granular

MUESTRA Agregado triturado en planta

CANERA Rio Huallaga Sector Shapaja

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION. NORMAS ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO D 420

| | |
|--------------------------|----------|
| Peso Inicial Seco, [gr] | 20983.00 |
| Peso Lavado y Seco, [gr] | 19946.50 |

CARACTERISTICAS FISICAS

| Mallas | Abertura [mm] | Peso retenido [grs] | Porcent. Ret. [%] | Porcent. Ret. Acum [%] | Porcent. Acum. Pasante [%] | Especificaciones Técnicas | | REGISTRO | | | |
|----------|---------------|---------------------|-------------------|------------------------|----------------------------|---------------------------|-----|--------------------------------|--------|----------|--------|
| | | | | | | BASE GRANULAR HUSO B | | CALICATA Nº/MUESTRA Nº | | BASE | |
| 2" | 50.800 | | | | | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | 100.00 | 100 | 100 | P.E. RELAT. DE SOLIDOS [gr/cc] | | 2.64 | |
| 1 " | 25.400 | 2390.00 | 11.39 | 11.39 | 88.61 | 75 | 95 | HUMEDAD NATURAL [%] | | 2.65 | |
| 3/4" | 19.050 | 2689.00 | 12.82 | 24.21 | 75.79 | | | LIMITE LIQUIDO [%] | | NP | |
| 1/2" | 12.700 | 1250.00 | 5.96 | 30.17 | 69.83 | | | LIMITE PLASTICO [%] | | NP | |
| 3/8" | 9.525 | 3280.00 | 15.63 | 45.80 | 54.20 | 40 | 75 | INDICE PLASTICO [%] | | NP | |
| Nº 4 | 4.760 | 2598.00 | 12.38 | 58.18 | 41.82 | 30 | 60 | MATERIAL MENOR # 200 [%] | | 4.92 | |
| Nº 10 | 2.000 | 1667.40 | 7.95 | 66.13 | 33.87 | 20 | 45 | LIMITE DE CONTRACCION [%] | | NR | |
| Nº 20 | 0.840 | 895.20 | 4.27 | 70.40 | 29.60 | | | | | | |
| Nº 40 | 0.420 | 700.10 | 3.34 | 73.74 | 26.26 | 15 | 30 | CLASIFICACION S.U.C.S. | | GP | |
| Nº 80 | 0.170 | 3510.40 | 16.73 | 90.47 | 9.53 | | | CLASIFICACION A.S.S.H.T.O. | | A-1a(0) | |
| Nº 100 | 0.150 | 342.10 | 1.63 | 92.10 | 7.90 | | | | | #IVALOR! | |
| Nº 200 | 0.074 | 624.30 | 2.98 | 95.08 | 4.92 | 5 | 15 | D10 [mm] | 0.177 | Cu | 60.469 |
| < Nº 200 | 0.000 | 1036.50 | 4.92 | 100.00 | 0.00 | | | D30 [mm] | 0.949 | Cc | 0.475 |
| | | 20983.00 | | | | | | D60 [mm] | 10.703 | | |

35

0.2

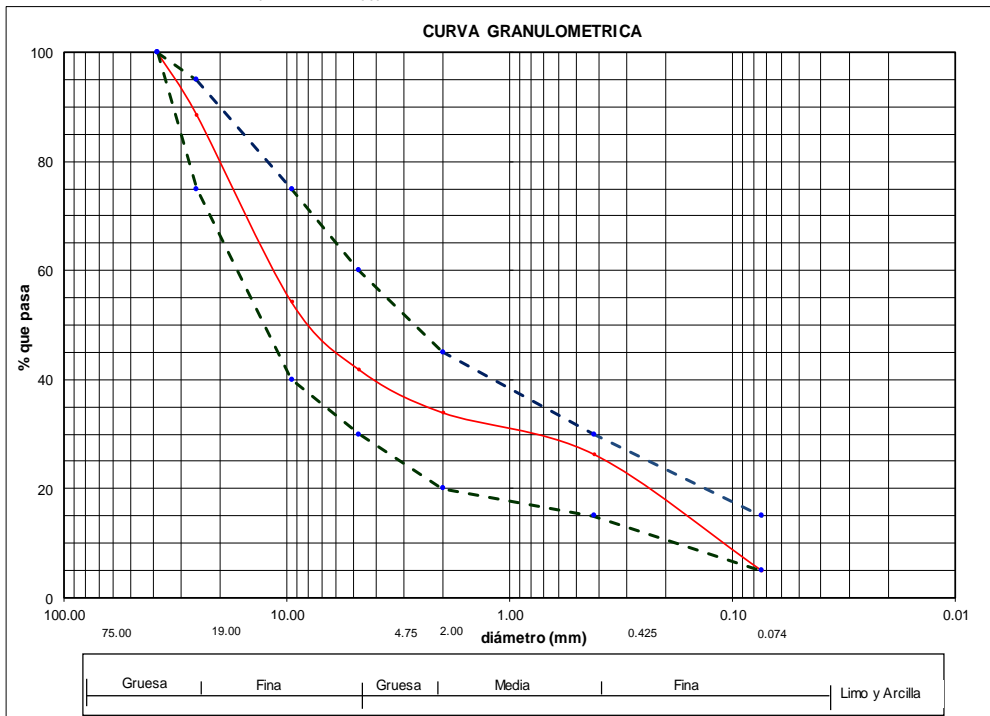
0.005

40

15

0.01

10.00



Fuente: Elaboración Propia

PROYECTO : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD EN LA CARRETERA CACATACHI – RUMISAPA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN

DESCRIPCION : Material para Base granular

MUESTRA Agregado triturado en planta

CANERA Río Huallaga Sector Shapaja

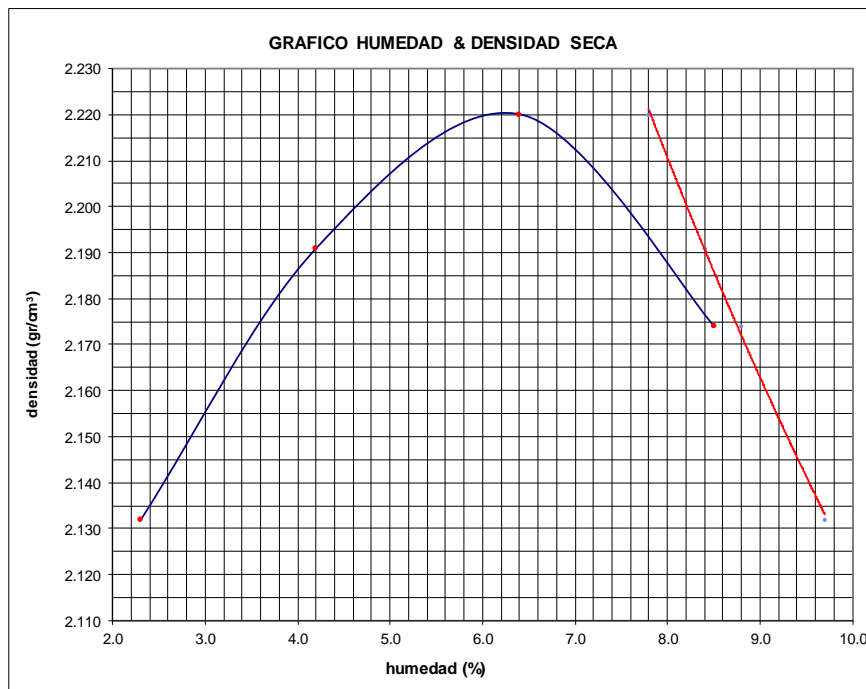
ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM D1557

DENSIDAD HUMEDA DE LA MUESTRA:

| Procedimiento | Fórmula | Molde / Incremento, (%) | | | |
|--------------------------------------|---------|-------------------------|---------|---------|---------|
| | | 02/4.0 | 02/4.0 | 02/4.0 | 02/4.0 |
| 1. Volumen del Molde, [cm3] | | 2097.0 | 2097.0 | 2097.0 | 2097.0 |
| 2. Peso del Molde [gr] N° 3 | | 6472.0 | 6472.0 | 6472.0 | 6472.0 |
| 3. Peso Molde + Muestra Húmeda, [gr] | | 11045.0 | 11260.0 | 11425.0 | 11418.0 |
| 4. Peso Muestra Húmeda, [gr] | [3]-[2] | 4573.0 | 4788.0 | 4953.0 | 4946.0 |
| 5. Densidad Húmeda, [gr/cm3] | [4]/[1] | 2.181 | 2.283 | 2.362 | 2.359 |

