

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**“ALTERNATIVAS PARA LA TRANSITABILIDAD
AL ANEXO HUACACORRAL DEL DISTRITO DE
GUADALUPITO – VIRÚ – LA LIBERTAD”**

TESISTAS:

Bach. ALEJOS PEREZ MILTON EMERZON

Bach. CÁCERES VIDAL JULIO CÉSAR JEAN PIERRE

ASESORA:

Ing. JANET VERÓNICA SAAVEDRA VERA

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

SEPTIEMBRE 2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**“ALTERNATIVAS PARA LA TRANSITABILIDAD
AL ANEXO HUACACORRAL DEL DISTRITO DE
GUADALUPITO – VIRÚ – LA LIBERTAD”**

TESISTAS:

Bach. ALEJOS PEREZ MILTON EMERZON

Bach. CÁCERES VIDAL JULIO CÉSAR JEAN PIERRE

REVISADO POR:

Ing. Saavedra Vera, Janet Verónica
ASESORA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**“ALTERNATIVAS PARA LA TRANSITABILIDAD
AL ANEXO HUACACORRAL DEL DISTRITO DE
GUADALUPITO – VIRÚ – LA LIBERTAD”**

SUSTENTADA Y APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

Ms.Ing. León Bobadilla, Abner Itamar
PRESIDENTE

Ing. Saavedra Vera, Janet Verónica
SECRETARIA

Ing. Olascuaga Cruzado, Cirilo Lino
INTEGRANTE

DEDICATORIA

A Dios, quien me guía con su luz y verdad y está presente en todos los pasos de mi vida.

A mis Padres, Rosaura, Eliseo y mi abuelita Eudolia, por dedicarme su vida entera, por estar siempre presente con ese amor incomparable, sabios consejos, abnegada labor y enseñarme a valorar todas las cosas que se logran en la vida.

A mis hermanos Elizabeth, Renny, Jony y Cecilia, por su cariño, por ese apoyo incondicional y por ser también mis motivos para seguir adelante.

A mi adorado y hermoso hijo Santiago quién ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y llegar a ser un ejemplo para él.

A mi adorada y hermosa esposa Karen por brindarme su cariño y amor, has estado conmigo incluso en los momentos más difíciles, este proyecto no fue fácil, pero tú estuviste motivándome y ayudándome.

MILTON ALEJOS

DEDICATORIA

A Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme la fuerza para seguir adelante y no desmayar ni desfallecer en el intento.

A mi familia fortaleza de mi vida

A mi padre Juan de Dios Cáceres Jiménez, por su apoyo, sus consejos, su amor y por ayudarme con todos los recursos necesarios para poder culminar mis estudios universitarios.

A mi querida madre Francisca Vidal Ibáñez, que físicamente no la tengo a mi lado siempre me enseñó desde niño que los sueños y metas se cumplen cuando uno tiene determinación, se esfuerza y realiza las cosas de corazón, para ella que se encuentra en el cielo todos mis logros y triunfos van dedicados con todo mi amor.

Y a la persona que me acompaña más de 4 años en los momentos más difíciles y alegres de mi vida; quien me enseñó que la vida es bella respetando y amando a tu prójimo, quien me alentó a su manera para salir adelante y tener un futuro mejor. Agradezco de todo corazón a mi esposa Tania Melissa.

JULIO CÁCERES VIDAL

AGRADECIMIENTO

A Dios por mantener a nuestra familia unida y con buena salud, por protegernos de todo lo malo y darnos la fuerza necesaria para seguir adelante.

Damos gracias a la vida, por la oportunidad de realizar este trabajo, y por haber conocido a muchas personas que colaboraron para hacer nuestros sueños una realidad.

A todos los docentes de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Santa, por brindarnos sus conocimientos y experiencias.

A todas las personas que de una u otra manera nos apoyaron en la realización de esta tesis, pues por más pequeña o grande que haya sido su intervención ha sido muy valiosa y considerada, a todos muchas gracias.

MILTÓN ALEJOS PEREZ

JULIO CÉSAR JEAN CÁCERES VIDAL

ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 Generalidades.....	5
1.2 Plan de la Investigación.....	6
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Accesibilidad.....	21
2.2 Red Vial Nacional.....	23
2.3 Estudio de las rutas.....	29
2.4 Pavimento.....	33
2.4.1 Diseño de pavimentos.....	36
2.4.2 Pavimentos flexibles.....	39
2.4.3 Parámetros de Diseño Método AASHTO 1993.....	40
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
3.1 Descripción.....	43
3.2 Conectividad o cohesión.....	46
3.3 Accesibilidad.....	47
3.4 Accesibilidad absoluta y Relativa.....	49
3.5 Diseño de pavimentos.....	52
3.6 Método AASHTO Versión 93.....	60
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	64
4.1 Introducción.....	64
4.2 Datos.....	64

4.3 Clasificación	65
4.4 Unidad Geográfica	65
4.5 Cálculo de Accesibilidad.....	66
4.6 Evaluación de Rutas	68
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
5.1 CONCLUSIONES.....	71
5.2 RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS	76

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo presentar la aplicación de una metodología para determinar el camino óptimo a partir del cálculo de los cambios de accesibilidad debido a los aspectos de la rodadura de la red vial y la pendiente. Para la comunidad de Huacacorral, desde siempre la accesibilidad a los servicios de salud, ha sido su principal problema; a pesar de ser un anexo con permanente actividad agrícola. Por lo cual, en esta investigación, evaluamos las posibles rutas para encontrar el camino óptimo para trasladarse en menor tiempo del Anexo Huacacorral a un centro de salud más próximo.

ABSTRACT

This research aims to present the application of a methodology to determine the optimal path from the calculation of accessibility changes due to aspects of the running of the road network and the slope. For Huacacorral community has always accessibility to health services, has been the main problem; despite being an annex with permanent agriculture. Therefore, in this study , we evaluated the possible routes to find the optimal way to travel in less time Annex Huacacorral to the nearest health center.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

1.1.1 TÍTULO

“ALTERNATIVAS PARA LA TRANSITABILIDAD AL ANEXO
HUACACORRAL DEL DISTRITO DE GUADALUPITO – VIRÚ – LA
LIBERTAD”

1.1.2 PERSONAL INVESTIGADOR

Tesistas:

Bachiller: ALEJOS PEREZ MILTÓN.

Bachiller: CÁCERES VIDAL JULIO CÉSAR JEAN.

Asesora:

ING. JANET VERÓNICA SAAVEDRA VERA.

1.1.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según aplicabilidad o propósito : Aplicada - Descriptiva

1.1.4 LOCALIDAD DONDE SE EJECUTARÁ EL PROYECTO

a) Localidad donde está ubicado el proyecto:

- Anexo : Huacacorral
- DISTRITO : Guadalupito.
- PROVINCIA : Virú
- DEPARTAMENTO : La Libertad.

b) Institución donde se desarrolló el proyecto

Universidad Nacional del Santa

Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil

1.2 PLAN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 ANTECEDENTES

En la historia del desarrollo económico, político y cultural de toda sociedad, constituida como Estado, los medios de transporte han desempeñado un papel estratégico: el traslado de personas, bienes y mercancías de todo tipo, de un lugar a otro. A veces esto sucede dentro de una misma ciudad o población, en otras ocasiones entre el campo y la ciudad, y otras muchas veces entre distintas poblaciones. Por supuesto, también entre distintos países pertenecientes al mismo o a otro continente. Pero sucede que el transporte no sólo lleva personas, bienes y mercancías, traslada también la cultura propia de la sociedad con toda su riqueza y variedad; y también elementos culturales de otras sociedades que, muchas veces, acaban integrándose a la propia. Así que estamos ante una actividad de gran importancia para la sociedad y el Estado.

En las sociedades modernas, altamente desarrolladas y diversificadas, con una amplia división del trabajo, la tarea de transportar personas, bienes y mercancías se realiza a través de distintos medios de transporte, cada uno de los cuales tiene su campo de acción, su especificidad técnica, económica y

sociocultural, su mayor o menor relevancia. Existe una especialización de los transportes y, por así decirlo, una estructura jerárquica entre ellos. En México, por ejemplo, la función de trasladar personas, bienes y mercancías ha recaído principalmente en el transporte terrestre, más que en el aéreo, el marítimo o el pluvial, dadas las características de su territorio y las de la sociedad misma.

Primero fueron los "tamemes", hombres de carga, y luego animales domesticados para esa función, las carretas y los carruajes. Más adelante vendría el ferrocarril y después el transporte carretero con los vehículos automotores, de muy diverso tamaño, dimensiones y usos. Hoy este último es el modo predominante de transporte, muy por encima de las otras modalidades de transporte. Y esta es una cuestión específica de México. En otros países como Estados Unidos el transporte aéreo tiene mucha mayor relevancia que en nuestro país, y en Europa o Japón el tren sigue siendo la columna vertebral del transporte urbano, suburbano y entre ciudades y países. Territorio, desarrollo económico y tecnológico, necesidades de sobrevivencia material y cultural, definen, en una ecuación muy compleja como es el transporte de una sociedad y la manera en que esos medios de transporte se organizan, conviven, se interrelacionan y compiten entre sí. Hablar del transporte es, pues, hablar no sólo de una actividad muy compleja y diversificada, sino vital y estratégica para la sociedad. Central para la vida social y

personal, para el quehacer económico, político, cultural, educativo, etc.

El desarrollo humano de las personas que habitan la ciudad mejora si el espacio de capacidades se amplía y esta brinda oportunidades en cada una de sus dimensiones. La movilidad contribuye a la disponibilidad efectiva de los bienes, pues el tiempo de desplazamiento se minimiza si los equipamientos están cerca, o si el transporte es rápido.

Para vivir bien en la ciudad se necesita, además, que haya una oferta adecuada de servicios domiciliarios (agua, luz, teléfono, gas, recolección de basuras, etc.) y de espacios públicos (vías, parques, plazas, cementerio, plazas de mercado, estadios deportivos, bibliotecas, etcétera).

La carencia de vías que conecten los centros productivos ha hecho del tema del transporte un desafío del milenio. Cerca de 1,000 millones de los habitantes más pobres del mundo siguen sin acceso a caminos (Según datos de la Asociación Internacional de Fomento del Banco Mundial). Adicionalmente, la realidad de los caminos rurales existentes está precedida por una serie de dificultades.

La movilidad interrumpida de personas y bienes en estos caminos, rebasa las capacidades territoriales, afecta el equilibrio ecológico, fomenta la migración desordenada, trastorna modelos culturales y cada vez se hace más difícil ante la escases de los recursos, ya

sean financieros o naturales que son la fuente de materiales y materias primas que permiten el mantenimiento y conservación de los caminos rurales.

La gran importancia adquirida por el transporte motorizado y los esfuerzos por construir sus redes viales, no se ha visto reflejada de igual manera en el esfuerzo por conservarlas. Desde inicios de la década de 1980 y sobre todo en la década de 1990 se observaba que la mayor parte de las redes viales de los países latinoamericanos se encontraban sumamente deterioradas. Investigaciones recientes de la CEPAL, señalan que a finales de la década de 1990 un 35% de las redes primarias requerían de una reparación completa, que este porcentaje se elevaba al 65% en los caminos secundarios de importancia regional (provincial o departamental, según la división política de los países) y al 80% en los caminos vecinales (municipales, cantonales, comunales).