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA:

| Procedimiento | Fórmula | Tara N° | | | |
|-----------------------------------|----------------|---------|--------|--------|--------|
| | | 10 | 42 | 56 | 23 |
| 6. Peso Tara, [gr] | | 214.00 | 215.30 | 216.20 | 210.10 |
| 7. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr] | | 512.60 | 520.30 | 533.00 | 518.20 |
| 8. Peso Tara + Suelo Seco, [gr] | | 506.00 | 508.00 | 513.90 | 494.10 |
| 9. Peso Agua, [gr] | [7]-[8] | 6.60 | 12.30 | 19.10 | 24.10 |
| 10. Peso Suelo Seco, [gr] | [8]-[6] | 292.00 | 292.70 | 297.70 | 284.00 |
| 11. Contenido de Humedad, [%] | [9]/[10]x100 | 2.30 | 4.20 | 6.40 | 8.50 |
| 12. Densidad Seca, [gr/cm3] | [5]/[1+11/100] | 2.132 | 2.191 | 2.220 | 2.174 |



| Línea de Saturación | |
|---------------------|-------|
| D | H |
| 2.13 | 9.70 |
| 2.19 | 8.40 |
| 2.22 | 7.80 |
| 2.17 | 8.80 |
| p.e. del material | 2.69 |
| % Piedra | 62.20 |
| % arena | 37.80 |
| p.e. fino | 2.65 |
| p.e. piedra | 2.71 |
| p.e. global | 2.69 |

| | |
|-----------------------------------|--------------|
| Máxima Densidad Seca, [gr/cm3]: | 2.220 |
| Óptimo Contenido de Humedad, [%]: | 6.30 |

Observaciones:

Fuente: Elaboración Propia

PROYECTO : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD EN LA CARRETERA CACATACHI – RUMISAPA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN

DESCRIPCION : Rio Huallaga

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS

ASTM D 693

| TAMIZ | Peso por mallas (A) (gr) | Peso chatas y alargadas (B) (gr) | Porcentaje (C)=(B)/(A)*100 (%) | Gradación Original (D) (%) | Corrección (E)=(C)*(D) (%) | (E)/(D) (%) |
|-------------------------|---------------------------------|---|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| 1 1/2" - 1" | 2390.0 | 342.0 | 14.3 | 11.4 | 163.0 | |
| 1" - 3/4" | 2689.0 | 252.0 | 9.4 | 12.8 | 120.1 | |
| 3/4" - 1/2" | 1625.0 | 217.0 | 13.4 | 6.0 | 79.6 | |
| 1/2" - 3/8" | 3280.0 | 392.0 | 12.0 | 15.6 | 186.8 | |
| Peso Total (gr.) | 9984 | 1203.0 | | 45.8 | 549.5 | 12.0 |

Observaciones:

Fuente: Elaboración Propia

| PROYECTO : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD EN LA CARRETERA CACATACHI – RUMISAPA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN | | | | | | |
|--|-------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| DESCRIPCION : Río Huallaga | | | | | | |
| <u>PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS</u> ASTM D 5821 - MTC E 210 | | | | | | |
| CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS | | | | | | |
| TAMAÑO DEL AGREGADO | | PESO POR MALLAS (A) (gr) | 1 CARA FRACTURADA (B) (gr) | % POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%) | PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%) | (E) = (C)*(D) (%) |
| PASA TAMIZ | RETENIDO EN TAMIZ | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | 2390.0 | 1908.0 | 79.8 | 11.4 | 909.3 |
| 1" | 3/4" | 2689.0 | 2250.0 | 83.7 | 12.8 | 1072.7 |
| 3/4" | 1/2" | 1625.0 | 1540.0 | 94.8 | 6.0 | 564.8 |
| 1/2" | 3/8" | 3280.0 | 2460.0 | 75.0 | 15.6 | 1172.3 |
| TOTAL | | 9984.0 | 8158.0 | | 45.8 | 3719.1 |
| % con una o mas caras fracturadas : | | | | | | 81.2 |
| CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS | | | | | | |
| TAMAÑO DEL AGREGADO | | PESO POR MALLAS (A) (gr) | 2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr) | % POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%) | PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%) | (E) = (C)*(D) (%) |
| PASA TAMIZ | RETENIDO EN TAMIZ | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | 2390.0 | 1200.0 | 50.2 | 11.4 | 571.9 |
| 1" | 3/4" | 2689.0 | 1100.0 | 40.9 | 12.8 | 524.4 |
| 3/4" | 1/2" | 1625.0 | 890.0 | 54.8 | 6.0 | 326.4 |
| 1/2" | 3/8" | 3280.0 | 1350.0 | 41.2 | 15.6 | 643.3 |
| TOTAL | | | 4540.0 | | 45.8 | 2066.0 |
| % con dos o mas caras fracturadas : | | | | | | 45.1 |
| OBSERVACIONES: | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

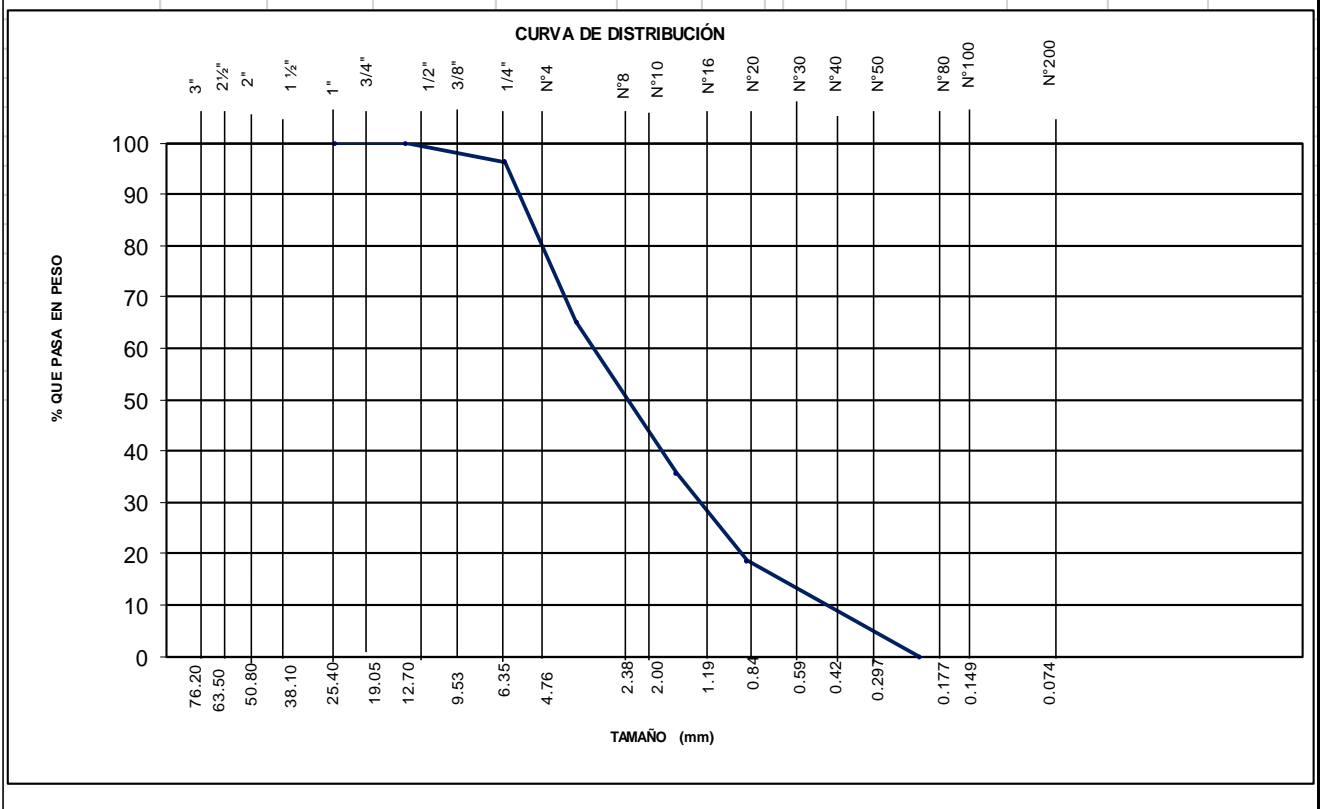
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO PARA ENSAYO DE DURABILIDAD ESCALONADO

ASTM D 422

PROYECTO : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD EN LA CARRETERA CACATACHI – RUMISAPA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN

DESCRIPCIÓN : Rio Huallaga

| Tamices | Tamaño (mm) | Peso Retenido | % Retenido | | % Que Pasa | Datos de la muestra | |
|---------|-------------|---------------|------------|-----------|------------|---------------------|-----------------|
| | | | Parcial | Acumulado | | Peso Inicial, gr | Peso lavado, gr |
| 2" | 50.800 | | | | 100.0 | | 10200.0 |
| 1 1/2" | 38.100 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | 9997.0 |
| 1" | 25.400 | 374.0 | 3.7 | 3.7 | 96.3 | | 203.0 |
| 3/4" | 19.050 | 3102.0 | 31.1 | 34.8 | 65.2 | Observaciones | |
| 1/2" | 12.700 | 2940.0 | 29.4 | 64.2 | 35.8 | | |
| 3/8" | 9.525 | 1722.0 | 17.2 | 81.4 | 18.6 | | |
| N° 4 | 4.750 | 1859.0 | 18.6 | 100.0 | 0.0 | | |
| N° 8 | 2.380 | 746.0 | | | | | |
| N° 16 | 1.190 | | | | | | |
| N° 30 | 0.590 | | | | | | |
| N° 50 | 0.297 | | | | | | |
| N° 100 | 0.149 | | | | | | |
| N° 200 | 0.074 | | | | | | |
| FONDO | | | | | | | |



Fuente: Elaboración Propia

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO

MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104

PROYECTO : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD EN LA CARRETERA CACATACHI – RUMISAPA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN

DESCRIPCION : Río Huallaga

ANÁLISIS CUANTITATIVO

AGREGADO GRUESO

| TAMAÑO | | Gradación Original (%) | Peso requerido (g) | Peso fracción ensayada (g) | Peso ret. después de ensayo (g) | Gradación original escalonada | Pérdida | | Pérdida corregida (%) | Nº de partículas |
|----------------|---------|------------------------|--------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------|------|-----------------------|------------------|
| Pasa | Retiene | | | | | | Peso (gr) | % | | |
| 2 1/2" | 2" | | 3000±300 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 2" | 1 1/2" | 0.0 | 2000±200 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 1 1/2" | 1" | 3.7 | 1000±50 | 1010 | 987.0 | 3.7 | 23.0 | 2.3 | 0.1 | |
| 1" | 3/4" | 31.1 | 500±30 | 520 | 502.0 | 31.1 | 18.0 | 3.5 | 1.1 | |
| 3/4" | 1/2" | 29.4 | 670±10 | 670.0 | 655.0 | 29.4 | 15.0 | 2.2 | 0.7 | |
| 1/2" | 3/8" | 17.2 | 330±5 | 330 | 302.0 | 17.2 | 28.0 | 8.5 | 1.5 | |
| 3/8" | Nº 4 | 18.6 | 300±5 | 310.0 | 302.0 | 18.6 | 8.0 | 2.6 | 0.5 | |
| TOTALES | | 100.0 | | 2840.0 | 2748.0 | | 92.0 | 19.0 | 3.8 | |

AGREGADO FINO

| TAMAÑO | | Gradación Original (%) | Peso mín. requerido (g) | Peso fracción ensayada (g) | Peso ret. después de ensayo (g) | Gradación original escalonada | Pérdida | | Pérdida corregida (%) | Nº de partículas |
|----------------|---------|------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------|------|-----------------------|------------------|
| Pasa | Retiene | | | | | | Peso (gr) | % | | |
| 3/8" | Nº 04 | 0.0 | 100 | 100 | -- | 90.0 | 10.0 | 7.0 | 0.0 | -- |
| Nº 04 | Nº 08 | 0.0 | 100 | 100 | -- | 78.8 | 21.2 | 7.0 | 0.0 | -- |
| Nº 08 | Nº 16 | 0.4 | 100 | 100 | -- | 84.7 | 15.3 | 7.0 | 0.0 | -- |
| Nº 16 | Nº 30 | 1.3 | 100 | 100 | -- | 90.0 | 10.0 | 0.0 | 0.0 | -- |
| Nº 30 | Nº 50 | 19.0 | 100 | 100 | -- | 89.8 | 10.2 | 10.2 | 1.9 | -- |
| Nº 50 | Nº 100 | 62.0 | 100 | 100 | -- | 92.3 | 7.7 | 7.7 | 4.7 | -- |
| < Nº 100 | | 17.3 | | | | | | | | |
| TOTALES | | 100.0 | | 600.0 | | 525.6 | | | 6.72 | |

Fuente: Elaboración Propia

5.2.3 RESULTADOS – ASFALTO

| PROYECTO: | PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD EN LA CARRETERA CACATACHI – RUMISAPA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------------|---|--|------|--|--------|------------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------------|---|-------------------------|--|--|--|----|--------|--|--|--|--|--|--------------------------|------|--------|--------|--|--|--|--|--|----|--------|--|--|--|--|--|-------------------|---|------|--------|--|--|--|--|--|------|--------|--|--|--|--------|--|------------------------------|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|--|------|-------|--------|-------|-------|-------|--|---------------|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|--|------|-------|-------|------|-------|------|--|------|-------|-------|------|-------|------|--|-------|-------|-------|------|-------|------|--|-------------|---|-------|-------|-------|------|-------|------|--|-------|-------|-------|------|--------|------|--|---|---|-------|-------|--|--|--|--|--|-------|-------|--|--|--|--|--|-------|-------|--|--|--|--|--|-------|-------|--|--|--|--|--|--|---|--------|-------|--|--|--|--|--|--------|-------|--|--|--|--|--|---------|-------|--|--|--|--|--|--|--|
| UBICACIÓN: | DISTRITO DE CACATACHI, LOC. RUMIZAPA, PROVINCIA DE SAN MARTIN, LAMAS, DPTO. SAN MARTIN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA: | AGREGADO FINO PARA ASFALTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>MUESTRA <input type="text" value="ARENA PARA ASFALTO"/></p> <p>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS. PIEDRA CHANCADA</p> <p>1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM C 33-83)</p> <p>Peso Inicial Seco, [gr] <input type="text" value="3024.00"/></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Mallas</th> <th rowspan="2">Abertura [mm]</th> <th rowspan="2">Peso retenido [grs]</th> <th rowspan="2">Percent.Ret. [%]</th> <th rowspan="2">Percent.Ret. Acumulado [%]</th> <th rowspan="2">Percent.Acum. Pasante [%]</th> <th rowspan="2">Especificaciones Técnicas ASTM C-33 HUSO 457</th> <th colspan="2">Características físicas</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2"</td> <td>50.800</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td rowspan="2">Diámetro nominal máximo.</td> <td rowspan="2">3/8"</td> </tr> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>37.500</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td>25.400</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td rowspan="2">Módulo de finura.</td> <td rowspan="2">-</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>19.050</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>12.700</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>100.00</td> <td></td> <td rowspan="2">Peso específico seco (gr/cc)</td> <td rowspan="2">-</td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>9.525</td> <td>597.5</td> <td>19.76</td> <td>19.76</td> <td>80.24</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1/4"</td> <td>6.350</td> <td>1495.0</td> <td>49.44</td> <td>69.20</td> <td>30.80</td> <td></td> <td rowspan="4">Absorción (%)</td> <td rowspan="4">-</td> </tr> <tr> <td>Nº 4</td> <td>4.760</td> <td>523.9</td> <td>17.32</td> <td>86.52</td> <td>13.48</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 6</td> <td>3.360</td> <td>117.5</td> <td>3.89</td> <td>90.41</td> <td>9.59</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 8</td> <td>2.380</td> <td>152.5</td> <td>5.04</td> <td>95.45</td> <td>4.55</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 10</td> <td>2.000</td> <td>12.30</td> <td>0.41</td> <td>95.86</td> <td>4.14</td> <td></td> <td rowspan="2">Humedad (%)</td> <td rowspan="2">-</td> </tr> <tr> <td>Nº 16</td> <td>1.190</td> <td>26.70</td> <td>0.88</td> <td>96.74</td> <td>3.26</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 20</td> <td>0.840</td> <td>98.70</td> <td>3.26</td> <td>100.00</td> <td>0.00</td> <td></td> <td rowspan="4">Peso unitario suelto (Kg/m³)</td> <td rowspan="4">-</td> </tr> <tr> <td>Nº 30</td> <td>0.590</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 40</td> <td>0.426</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 50</td> <td>0.297</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 80</td> <td>0.177</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td rowspan="3">Peso unitario compactado(Kg/m³)</td> <td rowspan="3">-</td> </tr> <tr> <td>Nº 100</td> <td>0.149</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 200</td> <td>0.074</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><Nº 200</td> <td>0.000</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | | | Mallas | Abertura [mm] | Peso retenido [grs] | Percent.Ret. [%] | Percent.Ret. Acumulado [%] | Percent.Acum. Pasante [%] | Especificaciones Técnicas ASTM C-33 HUSO 457 | Características físicas | | | | 2" | 50.800 | | | | | | Diámetro nominal máximo. | 3/8" | 1 1/2" | 37.500 | | | | | | 1" | 25.400 | | | | | | Módulo de finura. | - | 3/4" | 19.050 | | | | | | 1/2" | 12.700 | | | | 100.00 | | Peso específico seco (gr/cc) | - | 3/8" | 9.525 | 597.5 | 19.76 | 19.76 | 80.24 | | 1/4" | 6.350 | 1495.0 | 49.44 | 69.20 | 30.80 | | Absorción (%) | - | Nº 4 | 4.760 | 523.9 | 17.32 | 86.52 | 13.48 | | Nº 6 | 3.360 | 117.5 | 3.89 | 90.41 | 9.59 | | Nº 8 | 2.380 | 152.5 | 5.04 | 95.45 | 4.55 | | Nº 10 | 2.000 | 12.30 | 0.41 | 95.86 | 4.14 | | Humedad (%) | - | Nº 16 | 1.190 | 26.70 | 0.88 | 96.74 | 3.26 | | Nº 20 | 0.840 | 98.70 | 3.26 | 100.00 | 0.00 | | Peso unitario suelto (Kg/m ³) | - | Nº 30 | 0.590 | | | | | | Nº 40 | 0.426 | | | | | | Nº 50 | 0.297 | | | | | | Nº 80 | 0.177 | | | | | | Peso unitario compactado(Kg/m ³) | - | Nº 100 | 0.149 | | | | | | Nº 200 | 0.074 | | | | | | <Nº 200 | 0.000 | | | | | | | |
| Mallas | Abertura [mm] | Peso retenido [grs] | Percent.Ret. [%] | Percent.Ret. Acumulado [%] | Percent.Acum. Pasante [%] | Especificaciones Técnicas ASTM C-33 HUSO 457 | Características físicas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | | | Diámetro nominal máximo. | 3/8" | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2" | 37.500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | | Módulo de finura. | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | 100.00 | | Peso específico seco (gr/cc) | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/8" | 9.525 | 597.5 | 19.76 | 19.76 | 80.24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/4" | 6.350 | 1495.0 | 49.44 | 69.20 | 30.80 | | Absorción (%) | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 4 | 4.760 | 523.9 | 17.32 | 86.52 | 13.48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 6 | 3.360 | 117.5 | 3.89 | 90.41 | 9.59 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 8 | 2.380 | 152.5 | 5.04 | 95.45 | 4.55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 10 | 2.000 | 12.30 | 0.41 | 95.86 | 4.14 | | Humedad (%) | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 16 | 1.190 | 26.70 | 0.88 | 96.74 | 3.26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 20 | 0.840 | 98.70 | 3.26 | 100.00 | 0.00 | | Peso unitario suelto (Kg/m ³) | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 30 | 0.590 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 40 | 0.426 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 50 | 0.297 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 80 | 0.177 | | | | | | Peso unitario compactado(Kg/m ³) | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 100 | 0.149 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº 200 | 0.074 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <Nº 200 | 0.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