El daño mayor relativamente reciente que afecta directamente a los caminos rurales ha venido del cambio climático, evidenciado en los daños causados a la infraestructura vial debido a eventos fuertes de lluvia ocurridos principalmente en los últimos 15 años.

La ciudad es un fenómeno espacial, que crea condiciones propicias a la aglomeración de individuos heterogéneos. La cercanía en el espacio genera fricciones y, por ello, en el ámbito urbano se presentan diversas formas de convivencia, que se expresan de manera privilegiada en los ámbitos cultural y político¹.

Se parte de un postulado general: la proximidad inherente a la ciudad tiene ventajas intrínsecas que contribuyen con el desarrollo humano y lo favorece.

Las actividades humanas se reúnen espacialmente porque la vecindad genera externalidades positivas y economías de escala. Los efectos favorables, que no tienen su origen directo en la empresa, se conocen como externalidades positivas y la ciudad favorece la productividad de las empresas.

Vickrey (1977) va más lejos y piensa que la ciudad puede ser considerada como una firma o una gran empresa y la externalidad se explica por razones que superan la lógica del proceso productivo, o de los mercados competitivos convencionales. La compra y venta de pan, que es la transacción estrictamente mercantil, adquiere dimensiones muy distintas en una gran ciudad o en un pueblo pequeño. En este caso, la externalidad positiva es la cantidad de personas que pasan frente a la panadería y favorecen la rentabilidad porque las vecindades disminuyen los costos de transporte y, sobre todo, porque la cercanía entre productores facilita la comunicación, la transmisión de conocimientos, el uso compartido de máquinas, etcétera.

1.2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El transporte es un factor crucial para impulsar el crecimiento económico, reducir la pobreza y lograr los objetivos de desarrollo del milenio (ODM). Las inversiones del Banco Mundial en este sector

han facilitado un comercio más eficiente y un mejor desarrollo humano a través de una mayor movilidad, todo ello con la debida atención al cambio climático, teniendo en cuenta que el transporte ferroviario, aéreo, marítimo y urbano está creciendo a un ritmo constante en respuesta a las necesidades mundiales de desarrollo.

La infraestructura y los servicios de transporte aún necesitan ser más seguros, limpios y accesibles, particularmente en los países en desarrollo. Estos servicios requieren responder a la creciente urbanización y motorización con soluciones que faciliten la movilidad urbana; la pobreza rural con mecanismos de accesibilidad más eficientes y duraderos, y la necesidad de que los países de ingreso mediano bajo sean más competitivos en el mercado mundial. El transporte debe ser más dinámico para impulsar la creación de empleos especializados a largo plazo, bajar el elemento de costo de la seguridad alimentaria y abordar la mitigación y adaptación al cambio climático.

Existen más probabilidades de reducir la pobreza cuando las comunidades tienen acceso en todo momento y en todas las condiciones climáticas a los servicios esenciales y a los mercados. A pesar de este conocimiento, se estima que 1000 millones de personas, o alrededor del 40 % de la población rural en los países que reciben asistencia de la Asociación Internacional de Fomento (AIF), carecen de acceso directo a una ruta vial que pueda utilizarse todo el año. Además, la falta de mantenimiento de rutina pone en peligro las condiciones de muchas obras de infraestructura

caminera, especialmente en las zonas rurales. Los sistemas de transporte urbano en las ciudades en desarrollo enfrentan retos mayores también debido al continuo crecimiento de la población urbana, la mayor cantidad de vehículos privados y la congestión que esto ocasiona, y la deficiencia o incluso la falta de sistemas de transporte público.

Las mejoras en el transporte tienen un impacto más significativo en los pobres cuando forman parte de un programa de desarrollo intersectorial. Se logra mayor eficiencia también a través de un enfoque multimodal, tal como mejorar la movilidad de los pasajeros y del transporte de carga. Sin embargo, el mejoramiento de la infraestructura y los servicios de transporte no es suficiente. Asimismo, el funcionamiento de las instituciones y el acceso de los profesionales al conocimiento adecuado son cruciales para obtener soluciones efectivas en esta área.

Solución.

El transporte desempeña una función significativa en el crecimiento económico a nivel subnacional, nacional, regional y mundial, siendo necesario facilitar estrategias más efectivas que son necesarias para aprovechar las contribuciones de este sector a poner fin a la pobreza extrema y a promover la prosperidad compartida.

Huacacorral, es un centro poblado antiguo, situada en la margen izquierda (aguas arriba) del Río Santa, está desconectada vialmente del resto del país, pues su única vinculación se da con la Carretera

Panamericana Norte en el Km 470, mediante una trocha de 15 kilómetros de largo, existente desde el incanato.

Como todo poblado aislado, carece de los servicios básicos de agua potable, desagüe y electrificación. Cuenta con un centro educativo primario Unidocente.

El pueblo no cuenta con vías pavimentadas.

Actualmente, la inexistencia de vinculación directa y permanente con la Villa Guadalupe, Santa y Chimbote, obliga a los moradores a efectuar largos recorridos hacia la carretera panamericana Norte o peligrosos trayectos cruzando el Rio Santa, primero para llegar hasta Vinzos que se encuentra frente a Huacacorral, y luego para enrumbar por éste hacia Santa, Chimbote y la Villa Guadalupe capital del distrito.

Siendo necesario determinar nuevas alternativas viales, garantizando que dicha vinculación será mucho más rápida y económica, lo que repercutirá muy positivamente en el nivel de bienestar de sus habitantes, por lo cual nos planteamos la pregunta: ¿CUÁLES SON LAS ALTERNATIVAS DE LA CONEXIÓN Y LA TRANSITABILIDAD HACIA EL ANEXO DE HUACACORRAL EN MENOR TIEMPO Y COSTO?

1.2.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Las condiciones de deterioro del transporte asociadas al crecimiento urbano desordenado y a la creciente motorización están dañando la

economía de las grandes ciudades. Políticas estructurales como una buena planificación de la expansión de la infraestructura del transporte, una desconcentración planificada, una gestión integral de la estructura de uso del suelo, o la liberalización de los mercados de tierras pueden ayudar, pero requieren de una cuidadosa coordinación de las políticas en el sector transporte dentro de una estrategia más amplia de desarrollo de la ciudad.

Huacacorral, es un centro poblado antiguo, situada en la margen izquierda (aguas arriba) del Río Santa, está desconectada vialmente del resto del país, pues su única vinculación se da con la Carretera Panamericana Norte en el Km 470, mediante una trocha de 15 kilómetros de largo, existente desde el incanato.

Como todo poblado aislado, carece de los servicios básicos de agua potable, desagüe y electrificación. Cuenta con un centro educativo primario Unidocente.

Actualmente, la inexistencia de vinculación directa y permanente con la Villa Guadalupe, Santa y Chimbote, obliga a los moradores a efectuar largos recorridos hacia la carretera panamericana Norte o peligrosos trayectos cruzando el Río Santa, primero para llegar hasta Vinzos que se encuentra frente a Huacacorral, y luego para enrumbar por éste hacia Santa, Chimbote y la Villa Guadalupe capital del distrito.

Siendo un pueblo costero, por años se ha venido postergando su interconexión con la capital del distrito y con más circunscripciones

de sus proximidades. Ése es el objetivo de la presente investigación conocer y determinar nuevas rutas viales de menor recorrido y costo para conectar Huacacorral lo que repercutirá muy positivamente en el nivel de bienestar de sus habitantes.

1.2.4 IMPORTANCIA

La presente investigación es de importancia para los moradores de Huacacorral y todos sus componentes de su cadena productiva.

Ya que nos permitirá determinar una ruta vial de tránsito más directa, de menor recorrido y costo de construcción, influyendo en el precio de venta de sus productos, menores gastos de inversión en el terreno de cultivo, mayor movilidad de las personas por tanto disminución de la migración hacia las ciudades y sobre todo acceso oportuno a los servicios de salud y educación.

1.2.5 OBJETIVOS

Objetivo General

Alternativas para la transitabilidad al Anexo de Huacacorral del distrito de Guadalupe – Virú – La Libertad.

Objetivos Específicos

- Adquirir conocimientos en la comprensión y tratamiento de los caminos rurales en su papel determinante en el desarrollo.
- Evaluar técnica y económicamente distintas rutas viales hacia

Huacacorrall, considerando el valor de los caminos rurales en el contexto de los desafíos ambientales.

- Determinar de una nueva red vial que garantice conectividad y transitabilidad hacia el Anexo de Huacacorrall.

1.2.6 HIPÓTESIS

La pavimentación de la trocha existente es la ruta apropiada para la transitabilidad hacia el Anexo Huacacorrall

1.2.7 VARIABLES

Independiente

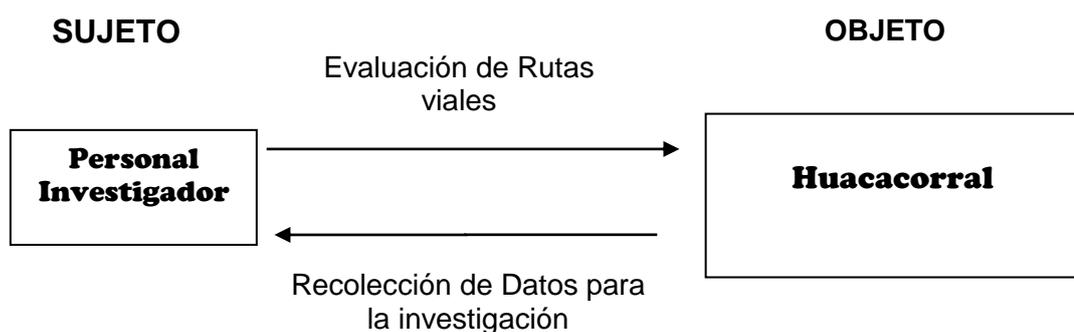
Rutas viales hacia el Anexo Huacacorrall

Dependiente

Tiempo de recorrido

1.2.8 DISEÑO DE LA INVETIGACION

Diseño Descriptivo



1.2.9 ESTRATEGIA DE TRABAJO

Método de estudio

Se utilizó el método descriptivo y evaluación de las variables.

Población

Caminos del Valle del Santa y el Distrito de Guadalupe.

Muestra

Vías a Huacacorral

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Descripción:

Se aborda el análisis espacial buscando dar explicación y posibilidad de previsión con respecto al estado y la evolución probable de los objetos/unidades geográficos, considerando su situación en relación con los otros objetos geográficos. El análisis propuesto está dado entonces por las interacciones horizontales entre los lugares, en virtud de la espacialización de la superficie terrestre por las sociedades humanas y la distribución de sus actividades para el desarrollo. Para ello el modelo de análisis espacial cuenta con una serie de índices que buscan resumir las estructuras del sistema geográfico mediante el uso de sistemas de información geográfica.