| OBJETO: | PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD EN LA CARRETERA CACATACHI – RUMISAPA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN | | | | | | | | | |
|---|---|---------------------|------------------|----------------------------|---------------------------|--|--|---|------|--|
| UBICACIÓN: | DISTRITO DE CACATACHI, LOC. RUMISAPA, PROVINCIA DE SAN MARTIN, LAMAS, DPTO. SAN MARTIN | | | | | | | | | |
| TIPO DE MUESTRA: | AGREGADO FINO PARA ASFALTO | | | | | | | | | |
| MUESTRA | ARENA PARA ASFALTO | | | | | | | | | |
| CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS. ARENA CHANCADA | | | | | | | | | | |
| 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM C 33-83) | | | | | | | | | | |
| Peso Inicial Seco, [gr] | | 600.00 | | | | | | | | |
| Mallas | Abertura [mm] | Peso retenido [grs] | Percent.Ret. [%] | Percent.Ret. Acumulado [%] | Percent.Acum. Pasante [%] | Especificaciones Técnicas ASTM C-33 HUSO 457 | | Características físicas | | |
| 2" | 50.800 | | | | | | | Diámetro nominal máximo. | 1/4" | |
| 1 1/2" | 37.500 | | | | | | | Módulo de finura. | - | |
| 1" | 25.400 | | | | | | | Peso específico seco (gr/cc) | - | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | | | Absorción (%) | - | |
| 1/2" | 12.700 | | | | | | | Humedad (%) | - | |
| 3/8" | 9.525 | | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | | Peso unitario suelto (Kg/m ³) | - | |
| 1/4" | 6.350 | 10.5 | 1.75 | 1.75 | 98.25 | | | Peso unitario compactado (Kg/m ³) | - | |
| Nº 4 | 4.760 | 77.3 | 12.88 | 14.63 | 85.37 | | | | | |
| Nº 6 | 3.360 | 109.5 | 18.25 | 32.88 | 67.12 | | | | | |
| Nº 8 | 2.380 | 116.5 | 19.42 | 52.30 | 47.70 | | | | | |
| Nº 10 | 2.000 | 41.30 | 6.88 | 59.18 | 40.82 | | | | | |
| Nº 16 | 1.190 | 66.20 | 11.03 | 70.21 | 29.79 | | | | | |
| Nº 20 | 0.840 | 29.30 | 4.88 | 75.09 | 24.91 | | | | | |
| Nº 30 | 0.590 | 20.10 | 3.35 | 78.44 | 21.56 | | | | | |
| Nº 40 | 0.426 | 25.10 | 4.18 | 82.62 | 17.38 | | | | | |
| Nº 50 | 0.297 | 14.10 | 2.35 | 84.97 | 15.03 | | | | | |
| Nº 80 | 0.177 | 23.60 | 3.93 | 88.90 | 11.10 | | | | | |
| Nº 100 | 0.149 | 10.30 | 1.72 | 90.62 | 9.38 | | | | | |
| Nº 200 | 0.074 | 18.30 | 3.05 | 93.67 | 6.33 | | | | | |
| <Nº 200 | 0.000 | 38.00 | 6.33 | 100.00 | 0.00 | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

| PROYECTO: | | PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD EN LA CARRETERA CACATACHI – RUMISAPA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|--|-------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|------------------------|-------------|
| UBICACIÓN : | | DISTRITO DE CACATACHI, LOC. RUMIZAPA, PROVINCIA DE SAN MARTIN, LAMAS, DPTO. SAN MARTIN | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA | | MEZCLA RIO HUALLAGA + ARENA CUMBAZA PARA ASFALTO | | | | | | | | | | | | | |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | | | | | | | | | | | | | | | |
| MALLAS SERIE AMERICANA | DESCRIPCIÓN | GRAVA CHANCADA HUALLAGA | | ARENA CHANCADA HUALLAGA | | | | | | | | ARENA NATURAL CUMBAZA | | RESULTADO DE MEZCLA | |
| | ABERTURA (mm) | RET. (%) | PASA (%) | RET. (%) | PASA (%) | RET. (%) | PASA (%) | RET. (%) | PASA (%) | RET. (%) | PASA (%) | RET. (%) | PASA (%) | RET. (%) | PASA (%) |
| 3" | 76.200 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | | | | | | | | | 100.0 |
| 2" | 50.800 | | | | | | | | | | | | | | - 100.0 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | | | | | | | | | - 100.0 |
| 1" | 25.400 | | | | | | | | | | | | | | - 100.0 |
| 3/4" | 19.050 | | | | | | | | | | | | | | - 100.0 |
| 1/2" | 12.700 | | 100.0 | | | | | | | | | | | | - 100.0 |
| 3/8" | 9.525 | 19.8 | 80.2 | | 100.0 | | | | | | | | 100.0 | | 5.5 94.5 |
| 1/4" | 6.350 | 49.4 | 30.8 | 1.8 | 98.2 | | | | | | | 2.2 | 97.8 | | 15.2 79.3 |
| Nº 4 | 4.760 | 17.3 | 13.5 | 12.9 | 85.3 | | | | | | | 0.4 | 97.4 | | 11.6 67.7 |
| Nº 6 | 3.360 | 3.9 | 9.6 | 18.3 | 67.0 | | | | | | | 0.7 | 96.7 | | 10.7 57.0 |
| Nº 8 | 2.380 | 5.0 | 4.6 | 19.4 | 47.6 | | | | | | | 2.3 | 94.4 | | 12.0 45.0 |
| Nº 10 | 2.000 | 0.4 | 4.2 | 6.9 | 40.7 | | | | | | | 0.9 | 93.5 | | 3.9 41.1 |
| Nº16 | 1.190 | 0.9 | 3.3 | 11.0 | 29.7 | | | | | | | 4.5 | 89.0 | | 6.9 34.2 |
| Nº 20 | 0.840 | 3.3 | 0.0 | 4.9 | 24.8 | | | | | | | 5.9 | 83.1 | | 4.6 29.6 |
| Nº 30 | 0.590 | - | 0.0 | 3.4 | 21.4 | | | | | | | 10.7 | 72.4 | | 3.9 25.7 |
| Nº 40 | 0.426 | - | 0.0 | 4.2 | 17.2 | | | | | | | 12.7 | 59.7 | | 4.7 21.0 |
| Nº 50 | 0.297 | - | 0.0 | 2.4 | 14.8 | | | | | | | 17.5 | 42.2 | | 4.7 16.3 |
| Nº 80 | 0.177 | - | 0.0 | 3.9 | 10.9 | | | | | | | 22.5 | 19.7 | | 6.5 9.8 |
| Nº 100 | 0.149 | - | 0.0 | 1.7 | 9.2 | | | | | | | 3.1 | 16.6 | | 1.5 8.3 |
| Nº 200 | 0.074 | - | 0.0 | 3.1 | 6.1 | | | | | | | 12.3 | 4.3 | | 4.0 4.3 |
| -200 | - | - | - | 6.3 | - | | | | | | | 4.3 | - | | 4.1 - |
| OBSERVACIONES: _____ | | | | | | | | | | | | | | | |
| _____ | | | | | | | | | | | | | | | |
| _____ | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

| | |
|--------------------|---|
| PROYECTO: | PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD EN LA CARRETERA CACATACHI – RUMISAPA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN |
| UBICACIÓN : | DISTRITO DE CACATACHI, LOC. RUMIZAPA, PROVINCIA DE SAN MARTIN, LAMAS, DPTO. SAN MARTIN |
| MUESTRA: | AGREGADO FINO PARA ASFALTO |