Cabe considerar que existen cuatro factores que determinan el desarrollo de una región: las infraestructuras, la localización, la aglomeración, la estructura de asentamientos y la estructura sectorial de la economía. El más influyente de ellos es la infraestructura de transporte ya que reduce o aumenta la distancia, la cual por una parte frena las interacciones y por otra hace variar el valor de los lugares en función de su situación geográfica, principalmente por los temas referidos a áreas de influencia o de localización de estructuras comerciales o industriales. Interviniendo en el flujo de personas y mercancías, afectando en forma directa el funcionamiento socioeconómico de espacios territoriales (nogales et al., 2002), (Cardozo Etal., 2009).

Se produce de esta forma una zona heterogénea y anisotrópica, constituida por nodos y ejes jerarquizados que organizan los flujos de circulación en territorios desigualmente estructurados (Gutiérrez, Monzón, 1993). Que sumados al conjunto de elementos materiales, tales como: las infraestructuras; inmateriales: ondas o informacionales, aseguran la relación de diferentes lugares de un territorio y de las entidades que lo ocupan, estableciendo un red. Para Bosque (1997) es “un sistema interconectado de elementos lineales, que forman una estructura espacial por la que pueden pasar flujos de algún tipo”(Bosque,1997:207). Ramírez (2003) basado en Comas y Ruíz, en la misma línea, define la red como un sistema interconectado de líneas por las que se desplazan una serie de elementos: personas, bienes, recursos u otros, que se conectan con nodos que corresponden a cruces de segmentos.

La red está compuesta entonces, por elementos lineales, permanentes o temporales y por elementos nodales necesarios para la organización de flujos y para el funcionamiento del sistema en el que está inserta la red. De los elementos lineales (aristas) el mejor ejemplo: son las vías de circulación, y de los elementos nodales los núcleos de población, su consideración incorpora atributos o características. Lupien, Moreland y Dangermond, (1987), en Bosque (1997) caracterizan el análisis de redes, como aquel en que la existencia de las redes obedece a una necesidad de movilidad, de comunicación, de intercambio debido a lo heterogéneo del espacio geográfico al igual que Barbero y Quinn (1986), en Cardozo Etal., (2009).

El atributo temático más importante asociado a las aristas de una red es la longitud o coste de recorrerla, la determinación de su longitud en una recta es a través de la definición de distancia euclidiana para, a partir de las coordenadas de sus nudos (de origen y final), determinar su longitud. La distancia es fundamental en la aplicación de cualquier indicador de accesibilidad, aunque no es el único factor, sí permite plantear y resolver un amplio conjunto de problemas prácticos como son: la determinación de rutas óptimas para vehículos que deben moverse en una red de carreteras, la localización de servicios e instalaciones (bomberos, policías, hospitales, comercio) de modo óptimo en cuanto a costes de recorrido para su empleo por los usuarios, la delimitación de distritos y áreas de influencia. Ahora bien, la asignación de caminos de distribución de un producto debe valorar el peso que tiene en el uso o no que haga una población de un servicio y por lo tanto del nivel de bienestar que este podría dar a los usuarios (Salado, 2004).

Una buena infraestructura de transporte permite que nuevos espacios sean accesibles para la actividad humana, de forma más rápida y en una gran escala de forma suficiente y eficiente.

Como las carreteras conforman una red y por lo tanto existe más de una arista, para encontrar un resumen de las longitudes de todas ellas existen diversos índices que proporcionan una valoración cuantitativa (Bosque, 1997). La construcción de esta red supone que las líneas sinuosas y complicadas que unen nudos de la red se sustituyan en un grafo por líneas rectas estableciendo

la relación de sinuosidad o relación entre la longitud real de una línea y su longitud si fuese recta.

Un segundo elemento de análisis corresponde a la cohesión topológica de la red para la medición de la facilidad o dificultad de los flujos y movimientos en su interior. La longitud de las aristas se relaciona con las dificultades de flujo, es decir: mientras más extensa mayor dificultad de flujo. Asimismo el número de interconexiones es asociado con la facilidad de flujo, es decir: mientras más interconectado mayor facilidad de desplazamiento al interior de la red. Para ello es importante contabilizar el número de aristas de la red en relación al número de nudos que existen, lo que proporciona una medida de conectividad o cohesión (Bosque, 1997).

2.1 ACCESIBILIDAD

El concepto de accesibilidad no posee una única y consensuada acepción, ya que es entendida en términos geométricos (cercanía-lejanía), económicos y sociales o también desde la perspectiva de “facilidad con que un servicio puede ser alcanzado desde una localización” (Salado, 2004:21). Goodall (1987) define la accesibilidad como la facilidad con que se puede llegar a un sitio desde otras localidades; Deichmann (1997) trata de ofrecer una definición más amplia, como facilidad de acceso a oportunidades económicas y sociales. Naturalmente, cuanto mejor es la accesibilidad, más competitivos y por tanto más exitosos en términos de crecimiento económico son los territorios (Linneker, 1997), con

independencia de otros factores. Esto ha llevado al intento de clasificar los distintos usos y componentes del término accesibilidad, proponiéndose:

- i. según los elementos contemplados en el problema
 - ii. según el tipo de espacio, métrica, usos del suelo y grupos sociales
 - iii. según las características del servicio a evaluar
 - iv. según las características de la demanda
 - v. según las características del modelo de accesibilidad empleado
- (Salado, 2004).

Al analizar cada uno de estos componentes es muy difícil llegar a una única definición, también cuestionable, ya que dependiendo de los objetivos y situaciones particulares, cada una de ellas puede ser útil según los objetivos y elementos considerados en cada caso. En esta circunstancia los SIG constituyen una potente herramienta por su capacidad de manipular y superponer grandes volúmenes de datos geo referenciados, incorporando distintos momentos temporales como métodos de análisis y visualización del territorio (Farrow y Nelson, 2001), (Salado, 2004).

Es así como la accesibilidad de un lugar, en términos generales se puede definir como la mayor o menor facilidad con la cual un lugar puede ser alcanzado a partir de uno o varios otros lugares, por uno o varios individuos susceptibles de desplazarse con la ayuda de todos o algunos de los medios de transporte existentes. Bosque (1997) citando a Osberg (1976) señala que la accesibilidad es una medida relativa en función de la facilidad

de acceso de un punto del espacio sobre un hecho. Estas dos definiciones tienen implícito un importante elemento que es el de la distancia, entendida como el intervalo a franquear para ir de un lugar a otro, teniendo una significación de separación su recorrido necesita un esfuerzo, un gasto de energía.

En el sentido de la equidad social la accesibilidad se vuelve fundamental para la localización e instalación de cualquier equipamiento ya que en su mayoría son financiados por la administración pública, por lo tanto deben tener iguales o similares condiciones de acceso para toda la población de un territorio(Bosque,1997). De igual modo, Salado (2004) plantea que en la planificación territorial los equipamientos colectivos cumplen un rol relevante en el desarrollo regional, ya que las actividades económicas y el bienestar social se ven beneficiados por una adecuada dotación de equipamientos colectivos.

El análisis de la accesibilidad puede ser usado entonces, en políticas de desarrollo (Farrow y Nelson, 2001) puesto que una baja accesibilidad refleja como indicador carencias en los sectores, traduciéndose por tanto como indicador de factores de Desarrollo (Gross, 1998).Debido a lo anterior intervenciones en la infraestructura de transporte modificarían las condiciones de accesibilidad y por ende potenciarían espacios no desarrollados (Gutiérrez y Monzón, 1993).

2.2 RED VIAL NACIONAL

La red vial en el Perú está compuesta por más de 78.000 km de carreteras, organizada en tres grandes grupos: las carreteras longitudinales, las carreteras de penetración y las carreteras de enlace. La categorización de las carreteras corre a cargo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC).

La mayoría de las rutas están a cargo de PROVIAS, organismo descentralizado del mismo Ministerio que se encarga de mantener y ampliar las vías. Algunas rutas han sido concesionadas a empresas privadas para su construcción o mejoramiento y el mantenimiento respectivo por un determinado número de años según contrato suscrito con el Estado.

Por la calidad y el tipo de vehículos que las recorre podemos clasificar las vías peruanas en 3 categorías: autopistas, carreteras asfaltadas y caminos afirmados:

Las autopistas cuentan con dos carriles principales y uno de seguridad en cada sentido de circulación, separados por una berma y poseen buena señalización. En el Perú existen cerca de 300 km de autopistas que corresponden a los tramos de acceso norte y sur a Lima a través de la Carretera Panamericana. Gracias a la concesión a empresas privadas de varias rutas, el número de kilómetros superará los 1,000 km en pocos años.

Las carreteras asfaltadas sólo cuentan con un carril principal y una berma de seguridad en cada sentido de circulación, separadas por un interlineado.

En este tipo de vía la señalización y los servicios básicos varían en relación a la cercanía de las ciudades principales.

La mayor parte de las vías peruanas son caminos afirmados construidos en base a tierra y ripio. Existen 3 tipos de caminos afirmados en el Perú: los que pertenecen a la red nacional, los caminos secundarios y vecinales y las trochas carrozables.

DEFINICION

Una vía es una infraestructura de transporte cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad. Puede estar constituida por una o varias calzadas, uno o varios sentidos de circulación o uno o varios carriles en cada sentido, de acuerdo con las exigencias de la demanda de tránsito y la clasificación funcional de la misma.

FACTORES DE LOCALIZACIÓN DE UNA CARRETERA

Como integrantes del "sistema de transporte" las carreteras forman parte de la infraestructura económica del país y contribuyen a determinar su desarrollo; e intervienen en planes y programas a través de los proyectos. Estos, por tanto, deben responder a un contexto general de orden macroeconómico, el modelo de desarrollo, para maximizar su contribución al desarrollo del país.

2.2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS VIAS

A. SEGÚN SU FUNCIÓN

CLASIFICACION DE LAS CARRETERAS SEGÚN SU FUNCIÓN	
GENÉRICA	DENOMINACIÓN EN EL PERU
1. RED VIAL PRIMARIAS	SISTEMA NACIONAL Conformado por carreteras que unen las principales ciudades de la nación con puertos y fronteras.
2. RED VIAL SECUNDARIA	SISTEMA DEPARTAMENTAL Constituyen la red vial circunscrita principalmente a la zona de un departamento, división política de la nación o en zonas de influencia económica; constituyen las carreteras troncales departamentales.
3. RED VIAL TERCIARIA LOCAL	SISTEMA VECINAL Compuesta por: <ul style="list-style-type: none">▪ Caminos troncales vecinales que unen pequeñas poblaciones.▪ Caminos rurales alimentadores, uniendo aldeas y pequeños asentamientos poblaciones.

B. SEGÚN A SU DEMANDA

1. Autopistas

Carretera de IMDA mayor de 4000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles, con control total de los accesos (ingresos y salidas) que proporciona flujo vehicular completamente continuo. Se le denominará con la sigla A.P

INDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)

El IMDA es una medida de tránsito fundamental que se utiliza para determinar los Kilómetros-vehículo recorridos en las diferentes categorías de los sistemas de carreteras rurales y urbanas.

2. Carreteras duales o multicarril

De IMDA mayor de 4000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles; con control parcial de accesos. Se le denominará con la sigla MC (Multicarril).

3. Carreteras de 1ra. Clase

Son aquellas con un IMDA entre 4000-2001 veh/día de una calzada de dos carriles (DC).

4. Carreteras de 2da. clase

Son aquellas de una calzada de dos carriles (DC) que soportan entre 2000-400 veh/día.

5. Carreteras de 3ra. clase

Son aquellas de una calzada que soportan menos de 400 veh/día. El diseño de caminos del sistema vecinal < 200 veh/día se rigen por las Normas emitidas por el MTC para dicho fin.

6. Trochas carrozables

Es la categoría más baja de camino transitable para vehículos automotores. Construido con un mínimo de movimiento de tierras, que permite el paso de un solo vehículo.

C. SEGÚN CONDICIONES OROGRÁFICAS

1. Carreteras Tipo 1

Permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos ligeros. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, es menor o igual a 10%.

2. Carreteras Tipo 2

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de las de los vehículos de

pasajeros, sin ocasionar el que aquellos operen a velocidades sostenidas en rampa por un intervalo de tiempo largo. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, varía entre 10 y 50%.

3. Carreteras Tipo 3

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir a velocidad sostenida en rampa durante distancias considerables o a intervalos frecuentes. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, varía entre 50 y 100%.

4. Carreteras Tipo 4

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, es mayor de 100%.

2.3 ESTUDIO DE LAS RUTAS

La primera etapa en la elaboración de un proyecto vial consiste en el Estudio de las Rutas. Por Ruta se entiende la faja de terreno, de ancho variable, que se extiende entre los puntos terminales e intermedios por

donde la carretera debe obligatoriamente pasar, y dentro de la cual podrá localizarse el trazado de la vía.

Como quiera que las rutas puedan ser numerosas, el estudio de las mismas tiene como finalidad seleccionar aquella que reúna las condiciones óptimas para el desenvolvimiento del trazado. El estudio es por consiguiente un proceso altamente influenciado por los mismos factores que afectan el trazado, y abarca actividades que van desde la obtención de la información relativa a dichos factores hasta la evaluación de la ruta, pasando por los reconocimientos preliminares. De las actividades que abarcan el estudio de las rutas y donde de una u otra manera se aplica la Topografía, se encuentran la elaboración de los croquis y los reconocimientos preliminares.

A. ELABORACIÓN DE LOS CROQUIS.

El estudio de las rutas se realiza, generalmente sobre un mapa de la región, los cuales son una representación del terreno, obtenida por proyección sobre un plano, de una parte de la superficie esférica de la Tierra. El relieve del terreno aparece representado en los mapas por medio de las curvas de nivel, curvas que enlazan puntos del terreno situados a la misma cota. Los principales mapas que se utilizan en la elaboración del croquis de una vía son editados en escalas 1:25000 y 1:100000. Con los datos obtenidos de los mapas, el Ingeniero logra formarse una buena idea de la región. Sobre ellos puede señalar los desniveles, los cursos de agua, las filas montañosas, los cruces con otras vías, etc. También puede marcar en ellos, de las informaciones recogidas

a través del material de consulta que se ha reunido previamente, los datos de población, zona de producción, intensidad de lluvias, tipos de terrenos y formaciones geológicas, etc. Además, deben indicarse con especial cuidado los controles primarios que guían el alineamiento general de la vía y por los cuales ésta debe incuestionablemente pasar; y los controles secundarios tales como caseríos, carreteras existentes, sitios de puentes, zonas de terreno firme, cruce con otras vías, minas, bosques, etc. De esta manera orientado el alineamiento general de la carretera y con los datos adquiridos y anotados sobre los mapas, será posible señalar en ellos varias líneas o croquis de la vía que determinarán fajas de terrenos de ancho variable o rutas, sobre los cuales será posible ubicar el trazado de la carretera.

B. RECONOCIMIENTOS PRELIMINARES.

Una vez elaborados los croquis empieza el trabajo de campo o reconocimiento preliminar. El reconocimiento es el examen general de las fajas o zonas de terreno que han quedado determinados por los croquis. Su finalidad es la de descubrir las características sobresalientes que hacen a una ruta superior de los demás: sirve también para obtener datos complementarios de la región, tener una idea del posible costo de la construcción de la carretera propuesta, anticipar los efectos potenciales de la carretera en el desarrollo económico de los terrenos que atraviesa y estimar los efectos destructivos que pudiera tener en el paisaje natural.

Con los datos obtenidos durante el reconocimiento preliminar y con la información reunida con anterioridad a él, el Ingeniero se formará un criterio que le permitirá seleccionar las rutas que ameritarán estudio topográfico. El reconocimiento debe ser rápido y de carácter general y puede realizar recorriendo la ruta a pie. El Ingeniero encargado del reconocimiento debe llevar consigo los instrumentos adecuados para la determinación de las elevaciones relativas, la obtención de rumbos y la medida de pendientes. Los barómetros aneroides, los GPS, las brújulas y los niveles de mano o clisímetros sirven perfectamente para el trabajo.

C. RECOMENDACIONES SOBRE LOS RECONOCIMIENTOS PRELIMINARES

En la elección de las rutas y en el reconocimiento preliminar, es posiblemente donde está más comprometida la responsabilidad del Ingeniero vial. En el reconocimiento preliminar interviene de una manera determinante el factor personal, por sus características, se considera el Reconocimiento preliminar, más un arte que una ciencia. Por estas razones no es posible dar indicaciones generales sobre el procedimiento a seguir en los reconocimientos preliminares, generalmente se dan algunas recomendaciones. Usualmente son de utilidad las clásicas reglas de Wellington, estas establecen lo siguiente:

1. No debe hacerse reconocimiento de una línea, sino de toda un área, observando una franja lo más ancha posible a ambos lados de la línea que une los puntos extremos.

2. Toda opinión preconcebida a favor de una línea en particular, debe ser abandonada. Especialmente si es a favor de la línea que parece la más obvia.
3. Hay que evitar la tendencia a exagerar los méritos de las líneas cercanas a las carreteras o lugares muy poblados.
4. Desigualdades de terreno, puntos rocosos, cuestas muy empinadas, pantanos y todo lo parecido, ejerce una influencia mal fundada en la mente del explorador.
5. Las líneas difíciles de recorrer a pie o de vegetación muy tupida parecen peor de lo que en realidad son.
6. A medida que el reconocimiento avanza, debe hacerse mentalmente un mapa hidrográfico de la región.
7. El ingeniero debe dar como regla invariable, poco crédito a toda información desfavorable, sea cual fuere su origen, que no esté de acuerdo con su criterio.

2.4 PAVIMENTO

El pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura.

- **Capa de rodadura:** Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito.



Esquema típico de la estructural de un pavimento

- **Base:** Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante ($\text{CBR} \geq 80\%$) o será tratada con asfalto, cal o cemento.
- **Subbase:** Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede variarse. Esta capa puede ser de material granular ($\text{CBR} \geq 40\%$) o tratada con asfalto, cal o cemento.

Los tipos de pavimentos son los siguientes:

- Pavimentos flexibles
- Pavimentos semirrígidos
- Pavimentos rígidos.

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, macadam asfáltico, mezcla asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente.

El pavimento semirrígido es una estructura de pavimento compuesta básicamente por capas asfálticas con un espesor total bituminoso (carpeta asfáltica en caliente sobre la base tratada con asfalto); también se considera como pavimento semirrígido la estructura compuesta por carpeta asfáltica sobre base tratada con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido se ha incluido los pavimentos adoquinados.

El pavimento rígido es una estructura de pavimento compuesto específicamente por una capa de subbase granular, no obstante esta capa puede ser de base granular, o puede ser estabilizada con cemento asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivos. Dentro de los pavimentos rígidos existen tres categorías:

- Pavimento de concreto simple con juntas.
- Pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de fibras o mallas.
- Pavimento de concreto con refuerzo continuo.

2.4.1 DISEÑO DE PAVIMENTOS

El diseño de pavimentos es el proceso por el cual los componentes estructurales (superficie de rodadura, base, subbase, relleno, subrasante, mejoramientos, etc.) de un segmento o vía son determinados para que la vía tenga un comportamiento adecuado para el usuario. Para el diseño se toma en cuenta la naturaleza del suelo de fundación, las consideraciones ambientales, densidad, composición del tráfico, y las condiciones de mantenimiento y construcción.

En forma resumida, el diseño de la estructura del pavimento es: Establecer espesores y propiedades físico mecánicas requeridas por los materiales que componen la estructura para mantener la vía bajo un cierto nivel de deterioro, confort, transitabilidad y seguridad.

A. ETAPAS DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS

Las etapas del diseño del pavimento dependen en gran medida si se trata de una estructura nueva o si es más bien un mejoramiento o rehabilitación de una vía existente a continuación se presenta la secuencia del diseño de pavimento de una vía nueva.

a) Recopilación de información:

- Identificar los requerimientos, expectativas o especificaciones del cliente.
- Recopilación de información existente.

- Estudio de la sub rasante.
- Estudio de canteras.

b) Prediseño

- Definir el tipo de la superficie de rodadura y los componentes estructurales.
- Definir la estrategia de mantenimiento.
- Selección de los materiales.
- Estudio del tráfico.
- Estudio de las condiciones ambientales y de drenaje.
- Sectorización del tramo.
- Diseño de los espesores de cada capa.

c) Diseño final

- Análisis del ciclo de vida (incluido mantenimiento y construcción).
- Determinación del tipo de pavimento y de los espesores finales.
- Informe final.

B. FUNCIONES DEL PAVIMENTO

Las principales funciones que cumpla una estructura de pavimento son las siguientes:

a) Usuario

- Proporcionar a los usuarios circulación segura, cómoda y confortable, con adecuada regularidad (rugosidad), y suficiente resistencia a la fricción.
- Proporcionar a los vehículos acceso bajo cualquier condición de clima.
- Reducir los costos de operación vehicular, reducir el tiempo de viaje y reducir los accidentes.

b) Estructura

- Reducir y distribuir la carga de tráfico para que ésta no dañe la subrasante y/o suelo de fundación.
- Proteger la subrasante y el suelo de fundación del clima (agua, congelamiento).
- Controlar la presencia del agua la presencia y efectos del agua a nivel del suelo de fundación.
- Capacidad de carga suficiente de los materiales que componen la estructura para resistir el tránsito y el clima.

c) Medio ambiente

- Cumplir requerimientos medio ambientales y estéticos.
- Limitar el ruido y la contaminación del aire.
- Tener suficiente durabilidad para que no se deteriore antes del tiempo debido a las variables ambientales (agua, oxidación, efectos de la temperatura).