MUESTRA **ARENA PARA ASFALTO**

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS. ARENA ZARANDEADA

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM C 33-83)

| | |
|-------------------------|--------|
| Peso Inicial Seco, [gr] | 526.00 |
|-------------------------|--------|

| Mallas | Abertura [mm] | Peso retenido [grs] | Porcent.Ref. [%] | Porcent.Ref. Acumulado [%] | Porcent.Acum. Pasante [%] | Especificaciones Técnicas ASTM C-33 HUSO 457 | Características físicas | |
|---------|---------------|---------------------|------------------|----------------------------|---------------------------|--|--|------|
| 2" | 50.800 | | | | | | Diámetro nominal máximo. | 1/4" |
| 1 1/2" | 37.500 | | | | | | Módulo de finura. | |
| 1" | 25.400 | | | | | | Peso específico seco (gr/cc) | 0.00 |
| 3/4" | 19.050 | | | | | | Absorción (%) | 0.00 |
| 1/2" | 12.700 | | | | | | Humedad (%) | 0.00 |
| 3/8" | 9.525 | | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | Peso unitario suelto (Kg/m ³) | - |
| 1/4" | 6.350 | 11.6 | 2.21 | 2.21 | 97.79 | | Peso unitario compactado(Kg/m ³) | - |
| Nº 4 | 4.760 | 2.3 | 0.44 | 2.65 | 97.35 | | | |
| Nº 6 | 3.360 | 3.5 | 0.67 | 3.32 | 96.68 | | | |
| Nº 8 | 2.380 | 11.9 | 2.26 | 5.58 | 94.42 | | | |
| Nº 10 | 2.000 | 4.90 | 0.93 | 6.51 | 93.49 | | | |
| Nº 16 | 1.190 | 23.90 | 4.54 | 11.05 | 88.95 | | | |
| Nº 20 | 0.840 | 31.20 | 5.93 | 16.98 | 83.02 | | | |
| Nº 30 | 0.590 | 56.20 | 10.68 | 27.66 | 72.34 | | | |
| Nº 40 | 0.426 | 67.00 | 12.74 | 40.40 | 59.60 | | | |
| Nº 50 | 0.297 | 92.20 | 17.53 | 57.93 | 42.07 | | | |
| Nº 80 | 0.177 | 118.20 | 22.47 | 80.40 | 19.60 | | | |
| Nº 100 | 0.149 | 16.50 | 3.14 | 83.54 | 16.46 | | | |
| Nº 200 | 0.074 | 64.70 | 12.30 | 95.84 | 4.16 | | | |
| <Nº 200 | 0.000 | 21.90 | 4.16 | 100.00 | 0.00 | | | |

Fuente: Elaboración Propia

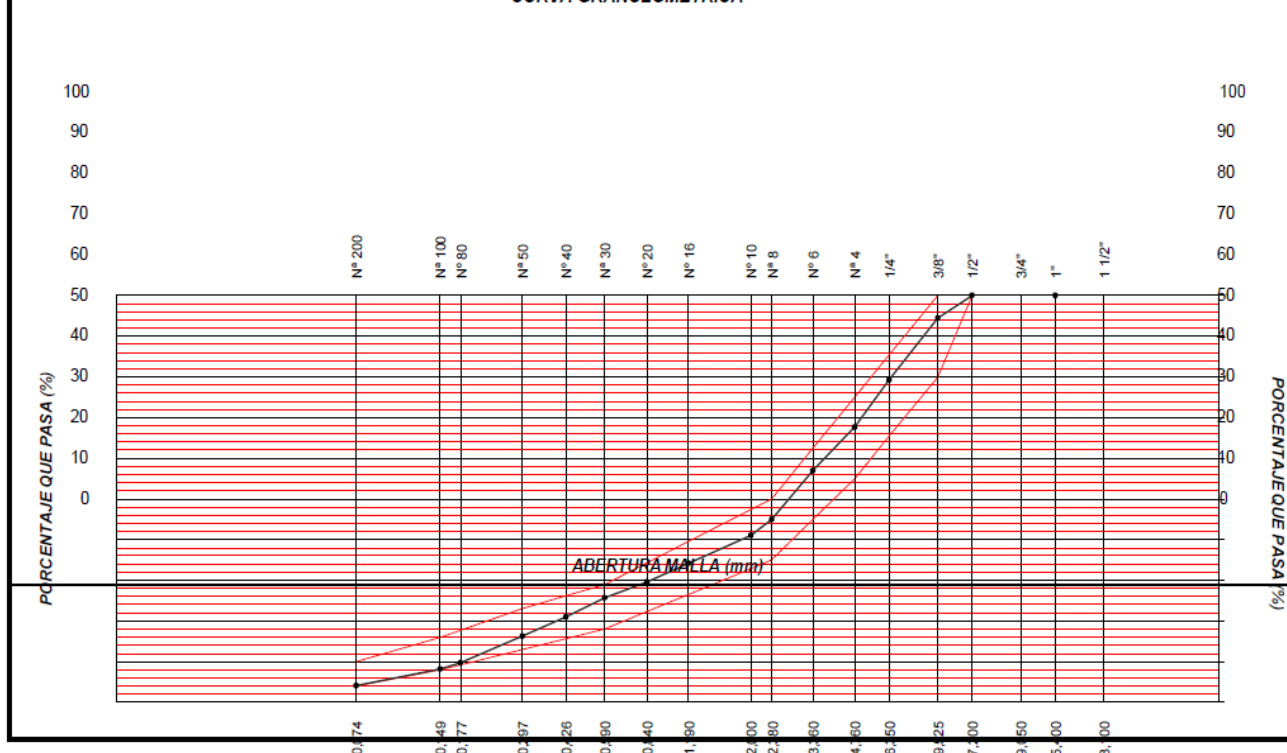
| | |
|-------------|--|
| PROYECTO : | PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD EN LA CARRETERA CACATACHI – RUMISAPA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN |
| UBICACIÓN : | DISTRITO DE CACATACHI, LOC. RUMISAPA, PROVINCIA SAN MARTÍN, LAMAS, DPTO. SAN MARTIN |
| MUESTRA : | MEZCLA DE AGREGADOS PARA ASFALTO |
| | FECHA : Oct/2021 |

MEZCLA DE AGREGADOS

| MALLAS SERIE AMERICANA | GRANULOMETRÍA RESULTANTE | | | | RESUMEN DE ENSAYO | |
|------------------------|--------------------------|-------------|-------|-----------|-------------------|-----|
| | ABERTURA (mm) | RETIENE (%) | | GRADACIÓN | IV-a | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | 100.0 | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | 100.0 | 100 | | |
| 3/8" | 9.525 | 5.5 | 94.5 | 80 | - | 100 |
| 1/4" | 6.350 | 15.2 | 79.3 | 65 | - | 85 |
| N° 4 | 4.760 | 11.6 | 67.6 | 55 | - | 75 |
| N° 6 | 3.360 | 10.7 | 56.9 | 45 | - | 62 |
| N° 8 | 2.380 | 12.0 | 45.0 | 35 | - | 50 |
| N° 10 | 2.000 | 3.9 | 41.1 | 33 | - | 47 |
| N° 16 | 1.190 | 6.9 | 34.2 | 27 | - | 40 |
| N° 20 | 0.840 | 4.6 | 29.6 | 22 | - | 34 |
| N° 30 | 0.590 | 3.9 | 25.7 | 18 | - | 29 |
| N° 40 | 0.426 | 4.7 | 21.0 | 16 | - | 26 |
| N° 50 | 0.297 | 4.7 | 16.2 | 13 | - | 23 |
| N° 80 | 0.177 | 6.5 | 9.7 | 9 | - | 18 |
| N° 100 | 0.149 | 1.5 | 8.2 | 8 | - | 16 |
| N° 200 | 0.074 | 4.0 | 4.1 | 4 | - | 10 |
| - N° 200 | | 4.1 | - | | | |

| RESUMEN DE ENSAYO | |
|--|-------|
| PROPORCIONES DE MEZCLA DE AGREGADOS | |
| (1) A. CUMB | = 28% |
| (2) A. CHANC | = 40% |
| (3) GRAVA | = 32% |
| PROPORCIONES EN LA MEZCLA RESULTANTE | |
| - AGREGADO GRUESO | = 32% |
| - AGREGADO FINO | = 68% |
| - Especificaciones del INSTITUTO DEL ASFALTO | |
| OBSERVACIONES: | |
| - Especificaciones del INSTITUTO DEL ASFALTO | |
| - Procedente de la cantera: | |
| (1) "Cantera Huallaga, piedra chancada" | |
| (2) "Cantera Huallaga arena chancada" | |
| (3) "Cantera Cumbaza arena zarandeada" | |

CURVA GRANULOMÉTRICA



Fuente: Elaboración Propia

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE (METODO MARSHALL). ASTM D 1559

1 - Datos Iniciales:

| | | | | | | | | | | |
|-------------------|---|--------------------|------|----------------------|-------|------------|--|----------------------|--------|--|
| PROYECTO: | PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD EN LA CARRETERA CACATACHI – RUMISAPA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN | | | | | | | | | |
| Ubicación: | Prov | San Martín - Lamas | Dist | Cacatachi - Rumizapa | Dpto. | San Martín | Peso Especifico Real de PEN 40-50 (g): | 1.0120 | gr/cm3 | |
| Cantera: | RIO HUALLAGA. AGREGADO INTEGRAL CHANCADO Y ZARANDEADO. | | | | | | Peso Especifico Bulk de los Agregados (I): | 2.6300 | gr/cm3 | |
| Norma: | ASTM D-1559 - Método Marshall | | | | | | Coficiente y (Recta de ajuste del anillo): | (X*4.38868)+10.11315 | Kgf | |