2.4.2 PAVIMENTOS FLEXIBLES

Los métodos de diseño de pavimentos en orden de evolución se pueden agrupar de la siguiente manera:

a) **Métodos empíricos:**

Se basan en relaciones entre ensayos y espesores de capa basadas principalmente en observaciones, solamente se pueden aplicar a condiciones similares a las cuales se realizaron las observaciones. Un ejemplo de este método es el denominado método CBR.

b) **Métodos de esfuerzo cortante o deflexión límite:**

Este tipo de métodos se basa en el principio de definir los espesores del pavimento de tal manera que los esfuerzos cortantes o la deflexión se controla para que no exceda determinados límites y por lo tanto no se produzcan fallas por fatiga. La mayor limitación de este tipo de métodos es que aún en casos de que los pavimentos desarrollen esfuerzos o deflexiones menores a los admisibles las condiciones funcionales de la vía pueden fallar o en el caso de las deflexiones los esfuerzos al interior de la estructura pueden ser excesivos.

c) **Métodos de regresión basados en pistas de prueba:**

Este tipo de métodos desarrolla las relaciones entre las variables de diseño y los espesores del pavimento basados en tramos o

pistas de prueba. Estas secciones o tramos de prueba son construidas para cubrir un determinado rango de variación que permita tener relaciones entre tráfico, carga por eje, tipo de material, clima, y el suelo de fundación con la condición estructural o funcional del pavimento. El método AASHTO (AASHTO 1993) es un ejemplo de este tipo de métodos.

d) Métodos mecanísticos-empíricos:

Este tipo de métodos se basa en ecuaciones fundamentales del comportamiento de los materiales y del comportamiento de la estructura de tal forma que se pueda obtener de forma analítica (mecanística) el resultado. Sin embargo debido a que estas expresiones requieren, en la mayor cantidad de casos, calibraciones para ser ajustadas a las condiciones reales se denominan mecanísticos empíricos. Son ejemplos de este tipo de método el desarrollado por NCHRP (NCHRP et al. 2004), o el desarrollado por Shell (Shell, 1978).

2.4.3 PARÁMETROS DE DISEÑO MÉTODO AASHTO 1993

Para efectos de determinar el espesor del esfuerzo del pavimento requerido. Los parámetros de diseño que se consideran son las propiedades de los materiales, el tipo de tránsito, condiciones de ambiente, etc.

La fórmula general que gobierna el número estructural de diseño, presenta la siguiente expresión:

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

onde:

W_{18} : Número total de Ejes Equivalentes, para el periodo de diseño (ESAL)

Z_R : Desviación estándar normal

S_o : Error de combinación estándar

SN : Número Estructural

ΔPSI : Diferencia de servicialidad (Serviciabilidad inicial p_i – Serviciabilidad final p_f)

M_R : Modulo resiliencia de la subrasante

El número estructural de resistencia del pavimento flexible viene dado por la fórmula:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D$$

Donde:

a_1 : Coeficiente estructural de la capa de rodadura

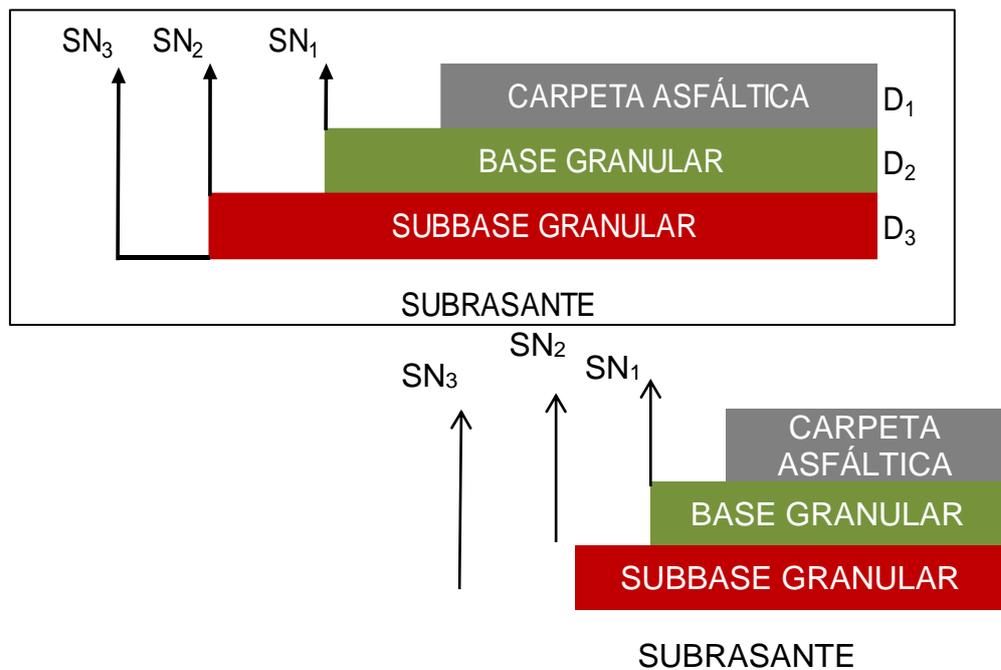
D_1 : Espesor de la capa de rodadura (cm)

a_2 : Coeficiente estructural de la capa de base granular

D_2 : Espesor de la capa de base granular (cm)

- m_2 : Coeficiente que refleja el drenaje de la capa 2
- a_3 : Coeficiente estructural de la capa de subbase granular
- D_3 : Espesor de la capa de subbase granular (cm)
- m_3 : Coeficiente que refleja el drenaje de la capa 3

El número estructural es el valor abstracto que representa la resistencia total de la estructura de un pavimento para una determinada categoría de subrasante, condición de tráfico e índice de servicio al final de la vida útil.



Esquema típico del Numero Estructural (SN_i) y espesores (D_i) de estructura de un pavimento.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción

Bosque (1997) señala que el análisis de dotación de infraestructuras puede obtenerse comparando medidas físicas de las mismas con la población o la superficie de un determinado territorio. De esta forma los fenómenos de la realidad son esquematizados representando una malla de carreteras y caminos que serán consideradas aristas y cuyas ciudades y pueblos serán considerados nodos, al igual que los cruces e intersecciones de caminos. Los datos estarán completados con el indicador de población según Censo 2013, con el nombre del municipio y las coordenadas geográficas dadas por la digitalización. En este caso la selección corresponde a entidades urbanas con más de 200 habitantes, esta selección es en consideración a que el Instituto Nacional de Estadísticas e Información (INEI) tiene como primera entidad a los *caseríos*, cuya clasificación cuenta con más de 300 habitantes, lo que deja fuera a un número importante de localidades. La caracterización se realizará al equiparar la red a un grafo matemático indicando el nodo de origen y el nodo de destino y por las relaciones presentadas entre los nodos, para la posterior elaboración de una *Matriz de Conectividad* donde se indica con 1 las relaciones directas entre nodos y con 0 la no relación. Es un tipo de indicación geográfica aplicada a un producto agrícola o alimenticio cuya calidad o características se deben fundamental y exclusivamente al medio

geográfico en el que se produce, transforma y elabora. Las indicaciones geográficas y las denominaciones de origen protegen productos originarios del país o de una región o localidad, siempre que tengan una calidad, reputación u otra característica imputable a su origen geográfico. En el caso de las denominaciones de origen, deben presentar además factores naturales y humanos que inciden en la caracterización del producto ausencia de una conexión directa (Bosque, 1997) además de construir una *Matriz de Accesibilidad Topológica*.

Para valorar la accesibilidad que la red confiere en diversos puntos del territorio Nastagi (2003) propone la comparación de la relación existente en tres tipologías de redes. Sin embargo Bosque (1997) indica la comparación entre dos de ellas solamente: la red real representada por el sistema de carreteras y caminos entre cada par de nodos, lo que permite determinar el resumen de las longitudes de las aristas de la red, y la red ideal o ficticia formada por la distancia entre cada par de nodos, es decir: la longitud del segmento que los une. Mierez (2004) y Gómez (2008) en Martínez (2012) plantean que para la visualización de la funcionalidad de la malla vial se requieren los siguientes índices:

- *Índice de Densidad media (I_S)*: Con esta medida se puede inferir el nivel de desarrollo de la configuración vial ya que se asocia un mayor desarrollo en las áreas con más kilómetros de vías, se expresa como la relación entre la longitud en km de la red vial(L) y la superficie en km del área de estudio (S):

s

$$I=L/S$$

- *Coefficiente de Engels (I_E)*: permite obtener la eficacia vial comprobando la facilidad de circulación de personas e intercambio de bienes y servicios. Para estos casos a mayor valor, mayor es la eficiencia vial. Su cálculo es a través de la relación de la longitud de las vías (km v*100), tanto con la superficie del área estudiada (S) como con el número de habitantes que alberga (P):

$$I_E = \text{km v} * 100 / \sqrt{S * P}$$

- *Accesibilidad Ideal (AI₁)*: permite observar cuanta distancia (di) es la que existe entre un punto con respecto a cada punto (n) del área de estudio. Se calcula a partir de la sumatoria de las distancias lineales entre un punto con respecto a otros:

$$AI_1 = \sum di_{1n}$$

- *Accesibilidad Real (AR₁)*: permite precisar la distancia a través de las carreteras y caminos, entre un punto del espacio respecto a otros puntos, para calcularla:

$$AI_1 = \sum di_{1n}$$

- *Índice de la Calidad de la Comunicación (ICC)*: para el cálculo de este índice se comparan las distancias ideales con las reales a través del cociente de los índices de accesibilidad ideal y real respectivamente, con el fin de comprobar qué tan cercano es lo ideal de lo real:

$$ICC_1=AI_1/AR_1$$

- *Índice de Trayectoria (IT)*: este índice indica el porcentaje de longitud extra recorrido para llegar de un punto a otro, de no recorrerlo en línea recta. Se calcula mediante el cociente de los índices de accesibilidad real e ideal y se obtienen valores oscilantes al uno (1), indicando que cuanto mayor sea la trayectoria a recorrer, mayores serán los valores.

$$IT_1=AR_1/AI_1$$

3.2 Conectividad o cohesión

El análisis simultáneo de todas las aristas y nodos de la red, determinan la cohesión de la red (Bosque, 1997), la relación del número de aristas con el número de nodos proporcionan la medida de conectividad, es decir: el grado de interconexión del circuito (Seguí y Garrido, 1986; Cantó y otros, 1988) la mayor o menor complejidad estructural de la red, está ligada directamente al número de nodos, aristas y a su disposición espacial (Seguí Pons y Petrus Bey, 1991). En este caso mientras más aristas tengan el grafo, mayor será el grado de conectividad (Kansky, 1963 en Garrido 1995) (Insaurralde, Cardozo, 2010). Para realizar las mediciones existen índices de conexión, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- *Índice beta*: expresa la relación entre las aristas y nodos de un grafo.

Donde (a) corresponde a las aristas y (n) a los nodos.

$$\beta = a/n$$

- *Índice Gama*: relaciona el número de aristas existentes y el número máximo que puede existir dentro de un grafo determinado, teniendo en cuenta la cantidad de nodos de una red.

$$\gamma = (2*a)/(n*(n-1))$$

- *Número Ciclomático (Índice μ)*: determina la cantidad de circuitos que existen dentro de un grafo (Bosque, 1997). Entendiendo por circuito, cada una de las múltiples maneras que existen para ir desde un nodo hasta el mismo, sin tener que pasar dos veces por el mismo arco. Se calcula restando el número total de aristas (a) al número de nodos necesario para formar un árbol ($n-1$), restándose además los grafos inconexos (g) que puedan existir y a que la red no es coherente (Garrido, 1995); (Insurrealde y Cardozo, 2010).

$$\mu = a - (n-1) - g$$

- *Índice Alfa*: relaciona el número de circuitos observados en el grafo (μ) y los circuitos que existirán en caso de tratarse de un grafo completo. Su valor resultante varía entre 0 para un grafo sin ningún circuito y 1 para un grafo completo (Bosque, 1997).

$$\alpha = \mu/(2*n-5)$$

3.3 Accesibilidad

La realización de las medidas de accesibilidad fue establecida considerando que el sistema de infraestructura vial es un sistema cerrado, marcando su límite en el territorio y que los núcleos de población son nodos jerarquizados medidos según la facilidad de acceso desde cada uno en relación a los restantes nodos del grafo (Garrido, 1995 en Insaurralde y Cardozo, 2010). Determinándose la Accesibilidad, tanto topológica como absoluta, a través de una estructura vectorial, principalmente para el cálculo de distancias entre objetivos.

Con la creación de una *Matriz de Accesibilidad Topológica*, se señalan la mínima cantidad de aristas necesarias de recorrer entre un nodo y cada uno de los restantes (según Pons y Petrus Bey, 1991 en Insaurralde y Cardozo, 2010), esta matriz permite obtener:

- *El Número Asociado de un Nodo (NS)* (Bosque, 1997), es decir: el número mínimo de aristas que es necesario recorrer para unir un nodo con el otro más distante topológicamente.
- *Número Asociado de Könning* que resulta ser el valor mayor de cada fila de aristas que es necesario recorrer para unir un nodo con el otro más distante topológicamente.
- *Índice de Shimmel*, que se obtiene sumando los valores de cada fila, es decir: mostrando el número de aristas por atravesar para ir desde un nodo a todos los demás de la red. Donde d_{xy} es el número de aristas que separa a los nodos x e y por el tramo más corto. (Garrido, 1995) lo expresa como:

$$A_y = \sum d_{xy}$$

Con el índice de Shimbeld es posible determinar otros tres índices, el primero de ellos denominado:

- *Índice G de Dispersión* que permite lograr una visión de conjunto del grafo en cuanto a la accesibilidad, su cálculo es a través de la suma de todos los índices de Shimbeld de cada nodo. Del mismo modo es posible obtener la accesibilidad media de la red, dividiendo el índice de dispersión entre el número de nodos (Bosque, 1997); (Garrido, 1995); (Cardozo et al., 2009).
- *Índice de Accesibilidad Media* (Potrykowsky, 1984); (Garrido, 1995); (Cardozo et al., 2009); (Insaurrealde y Cardozo, 2010), se trata de un cociente entre la accesibilidad topológica (A_y) y el número total de nodos (n), expresada de la siguiente manera:

$$P_y = A_y/n$$

- *Índice Omega*: sirve para obviar la dificultad de comparar redes con distinto número de nodos, siendo $A_{máx}$. el índice de Shimbeld más alto, y $A_{mín}$. El más bajo. Expresado como:

$$\Omega_y = (A_y - A_{mín})100 / A_{máx} - A_{mín}$$

3.4 Accesibilidad absoluta y Relativa

Con el indicador de accesibilidad absoluta se calcula el promedio de las impedancias que separan a cada nodo con respecto de los diferentes centros de población a través de la red (Gutiérrez y Monzón, 1993) (por el

camino de mínima impedancia) considerando a la cantidad de habitantes como factor de ponderación. Esta accesibilidad no está solo condicionada por la dotación de infraestructuras de transporte sino que también se va ver influida por la situación geográfica del área. Para el cálculo de la impedancia a través de la red, se ha utilizado el tiempo promedio de circulación por las diferentes carpetas de rodado lo que hace variar los promedios de circulación (Tabla N°1). Sin embargo se ha hecho el promedio de las tres dividido por la distancia para obtener una calificación de tiempo comparada con la realidad.

Cuadro N° 1 Impedancias

Material	velocidad
Asfalto /	70 km/h
Ripio	50 km/h
Tierra	30 km/h

En el actual caso la accesibilidad se expresa en términos de tiempo de viaje. En este sentido el tiempo de viaje es calculado de acuerdo al promedio de circulación asignado a cada nodo de acuerdo a la distancia vial o real (Accesibilidad Absoluta o Accesibilidad Relativa) del nodo de destino, adaptando el procedimiento propuesto Farrow y Nelson (2001) en Pablo *etal.*, (2002), luego se reescala mediante la ecuación para expresarla en términos de tiempo requerido en cruzar de un nodo a otro.

$$S = d * \left(\frac{1}{\text{vel} * \left(\frac{1000}{3600} \right)} \right)$$

Expresando el cálculo del índice de la siguiente forma:

$$IAA_i = \frac{\sum (H_j * S_a)}{\sum H_j}$$

Donde IAA_i es la accesibilidad absoluta del nodo i , H_j la cantidad de población de la localidad de destino S_a el tiempo de viaje real que considera las impedancias, establecidas de acuerdo a los tiempos mínimos de desplazamiento a través de la red de carreteras. Con este indicador que se obtuvo se generó un mapa temático de Accesibilidad Absoluta. Se clasificó la información en intervalos determinando clases de accesibilidades desde niveles muy bajos hasta muy altos, los cuales se representaron mediante cartografía temática.

Para evitarlos efectos de la localización geográfica de los distintos nodos, se ha propuesto un Indicador de Accesibilidad Relativa, en la cual la accesibilidad únicamente va a depender de la dotación de infraestructuras. Neutralizando el efecto de la localización geográfica, con el objetivo de resaltarlos efectos de red de caminos y carreteras sobre la accesibilidad, reflejando la característica geométrica de la red y el tipo de infraestructura hacia los distintos centros poblados, relacionando el tiempo de viaje real con el tiempo de viaje ideal, que se originaría por el recorrido en una autopista pavimentada y en forma de línea recta (Analistas Económicos de Andalucía, 2001 en Ávila, 2012).

$$IAR_{ij} = \frac{\sum (H_j * S_a)}{\sum (H_j * S_r)}$$

Donde IAR_{ij} sería la impedancia mínima ideal entre el nodo i y el nodo j , es decir, el tiempo de acceso considerando la existencia de la mejor infraestructura disponible. De este modo, para cada relación se determina el tiempo de viaje mínimo de un centro poblado al centro más próximo. Midiendo la proximidad de cada centro poblado y su facilidad para desplazarse hacia el nodo más cercano (López *et al.*, 2008), cuando el resultado tienda a 1 la impedancia real estará cerca de la ideal, pero irá aumentando a medida que la primera se aleje de la segunda.

3.5 DISEÑO DE PAVIMENTOS

DISEÑO DE PAVIMENTO A CONSIDERAR

Partiendo del concepto que las calles se pavimentaran mediante pavimento flexible, su diseño se realizara considerando como tal.

El método de diseño empleado en el presente estudio es el método de CBR, el cual se ajusta más a la presente realidad ya que sus parámetros de diseño pueden ser fácilmente controlables.

Por lo que teniendo como parámetro al terreno natural el cual en los casos más críticos se encuentran conformados por una mezcla de arenas finas a gruesas mal graduadas con limo sin plasticidad al cual corresponde una clasificación A-2-4 (1) y A-4 (0) presentado un CBR promedio de 9.79% al 95% de su máxima densidad seca; Este CBR es el que se obtuvo promediando los 2 CBR realizado en laboratorio el cual es mucho mayor al CBR determinado por el ensayo DCP que al promediar es 5.97% es este valor de CBR que utilizaremos como dato de diseño, es estas calles podrán soportar vehículos con un tránsito mediano, entre automóviles y camiones

ligeros. Para el diseño tuvimos en cuenta que la zona presenta rellenos no calificados y presentándose el nivel freático cercano a la superficie en algunas calles es imprescindible realizar un mejoramiento y estabilización de suelos, por lo que deberá colocar una capa de material.

DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO

Para efectos de determinar el espesor del esfuerzo del pavimento requerido. Los parámetros de diseño que se consideran son las propiedades de los materiales, el tipo de tránsito, condiciones de ambiente, etc.

La fórmula general que gobierna el número estructural de diseño, presenta la siguiente expresión:

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

Donde:

W_{18} : Número total de Ejes Equivalentes, para el periodo de diseño (ESAL)

Z_R : Desviación estándar normal

S_o : Error de combinación estándar

SN : Número Estructural

ΔPSI : Diferencia de servicialidad (Serviciabilidad inicial p_i – Serviciabilidad final p_f)

M_R : Modulo resiliencia de la subrasante

t: Periodo de diseño en años

g%: Tasa de crecimiento anual

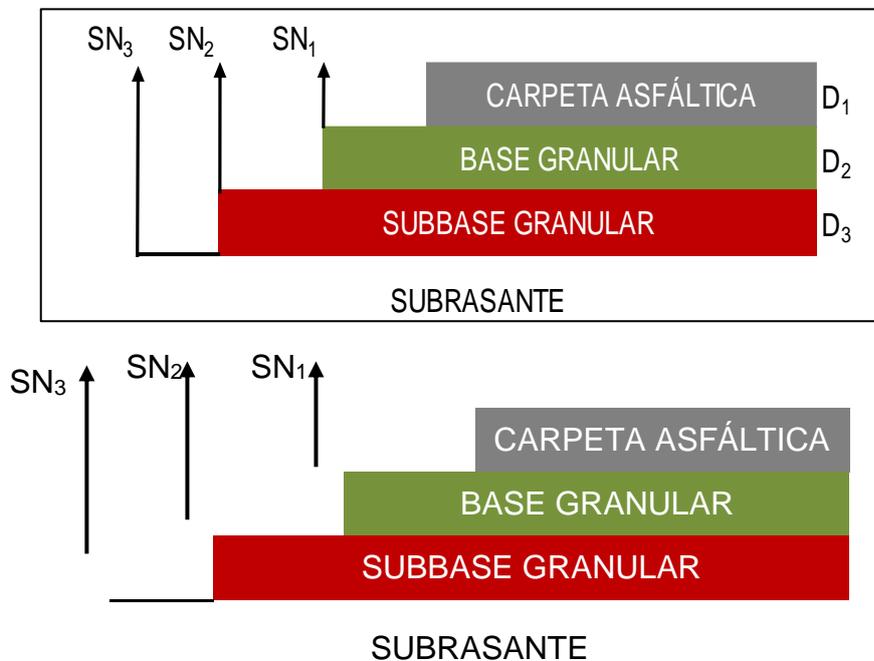
R%: Confiabilidad

CBR: Valor de la relación de soporte (CBR) de la subrasante (%)

El número estructural de resistencia del pavimento flexible viene

dato por la fórmula:

$$SN = a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3$$



Esquema típico del Numero Estructural (SN_i) y espesores (D_i) de estructura de un pavimento.