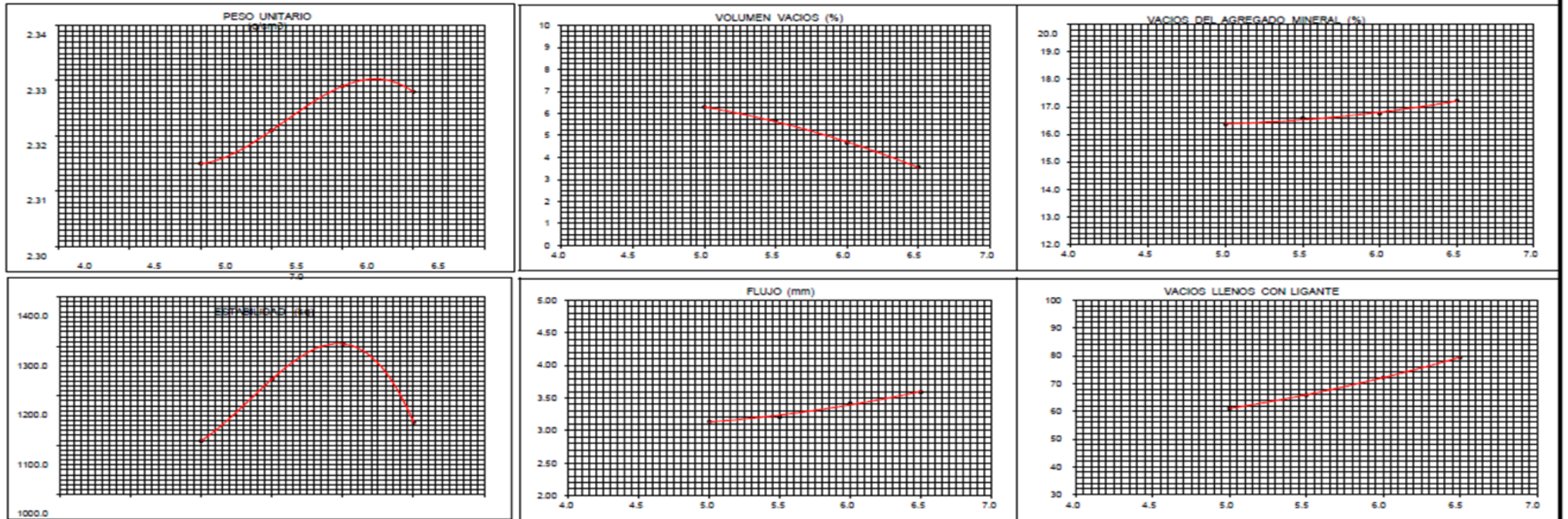
2 - Moldeo y Ruptura:

| NUMERO DE LA BRIQUETA | TEOR DE C.A.P. | PESO | | | | VOLUMEN - | PESO ESPECIFICO | | | VACIOS | | | | ESTABILIDAD | | | | FLU | |
|-----------------------|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------|
| | | AL AIRE | S..S.S | AL AGUA | | | BULK | MAX | MAX RICE | V.Vacios | V asf efect | V.A.M. | V.F.A | LECTURA | CÁLCULO | FACTOR | EFFECTIVA | LECTURA | R=EST |
| | | A | B1 | C | D=B1-C | | E=B/D | F | RICE | G=(F-E)/F | H=100-(G- | I=G+H | J=H/I | K | L=f(K) | M | N=LxM | O | P=N/O |
| - | % | g | g | g | cm3 | g/cm3 | g/cm3 | g/cm3 | % | % | % | % | 0,001 mm | kg | C.P. | kg | mm | - | |
| 1 | 4.5 | 1276.0 | 1279.0 | 725.0 | 554.0 | 2.303 | | 2.485 | 7.32 | 9.05 | 16.37 | 55.28 | 273 | 1208 | 0.89 | 1075 | 3.00 | 358 | |
| 2 | 4.5 | 1277.0 | 1284.0 | 731.0 | 553.0 | 2.309 | | 2.485 | 7.08 | 9.08 | 16.16 | 56.19 | 275 | 1217 | 0.89 | 1083 | 3.10 | 349 | |
| 3 | 4.5 | 1287.0 | 1291.0 | 732.0 | 559.0 | 2.302 | | 2.485 | 7.36 | 9.05 | 16.41 | 55.15 | 273 | 1208 | 0.89 | 1075 | 3.04 | 353 | |
| 4 | 4.5 | 1281.0 | 1285.0 | 730.0 | 555.0 | 2.308 | | 2.485 | 7.12 | 9.07 | 16.19 | 56.02 | 277 | 1226 | 0.89 | 1091 | 3.00 | 363 | |
| Promedio | 4.5 | 1280.3 | 1284.8 | 729.5 | 555.3 | 2.306 | | 2.484 | 7.22 | 9.06 | 16.3 | 55.7 | 274.5 | 1215 | 0.89 | 1081.0 | 3.04 | 3562 | |
| 5 | 5.0 | 1279.0 | 1282.0 | 729.0 | 553.0 | 2.313 | | 2.473 | 6.47 | 9.98 | 16.45 | 60.67 | 283 | 1252 | 0.89 | 1114 | 3.18 | 350 | |
| 6 | 5.0 | 1278.0 | 1281.0 | 728.0 | 553.0 | 2.311 | | 2.473 | 6.55 | 9.97 | 16.52 | 60.35 | 282 | 1248 | 0.89 | 1110 | 3.18 | 349 | |
| 7 | 5.0 | 1281.0 | 1284.0 | 731.0 | 553.0 | 2.316 | | 2.473 | 6.35 | 9.99 | 16.34 | 61.14 | 282 | 1248 | 0.89 | 1110 | 3.05 | 364 | |
| 8 | 5.0 | 1279.0 | 1281.0 | 730.0 | 551.0 | 2.321 | | 2.473 | 6.15 | 10.01 | 16.16 | 61.94 | 280 | 1239 | 0.89 | 1103 | 3.18 | 347 | |
| Promedio | 5.0 | 1279.3 | 1282.0 | 729.5 | 552.5 | 2.315 | | 2.471 | 6.28 | 9.99 | 16.37 | 61.0 | 281.8 | 1247 | 0.89 | 1109.3 | 3.14 | 3530 | |
| 9 | 5.5 | 1275.0 | 1277.0 | 730.0 | 547.0 | 2.331 | | 2.461 | 5.28 | 10.96 | 16.24 | 67.49 | 325 | 1436 | 0.89 | 1278 | 3.20 | 399 | |
| 10 | 5.5 | 1275.0 | 1276.0 | 728.0 | 548.0 | 2.327 | | 2.461 | 5.44 | 10.95 | 16.39 | 66.81 | 305 | 1349 | 0.89 | 1200 | 3.30 | 363 | |
| 11 | 5.5 | 1281.0 | 1283.0 | 730.0 | 553.0 | 2.316 | | 2.461 | 5.89 | 10.89 | 16.78 | 64.90 | 315 | 1393 | 0.89 | 1239 | 3.18 | 390 | |
| 12 | 5.5 | 1278.0 | 1281.0 | 728.0 | 553.0 | 2.311 | | 2.461 | 6.10 | 10.86 | 16.96 | 64.03 | 310 | 1371 | 0.89 | 1220 | 3.18 | 384 | |
| Promedio | 5.5 | 1277.3 | 1279.3 | 729.0 | 550.3 | 2.321 | | 2.457 | 5.68 | 10.92 | 16.59 | 65.81 | 314 | 1387 | 0.89 | 1234.3 | 3.21 | 384 | |
| 13 | 6.0 | 1261.0 | 1263.0 | 720.0 | 543.0 | 2.322 | | 2.443 | 4.95 | 12.06 | 17.01 | 70.90 | 311 | 1375 | 0.93 | 1279 | 3.30 | 387 | |
| 14 | 6.0 | 1256.0 | 1258.0 | 720.0 | 538.0 | 2.335 | | 2.443 | 4.42 | 12.12 | 16.54 | 73.28 | 339 | 1498 | 0.93 | 1393 | 3.65 | 381 | |
| 15 | 6.0 | 1261.0 | 1263.0 | 721.0 | 542.0 | 2.327 | | 2.443 | 4.75 | 12.08 | 16.83 | 71.78 | 305 | 1349 | 0.93 | 1254 | 3.30 | 379 | |
| 16 | 6.0 | 1260.0 | 1262.0 | 722.0 | 540.0 | 2.333 | | 2.443 | 4.50 | 12.12 | 16.62 | 72.92 | 315 | 1393 | 0.93 | 1295 | 3.43 | 377 | |
| Promedio | 6.0 | 1259.5 | 1261.5 | 720.8 | 540.8 | 2.329 | | 2.440 | 4.66 | 12.10 | 16.75 | 72.22 | 318 | 1404 | 0.93 | 1305.3 | 3.42 | 381 | |
| 17 | 6.5 | 1252.0 | 1255.0 | 720.0 | 535.0 | 2.340 | | 2.414 | 3.07 | 13.74 | 16.81 | 81.74 | 269 | 1191 | 0.96 | 1143 | 3.43 | 333 | |
| 18 | 6.5 | 1244.0 | 1257.0 | 722.0 | 535.0 | 2.325 | | 2.414 | 3.69 | 13.65 | 17.34 | 78.72 | 272 | 1204 | 0.96 | 1156 | 3.68 | 313 | |
| 19 | 6.5 | 1240.0 | 1253.0 | 720.0 | 533.0 | 2.326 | | 2.414 | 3.65 | 13.66 | 17.31 | 78.91 | 268 | 1186 | 0.96 | 1139 | 3.56 | 320 | |
| 20 | 6.5 | 1240.0 | 1255.0 | 721.0 | 534.0 | 2.322 | | 2.414 | 3.81 | 13.64 | 17.45 | 78.17 | 270 | 1195 | 0.96 | 1147 | 3.68 | 311 | |
| Promedio | 6.5 | 1244.0 | 1255.0 | 720.8 | 534.3 | 2.328 | | 2.410 | 3.56 | 13.67 | 17.23 | 79.39 | 270 | 1194 | 0.96 | 1146.3 | 3.59 | 319 | |