Donde:

a1: Coeficiente estructural de la capa de rodadura

D1: Espesor de la capa de rodadura (cm)

a2: Coeficiente estructural de la capa de base granular

- D2: Espesor de la capa de base granular (cm)
- m2: Coeficiente que refleja el drenaje de la capa 2
- a3: Coeficiente estructural de la capa de subbase granular
- D3: Espesor de la capa de subbase granular (cm)
- m3: Coeficiente que refleja el drenaje de la capa 3

- **Número total de Ejes Equivalentes, para el periodo de diseño (ESAL) W18:** Es el número de repeticiones de cargas equivalentes de un eje simple de ruedas duales de carga estándar de 18,000 lb (8.2 tn.) acumuladas en el periodo de diseño, denotado como W18 y el cálculo del mismo se define del estudio de tránsito que viene hacer el conteo de vehículos por tipo y el pesaje de los mismos, de manera que se hallaron los factores de carga de cada tipo de vehículo que transitó.

Tabla 3.5.1: Número total de ejes equivalentes ESAL W18

ANALISIS DE TRAFICO				
TIPO DE VEHICULO	N° DE VEHICULOS (por año)	FACTOR CAMION	4% TASA DE CRECIMIENTO	ESAL
Unidades Simples				
2 ejes, 4 llantas	27375	0.0026	29.78	2120
2 ejes, 6 llantas	5110	0.2300	29.78	35000
3 o más simples	2190	0.7600	29.78	49566
Semi tráiler y combinaciones				
4 ejes o menos	730	0.460	29.78	10000
5 ejes	365	0.770	29.78	8370
Todos los vehículos	35770		ESAL de Diseño	105056

Tabla 3.5.2: Número total de ejes equivalentes ESAL W18

Periodo de Diseño (años)	Tasa de Crecimiento Anual	ESAL W18
20	4	1.05E+05

➤ **Tasa de crecimiento anual (g%):**

Se efectuarán proyecciones de tráfico considerando la tasa anual de crecimiento calculada según la tendencia histórica y proyecciones de carácter socio económico (PBI, tasas de motorización, proyecciones de la población, evolución del ingreso, etc.), De los últimos años el PBI esta entre 2% y 6% de crecimiento

anual, de dicha información tomaremos el 4% como tasa de crecimiento anual.

➤ **Confiabilidad (R%):**

Generalmente ante los incrementos de los volúmenes de tráfico, de las dificultades para diversificar el tráfico y de las expectativas de disponibilidad del público, debe minimizarse el riesgo de que los pavimentos no se comporten adecuadamente. Este objetivo se alcanza seleccionando niveles de confiabilidad más altos. La Tabla 3.5.3 presenta los niveles de confiabilidad recomendados para varias clasificaciones funcionales. Para el diseño de pavimento en se adoptara una confiabilidad de 80%, por ser vías locales.

Tabla 3.5.3: Niveles de confianza sugeridos para diferentes carreteras

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad recomendado (R)	
	Urbano	Rural
Autopista y carreteras interestatales, y otras vías	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

FUENTE: La Guía de Diseño AASHTO

- **Desviación estándar normal (ZR):** Valores de desviación estándar normal, se muestran en la tabla 3.5.4 donde se aprecia los valores de desviación estándar normal que se adopta en base al nivel de confianza. Según la Guía de Diseño de AASHTO, resulta un ZR de -0.842 para un nivel de confiabilidad de 80%.
- **Error de combinación estándar (So):** Es la desviación estándar, valores obtenidos según AASHTO se aprecian en la tabla 3.5.5. El valor de Desviación estándar Total varía entre 0.40 y 0.50 para pavimento flexible. Se adopta el valor promedio de $So = 0.45$.

Tabla 3.5.5: Valores de Desviación estándar total (So)

Desviación estándar total (So)	
0.30 - 0.40	Pavimentos rígidos
0.40 - 0.50	Pavimentos flexibles

FUENTE: La Guía de Diseño AASHTO

- **Índice Serviciabilidad (PSI)**

Para el diseño es necesario seleccionar un índice de serviciabilidad inicial y final.

El índice de Serviciabilidad terminal o final de diseño deberá ser tal que culminado el periodo de vida proyectado, la vía (superficie de rodadura) ofrezca una adecuada serviciabilidad.

El valor de la serviciabilidad inicial, de acuerdo a la tabla 3.5.6 será de $pi=4.2$.

El índice de serviciabilidad final de acuerdo a la tabla 3.5.6 será $pt=2.0$.

Por lo que la diferencia de servicialidad ($\Delta PSI = p_i - p_t$): será 2.2.

Tabla 3.5.4: Valores de desviación estándar normal

Confiabilidad (R%)	Desviación normal estándar (ZR)
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.842
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: La Guía de Diseño AASHTO

Tabla 3.5.6: Valores de Índice de serviciabilidad inicial (pi)

Índice de serviciabilidad inicial (pi)	
4.2	pavimentos flexible
4.5	pavimentos rígidos

FUENTE: La Guía de Diseño AASHTO

Tabla 3.5.7: Valores de Índice de serviciabilidad final (pt)

Índice de serviciabilidad final (pt)	
2.5 ó 3.0	Carreteras principales
2	Carreteras con clasificación menor
1.5	Carreteras relativamente menores , donde las condiciones económicas determinan que gastos iniciales deben ser mantenidos bajos

FUENTE: La Guía de Diseño AASHTO

- **Periodo de diseño (t):** El periodo de diseño para la obtención de la estructura del pavimento es de 20 años de acuerdo al Manual de Carreteras del MTC por tener bajo volumen de tránsito.

3.6 METODO AASHTO VERSIÓN 93

DISEÑO DE ESPESORES

Este paso consiste en definir las diferentes capas de la estructura del pavimento, las que de acuerdo a sus características estructurales satisfagan al Número Estructural calculado. La estructura no tiene solución

única, en la elección de las capas se deben considerar los materiales disponibles y su costo.

Memoria de cálculo del SN:

1.- DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE:

a) Periodo de diseño en años (t):	20
b) Tasa de crecimiento anual (g%):	4.00%
c) Tráfico (W18)	105,056
d) Confiabilidad (R%):	80
e) Desviación estándar normal (ZR):	-0.842
f) Error de combinación estándar (So):	0.45
g) Índice de servicialidad inicial (pi):	4.20
h) Índice de servicialidad final (pt):	2.00
i) Diferencia de servicialidad (ΔPSI = pi - pt):	2.20
j) CBR de la Sub Rasante (%):	5.97
k) Módulo de Resiliencia (MR) :	8,017.05 psi

1.1.- CARACTERISTICAS DE MATERIALES:

a) Módulo de Resiliencia del Concreto Asfáltico (Mr):	450,000.00 psi
b) Módulo de Resiliencia de la Base Granular (Mr):	42,205.45 psi
c) Módulo de Resiliencia de la Sub Base Granular (Mr):	27,083.78 psi

1.2.- DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO:

A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA

Concreto Asfáltico Convencional (a1):	0.44
Base Granular (a2)	0.13
Sub-Base (a3)	0.12

B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA

Base granular (m2):	0.80
Subbase granular (m3):	0.80

2.- NUMERO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO (SN) :

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Reemplazando valores en la fórmula, para el calculo de SN teórico:

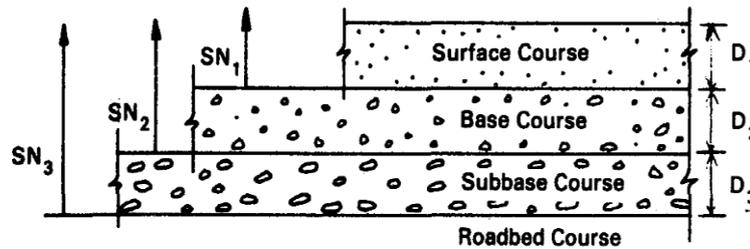
Para:	SN	=	2.131 (iterar)
	5.021	=	5.021

SN	=	2.131
-----------	---	--------------

3.- CALCULO DE ESPESORES DE CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO:

El Número Estructural se calculará con la ecuación de diseño presentada por la AASHTO-93 se interrelacionan con los espesores de capa y drenaje según la expresió

$$SN = a_1.D_1 + a_2.D_2.m_2 + a_3.D_3.m_3$$



Reemplazando valores en:

D1: Esp. carpeta asfáltica = **5.08** cm = 2.00 pulg.

D2: Espesor de la base = **15** cm = 5.906 pulg. (material granular)

D3: Espesor de subbase = **X** pulg. (material granular)

$$2.131 = 0.44 \times 2.00 + 0.13 \times 5.91 \times 0.80 + 0.12 \times D3 \times 0.80$$

$$2.131 = 0.9 + 0.59 + 0.09 D3$$

$$D3 = 7.17 \text{ pulg.} = 18.22 \text{ cm}$$

ESTRUCTURA PROPUESTA:

Carpeta asfáltica = **5.08** cm

Base Granular = **15** cm

Subbase = **20** cm

Espeor del Pavimento = 40cm

El espesor de la carpeta asfáltica adoptada según diseño es de 2” valor que cumple con el mínimo establecido por el Reglamento Nacional de Edificaciones que dice el espesor de la carpeta de rodadura para pavimento flexibles en vías locales será $\geq 50\text{mm}$.

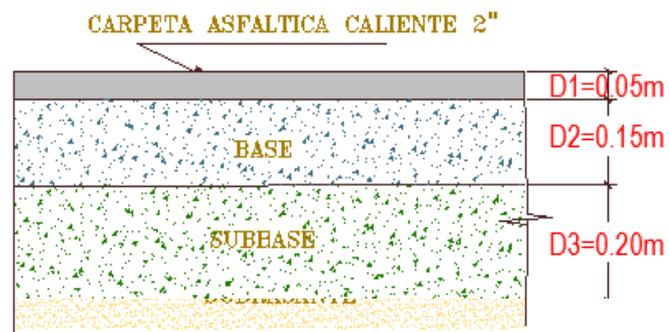


FIGURA 3.6.1: Estructura del pavimento.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Introducción

Dentro de las nuevas tecnologías, en la actualidad las geotecnologías se convierten en herramientas esenciales en el análisis del territorio, una de ellas el SIG (Sistema de Información Geográfica) permite analizar e identificar patrones, relaciones y tendencias en la información, en diversas escalas y unidades espaciales de referencia (ILWIS, 2014).

Las investigaciones asociadas a problemáticas de las geo ciencias son generalmente espaciales y para su análisis requiere la definición de las variables que se combinan dentro de una unidad geográfica que define el territorio de estudio tendiente a mejorar la distribución de los recursos.

El objetivo es presentar una metodología para el análisis de accesibilidad a través de las funcionalidades de un Sistema de Información Geográfica, basado en los efectos derivados del estado de las vías respecto a la pendiente; estos efectos se miden en términos de costos-proximidad es decir pérdidas de accesibilidad para establecer el camino óptimo (Bosque y García, 2000). El análisis devuelve variables raster, que almacenan datos en una matriz de celdas (píxeles) organizadas en filas y columnas (Buiten y Clevers, 1998).