3 - Mezcla Final:

| PARÁMETROS MARSHALL | ESPECIFICACIÓN | 5.8 | 6.0 | 6.2 | % CA (aditivo) | MATERIAL | AGREGADOS (%) | MEZCLA FINAL (%) | TON/M3 |
|------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------------|----------------------|---------------|------------------|--------|
| Peso Unitario Bulk (g/cm3) | 3 a 5 | 2.326 | 2.331 | 2.330 | 0.50 | Grava chanc. <1/2" | 32.0 | 30.1 | 0.701 |
| Volumen de Vacíos (%) | > 14 | 5.20 | 4.70 | 4.20 | | Arena nat. zarand. | 28.0 | 26.3 | 0.613 |
| Vacíos del Agregado | >81.5 | 16.10 | 16.20 | 16.30 | | Arena Chancada | 40.0 | 37.6 | 0.876 |
| Mineral (%) Estabilidad (kg) | 2 a 4 | 3.25 | 3.30 | 3.40 | | Gravilla <3/8" | | | |
| Flujo (mm) | | 68.0 | 71.0 | 74.0 | | Cemento port. tipo I | | 1.0 | 0.023 |
| Vacíos Llenos con Asfalto | 1700 a 4000 | 3969 | 3955 | 3765 | | CAP 40-50 | | 6.0 | 0.140 |
| VFA, % Índice de Rigidez | | | | | | TOTAL | 100.0 | 100.0 | 2.354 |
| Índice de Compactibilidad | >5 | 6.0 | 6.5 | 6.8 | | | | | |
| Estabilidad retenida | >75 | 96.3 | 97.0 | 97.8 | | | | | |

4 - Gráficos:



DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Datos de Diseño

| | |
|---|--|
| Tipo de Tránsito | : Liviano - Pesado |
| Índice Medio Diario | : 100 Vehículos |
| Vehículos Livianos | : 90.00 % |
| Vehículos Pesados | : 10.00 % |
| | Veh. Ligeros hasta 4000 lbs/eje = 90 Vehículos |
| | Veh. Ligeros > 4000 lbs/eje = 60 Vehículos |
| | pero < 8000 lbs/eje |
| | Vehículos Tipo C-2 = 10 Vehículos |
| | Vehículos Tipo C-3 = 4 Vehículos |
| | 90.00 % (Vehículos Livianos) |
| | 10.00 % (Vehículos Pesados) |
| Condiciones del Tipo de Carretera | : Pavimentadas con bajo volumen de tránsito |
| Clasificación Funcional | : Local |
| Número de Carriles | : 02 carril |
| Periodo de Diseño "Pd" | : 20 años |
| Tasa de Crecimiento de Anual de Tránsito | : 2.0 % |
| Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) | : Pi = 4.0 |
| Índice de Serviciabilidad Final (Pf) | : Pf = 2.0 |
| C.B.R. Sub Rasante Natural | : 4.86 % (C.B.R. Como Mínimo al 95% de Compactación) |
| C.B.R. Sub Base | : 71.40 % (C.B.R. al 100% de Compactación) |
| C.B.R. Base | : 102.20 % (C.B.R. al 100% de Compactación) |
| Temperatura Media de la Zona | : 26.0 °C |
| Calidad de Drenaje | : REGULAR |

Procedimiento de Cálculo

1. **Cálculo del Factor de Crecimiento:** Factor de Crecimiento = $\frac{(1+r)^n - 1}{r}$

Factor de Crecimiento = 24.3

2. **Determinación del Número de Ejes Equivalentes en el Carril de Diseño para el Período de Diseño :**

| Tipo de Vehículo | Nº veh./día (02 sent.) | Nº veh./día (01 sent.) | Nº veh./año | F.C. | ESAL en carril de diseño | Factor de Crecimiento | ESALdiseño |
|---|---------------------------|---------------------------|-------------|-------|--------------------------------|--------------------------|------------|
| Veh. Ligeros hasta 4000 lbs | 40.00 | 20.00 | 7,300.00 | 0.002 | 14.60 | 24.3 | 355.00 |
| Veh. Ligeros entre > 4000 lbs. hasta 8000 lbs. | 37.00 | 18.50 | 6,752.50 | 0.030 | 202.60 | 24.3 | 4923.00 |
| Vehículos Tipo C-2 | 13.00 | 6.50 | 2,372.50 | 3.560 | 8,446.10 | 24.3 | 205240.00 |
| Vehículos Tipo C-3 | 10.00 | 5.00 | 1,825.00 | 2.530 | 4,617.30 | 24.3 | 112200.00 |
| Total | 100.00 | 50.00 | 18,250.00 | 6.12 | 13,280.60 | | 322,718.00 |
| | | | | | | W₁₈ = | 3.23E+05 |

3. **Tránsito en el Carril de Diseño (W_{18}):** $W_{18} = D_D \times D_L \times W_{18}^0$

Se considera para : $D_D = 1.00$ (Factor de Distribución Direccional)
 $D_L = 1.00$ (Factor de Distribución por Carril)

Entonces : $W_{18} = 322,718.00$
 $W_{18} = 3.23E+05$

4. **Factor de Confiabilidad "R" :** $R = 80 \%$ (Para una vía cuya funcionabilidad es local)

5. **Desviación Estandar Normal "Zr" :** $Z_r = -0.841$ (Obtenido en función de la confiabilidad)

6. **Perdida por Serviciabilidad " ΔPSI "** $\Delta PSI = P_i - P_f$
 $\Delta PSI = 2.00$

7. **Módulo Resiliente Efectivo del Suelo "Mr" :** $Mr = 3000 \times C.B.R.^{0.65}$ (En psi) \Rightarrow Ec. "a"
 $Mr = 4326 \times \ln(C.B.R.) + 241$ (En psi) \Rightarrow Ec. "b"

a. Módulo resiliente de sub rasante natura = 8384 psi = 8.38 ksi

b. Módulo resiliente de sub base granular = 18706 psi = 18.71 ksi

c. Módulo resiliente de base = 20257 psi = 20.26 ksi

7. **Error Estandar "So" :** $So = 0.4$ (Se recomienda valores entre 0.40 y 0.50 para pavimentos flexibles)

9. **Número Estructural Requerido "SN" :**

a. **Número estructural requerido para Sub Rasante Natural :**

$SN = 2.25$

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r \cdot So + 4.86 \cdot \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.20 - 1.50}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log_{10}(Mr) - 8.07$$

$5.50 = 5.20$

b. **Número estructural requerido para Sub Base Granular :**

$SN = 1.90$

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r \cdot So + 4.86 \cdot \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.20 - 1.50}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log_{10}(Mr) - 8.07$$

$5.50 = 5.60$

c. Número estructural requerido para Base Granular :

$$SN = 1.85$$

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r \cdot S_o + 4.86 \cdot \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.20 - 1.50} \right) + 2.32 \cdot \log_{10}(Mr) - 8.07$$

$$5.50 = 5.60 + \frac{0.40}{(SN + 1)^{5.19}}$$

10. Coeficientes de Drenaje Recomendado "mi" : Para el proyecto se esta considerando una condición de drenaje: **REGULAR**

De acuerdo a esto se considera los siguientes niveles de humedad próximos a la saturación que son:

- a. **Para Sub Base Granular** : 5.0 % - 25.0 %
- b. **Para Base Granular** : 1.0 % - 5.0 %

Con estos datos referenciales de humedades próximos a la saturación, entramos a los monogramas respectivos de donde se obtendra los coeficientes de drenaje recomendado. De esta manera se obtuvo los siguientes valores:

- a. **Para Base Granular** : m2 = 1.00
- b. **Para Sub Base Granular** : m3 = 0.80

11. Coeficientes de Capas :

a. Carpeta asfáltica : Módulo de elasticidad "E" : **E = 475000 psi**

Coefficientes: **a1 = 0.46 pulg⁻¹**

b. Base Granular : Módulo resilente de Base Granular : 20257 psi
(C.B.R. = 102 %)

Coefficientes: **a2 = 0.13 pulg⁻¹**

c. Sub Base Granular : Módulo resilente de SubBase Granular 18706 psi
(C.B.R. = 71 %)

Coefficientes: **a3 = 0.06 pulg⁻¹**

12. Diseño de Espesores : Con el valor ESALdiseño entramos a tabla para encontrar los espesores mínimos recomendados:

Para un ESALdiseño de 322,718.00 tenemos :

a. Se sabe que la carpeta asfáltica se cimentará sobre la base granular, por tanto el espesor requerido para esta será:

Espesor carpeta asfáltica (Eca) :

$$Eca = \frac{SN \text{ (Base Granular)}}{a1}$$

$$Eca = 3.99 \text{ pulg.}$$

$$Eca = 4.00 \text{ pulg.}$$

Por recomendaciones de espesores mínimos de la AASHTO se tiene que para un ESALdiseño entre 50,001 - 150,000 se considere un espesor de 2.00 pulg.

Por tanto, se tiene: **Eca 1= 2.00 pulg.**

La diferencia se considera una espesor de colchón de piedra chancada (Ecpch) :

$$Ecpch = 2.00 \text{ pulg.}$$

b. Se sabe que la base granular se cimentará sobre la sub base granular, por tanto el espesor requerido para esta será:

Espesor base granular (Ebg) :

$$Ebg = \frac{SN \text{ (Sub Base Granular)} - (a1 \times Eca)}{(a2 \times m2)}$$

$$Ebg = 6.05 \text{ pulg.}$$

$$Ebg = 6.05 \text{ pulg.}$$

El espesor total es :

$$Ebg \text{ T} = Ebg + Ecpch$$

$$Ebg \text{ T} = 8 \text{ pulg.}$$

c. Se sabe que la sub base granular se cimentará sobre la sub rasante natural, por tanto el espesor requerido para esta

Para el cálculo solo tener en cuenta el Ebg (Espesor de base granular) obtenido inicialmente:

$$Ebg = 6.05 \text{ pulg.}$$

Espesor sub base granular (Esbg) :

$$Esbg = \frac{SN \text{ (Sub Base Granular)} - (a1 \times Eca) - (a2 \times m2 \times Ebg)}{(a3 \times m3)}$$

$$Esbg = 7.6 \text{ pulg.}$$

$$Esbg = 8.00 \text{ pulg.}$$

Resumen

13. Espesores a tener en consideración para un tránsito liviano - pesado :

a. Carpeta asfáltica : Espesor carpeta asfáltica = 2.00 pulg.

b. Base Granular : Espesor base granular = 8.00 pulg.

c. Sub Base Granular : Espesor sub base granular = 8.00 pulg

Nota: Se considera una sola capa en la estructura de sub base y base, debido a que estos tienen espesores mínimo De esta manera la estructura del pavimento será:

a. Carpeta asfáltica : Espesor carpeta asfáltica = 2.00 pulg.

b. Base Granular : Espesor base granular = 8.00 pulg.

b. Base Granular : Espesor base granular = 8.00 pulg

Espesor Parcial

A considerar : = 2.00 pulg.

A considerar : = 8.00 pulg.

A considerar : = 8.00 pulg.

Espesor Final

MAC = 5 cm.

BASE GRANULAR = 20.00 cm.

SUB BASE GRANULAR = 20.00 cm.

* SE RECOMIENDA MEJORAR Y/O ESTABILIZAR EL TERRENO DE FUNDACION YA QUE EL MENOR VALOR OBTENIDO EN EL ENSAYO DE CBR AL 95% ES DE 4.86 % LO QUE ES CONSIDERADO SUBRASANTE INSUFICIENTE

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. DISCUSIÓN

Una vez determinados los resultados de la investigación se procederá a realizar la discusión en base a los trabajos previos en relación a la línea de investigación.

Uno de los objetivos necesarios fue la de determinar las cargas de transitabilidad vehicular para el diseño del paquete estructural de la Carretera Cacatachi – Rumisapa, lo cual según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones se realizó un conteo vehicular con el propósito de determinar los tipos de vehículos, así como también la cantidad de estos y de esta manera hallar el peso que afecta a estas calles durante su periodo de diseño de 20 años.

También fue necesario fijar como uno de los objetivos el determinar las propiedades del terreno de fundación de la Carretera analizadas para lo cual fue necesario realizar calicatas en dichas calles para obtener muestras para su estudio en el laboratorio de los cuales se obtuvo el valor del CBR necesario para esta investigación ya que con este dato es posible hallar el módulo de resiliencia de la subrasante.

(Gaspar, 2015), en su investigación realizó estudios de suelos con los cuales obtuvo el valor del CBR al 107.20% al 100% de compactación el cual es de 12.00% para un suelo Limo arcilloso de color café en comparación al CBR de esta investigación de 77.50% al 95% de compactación. El valor del CBR es de suma importancia para realizar el diseño estructural del pavimento.

Una vez obtenidos los datos de los estudios de tránsito y los estudios de suelos se procedió a realizar el diseño del paquete estructural para la carretera en análisis haciendo uso de la metodología AASHTO 93 con lo cual se determinó los coeficientes de capa (a), número estructural (SN) y los espesores de cada capa.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Habiendo utilizado el método AASHTO 93 para realizar el diseño de la Carretera se obtuvo como factores de ejes equivalentes de 8.2t (EE) para un periodo de 20 años.
- Se realizaron estudios de suelos con el propósito de obtener las propiedades de las calles obteniendo de esta manera un CBR de 77.50 al 95% con 0.1” de penetración, este valor se usó para el diseño del pavimento flexible en ambas calles así también como el valor del módulo de resiliencia (Mr) que se obtiene a base del CBR.
- Una vez obtenidos los datos necesarios para el diseño estructural del pavimento flexible de la Carretera se procedió a determinar los mismos teniendo en cuenta las recomendaciones de la metodología AASHTO 93 con lo cual se determinaron los siguientes espesores.

| | | |
|--------------------------------------|--|-----------------------------|
| a. <u>Carpeta asfáltica</u> : | Espesor carpeta asfáltica = 2.00 pulg. | A considerar : = 2.00 pulg. |
| b. <u>Base Granular</u> : | Espesor base granular = 8.00 pulg. | A considerar : = 8.00 pulg. |
| b. <u>Base Granular</u> : | Espesor base granular = 8.00 pulg. | A considerar : = 8.00 pulg. |
| | Espesor Parcial | Espesor Final |

| | |
|-------------------|-------------|
| MAC | = 5 cm. |
| BASE GRANULAR | = 20.00 cm. |
| SUB BASE GRANULAR | = 20.00 cm. |

7.2 RECOMENDACIONES

- Como primera recomendación se sugiere hacer uso de los estudios de tránsito de esta investigación teniendo en cuenta los datos del crecimiento poblacional ya que este valor tiende a aumentar con el transcurrir de los años.
- Se sugiere hacer uso de los espesores determinado en esta investigación ya que se han obtenido mediante el uso de la metodología AASHTO 93 usan los valores recomendados por el manual de carreteras por lo cual su valor está comprobado.
- Los valores de los estudios de suelos fueron obtenidos en el laboratorio por lo cual estos valores son confiables y se recomienda su uso para una posterior obra de infraestructura vial.
- Se sugiere realizar un estudio de canteras cercanas a la Carretera analizadas para obtener los materiales que más se ajusten a las especificaciones requeridas para evitar posteriores problemas de falta de material.

CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- GÓMEZ. “Diseño Estructural del Pavimento Flexible para El Anillo Vial del Ovalo Grau – Trujillo – La Libertad”. Perú, 2014. Disponible en: http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/638/1/GOMEZ_SUSAN_PAVIMENTO_FLEXIBLE_%C3%93VALO.pdf.
- SALAMANCA; GODOY. “Diseño de la Vía Timana – Cosanza en Pavimento Flexible”. Colombia, 2013. Disponible en: <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/981/2/Dise%C2%A6ode%20la%20v%C2%A1a%20Timan%C3%ADCosanza%20en%20pavimento%20flexible.pdf>
- PINTO. “Método AASHTO para pavimento flexible”. Diseño de Pavimentos. Fecha de consulta: 03/07/2017. Disponible en: <http://ingenieriareal.com/metodo-aashto-parapavimento-flexible/>.
- Casana, R. (2018). Propuesta De Diseño Del Pavimento Flexible Para La Avenida Santo Toribio y Las Calles 7 Y 8 Del Asentamiento Humano Las Lomas Sector I-Distrito De Huanchaco - Trujillo - La Libertad, 2018. Universidad Privada De Trujillo.
- Herrera, N. (2014). Estudio Del Pavimento De Las Vías Del Barrio Salacalle, Perteneciente A La Parroquia Saquisilí, Cantón Saquisilí, Provincia De Cotopaxi Y Su Incidencia En La Calidad De Vida De Los Habitantes. Universidad Técnica De Ambato.
- Humpiri, K. (2015). "Análisis Superficial De Pavimentos Flexibles Para el Mantenimiento De Vías En La Región De Puno". Universidad Andina.
- Huamán, N, (2000), “Pavimentos Flexibles”. Editorial UNI, Lima Perú.

- Miranda, R. (2010). Deterioros en Pavimentos Flexibles y Rígidos. Universidad Austral de Chile.
- Pinchi, L. (2017). Diseño De Pavimento Flexible Con Carpeta Asfáltica En Caliente Tramo Banda De Shilcayo – Las Palmas. Universidad Nacional de San Martín –Tarapoto.
- Paredes, F y Delgado, J. (2019). Análisis comparativo de pavimento flexible y rígido para la reparación de las calles del centro del Distrito de Tarapoto. Universidad Nacional de San Martín –Tarapoto.
- Pilares, C. (2018). Análisis Del Comportamiento de Mezclas Asfálticas En Caliente Con Fibras De Polipropileno Incorporada Para Condiciones De Zonas De Altura. Universidad San Ignacio de Loyola.
- Rosales, J. (2019). Resistencia a la deformación de una mezcla asfáltica en caliente con adición de un 10% por cenizas de carbón mineral. Universidad San Pedro.