4.2 Datos

La red vial del Perú y los centros poblados utilizados en este trabajo vienen de una resolución espacial 1:50 000. Estos datos fueron obtenidos del

servicio *Web Feature Service* WFS del organismo del Estado encargado de la cartografía oficial Peruana (IGM, 2014). La red vial tiene información sobre la categorización oficial que maneja el Perú, mientras que los centros poblados cuentan con el denominativo del mismo.

Las vías y los centros poblados son variables vector.

El modelo digital del terreno corresponde al SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) que tiene una resolución de 90metros en el ecuador (paralelo) y es proporcionado en mosaicos de 5 grados x 5 grados. Es una variable raster.

4.3 Clasificación

Clasificación de vías:

Para estudiar la accesibilidad se evaluó por categoría de vía la velocidad promedio como parámetro para el cálculo en el modelo.

Se estableció 5 categorías de vías considerando si son pavimentadas o no.

El modelo también consideró los senderos por ser en algunas regiones las únicas alternativas de movilidad.

Clasificación de pendientes:

De acuerdo a la variación topográfica que presenta el Perú se consideró 6 clases de variación de la pendiente, considerando un valor más alto a las pendientes de mayor ángulo.

4.4 Unidad Geográfica

La unidad geográfica de estudio se centra en la provincia de Virú, (Fig. 1), distrito de Guadalupito donde se encuentra el poblado Huacacorral que es el punto de salida desde el cual se va a encontrar el camino óptimo hacia uno de los centros de salud que se encuentra más cerca. Se consideró el poblado Huacacorral por ser el más apartado dentro de la zona rural del distrito de Guadalupito, mientras que los centros de salud se encuentran concentrados en la capital de la provincia o en centros considerados como urbanos del distrito de Chao, Santa y Coishco (colindante con Guadalupito). Las vías que sirven a Huacacorral están sin pavimentar de una vía.

4.5 Cálculo de Accesibilidad

En este estudio se utiliza los principios de localización, esto es intentar modelar la accesibilidad espacio-temporal de la población hacia los centros de salud.

En los cálculos hay que tomar en cuenta al momento de modelizar, el nivel de resolución espacial de nodo de salida y nodos de llegada, la red vial y el modelo digital del terreno, porque pueden influir en la subestimación de los resultados.

Al momento de establecer los factores de escala en la matriz de relación vías-pendiente es donde hay que considerar ese efecto.



Fig. 1: Ubicación de la zona de estudio respecto al Departamento de La Libertad

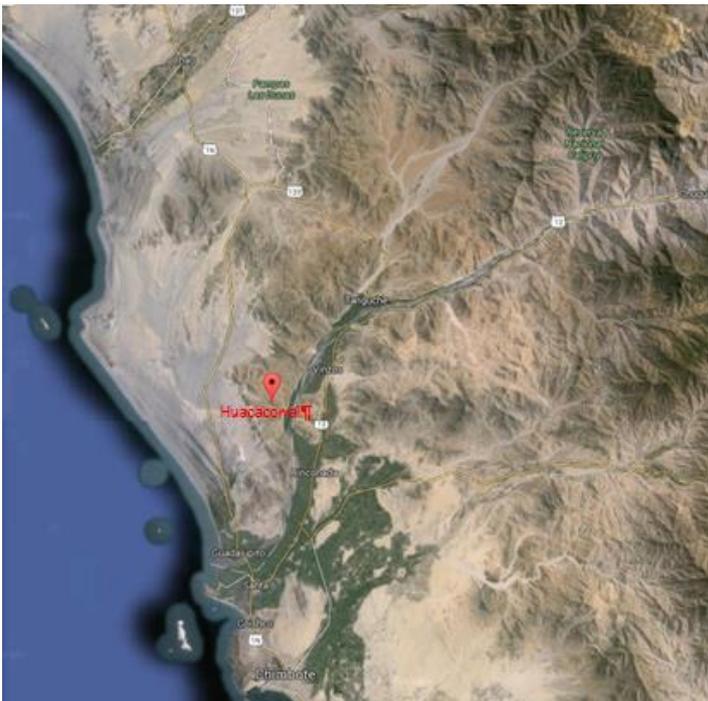


Fig. 2: Distribución de poblados respecto a Huacacorrall.

El origen es el nodo i que corresponde al centroide del centro poblado y los destinos j son los centroides de los centros de salud (Fig. 3).

Se calcula costos vías-pendiente dentro de la zona de estudio es decir el costo de movilidad entre i y j .



Fig. 3: Ubicación del nodo de salida (i) y los nodos posibles de llegada (j) sobre la variable pendiente

4.6 Evaluación de Rutas

El cálculo se basa en el criterio de que es más costoso atravesar pendientes más fuertes en función del tipo de vía, considerando la velocidad de desplazamiento promedio, lo que establece una ponderación para la combinación de las dos variables.

TESIS: ALTERNATIVAS PARA LA TRANSITABILIDAD AL ANEXO HUACACORRAL DEL DISTRITO DE GUADALUPITO – VIRÚ – LA LIBERTAD”

ruta 01

HUACACORRAL - CHIMBOTE

TRAMO	DISTANCIA	COEFICIENTE DE	DISTANCIA	TIPO DE	TIPO DE	VELOCIDAD DE	TIEMPO DE
	REAL (KM)	CONVERSION*	VIRTUAL	PAVIMENTO	PAVIMENTO (%)	DESPLAZAMIENTO (KM)	VIAJE (HORAS)
HUACACORRAL-PANAMERICANA NORTE	10,6	1,58	16,75	AFIRMADO	33,40%	30	0,558
PANAMERICANA NORTE - SANTA	22,6	1,00	22,6	ASFALTADO	45,06%	60	0,377
SANTA-CHIMBOTE	10,8	1,00	10,8	ASFALTADO	21,54%	60	0,180
			TOTAL				1,115

Tiempo de viaje Ruta 1=1hora y 7minutos

ruta 02

HUACACORRAL - VIRU

TRAMO	DISTANCIA	COEFICIENTE DE	DISTANCIA	TIPO DE	TIPO DE	VELOCIDAD DE	TIEMPO DE
	REAL (KM)	CONVERSION	VIRTUAL	PAVIMENTO	PAVIMENTO (%)	DESPLAZAMIENTO (KM)	VIAJE (HORAS)
HUACACORRAL-PANAMERICANA NORTE	10,6	1,58	16,75	AFIRMADO	25,28%	30	0,558
PANAMERICANA NORTE - CHAO	32,00	1,00	32	ASFALTADO	48,30%	60	0,533
CHAO-VIRU	17,5	1,00	17,5	ASFALTADO	26,42%	60	0,292
			TOTAL				1,383

Tiempo de viaje Ruta 2=1hora y 23minutos

En el caso de asfaltar el tramo Huacacorrall-Panamericana Norte

RUTA 1

HUACACORRAL - CHIMBOTE

TRAMO	DISTANCIA	COEFICIENTE DE	DISTANCIA	TIPO DE	TIPO DE	VELOCIDAD DE	TIEMPO DE
	REAL (KM)	CONVERSION*	VIRTUAL	PAVIMENTO	PAVIMENTO (%)	DESPLAZAMIENTO (KM)	VIAJE (HORAS)
HUACACORRAL-PANAMERICANA NORTE	10,6	1,00	10,6	ASFALTADO	24,09%	60	0,177
PANAMERICANA NORTE - SANTA	22,6	1,00	22,6	ASFALTADO	51,36%	60	0,377
SANTA-CHIMBOTE	10,8	1,00	10,8	ASFALTADO	24,55%	60	0,180
			TOTAL				0,733

El tiempo de viaje de la Ruta 1 sería 44minutos, reduciéndose en 23' el trayecto de ir de Huacacorrall a Chimbote debido al incremento de la velocidad.

ruta 2

HUACACORRAL - VIRU

TRAMO	DISTANCIA	COEFICIENTE DE	DISTANCIA	TIPO DE	TIPO DE	VELOCIDAD DE	TIEMPO DE
	REAL (KM)	CONVERSION	VIRTUAL	PAVIMENTO	PAVIMENTO (%)	DESPLAZAMIENTO (KM)	VIAJE (HORAS)
HUACACORRAL-PANAMERICANA NORTE	10,6	1,00	10,6	ASFALTADO	17,64%	60	0,177
PANAMERICANA NORTE - CHAO	32,00	1,00	32	ASFALTADO	53,24%	60	0,533
CHAO-VIRU	17,5	1,00	17,5	ASFALTADO	29,12%	60	0,292
			TOTAL				1,002

El tiempo de viaje de la Ruta 2 sería 1 hora, reduciéndose en 23’ el trayecto de ir de Huacacorral a Virú debido al incremento de la velocidad.

Se calcula el tiempo acumulado de viajar desde Huacacorral a cualquier ubicación a los centros de salud, determinando cuánto costará llegar a los centros de salud siguiendo la *ruta de menor costo*.

RUTA 01

HUACACORRAL - CHIMBOTE

TRAMO	DISTANCIA	TIPO DE	TIEMPO DE	COSTO DEL
	VIRTUAL	PAVIMENTO	VIAJE (HORAS)	VIAJE (S/.)*
HUACACORRAL-PANAMERICANA NORTE	16,75	AFIRMADO	0,558	4,00
PANAMERICANA NORTE - SANTA	22,6	ASFALTADO	0,377	2,50
SANTA-CHIMBOTE	10,8	ASFALTADO	0,180	0,70
	50,15		1,115	7,20

* Costo del viaje en microbus

RUTA 02

HUACACORRAL - VIRU

TRAMO	DISTANCIA	TIPO DE	TIEMPO DE	COSTO DEL
	VIRTUAL	PAVIMENTO	VIAJE (HORAS)	VIAJE (S/.)*
HUACACORRAL-PANAMERICANA NORTE	16,75	AFIRMADO	0,558	4,00
PANAMERICANA NORTE - CHAO	32	ASFALTADO	0,533	5,00
CHAO-VIRU	17,5	ASFALTADO	0,292	5,00
	66,25		1,383	14,00

* Costo del viaje en microbus

De las evaluaciones realizadas, se verifica que la Ruta 01, es la de menor tiempo de viaje y la de menor costo.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En el presente estudio se determinó que la Ruta: Huacacorral-Panamericana Norte-Santa-Chimbote, es la más apropiada, más corta y de menor costo, correspondiendo al gobierno local y central implementar políticas sectoriales para el asfaltado de la vía Huacacorral-Panamericana. Este tipo de estudios son importantes incluir en políticas públicas en términos de planificación para por ejemplo determinar prioridades para reubicar centros de salud, acceso a zonas de turismo comunitario, rutas de evacuación ante un evento natural o antrópico.

En el país como en otros países los centros de salud están centralizados en la capital de provincia o capitales de distritos, por lo que es necesario conocer el patrón espacial en el territorio de los centros poblados de zonas rurales a los servicios o infraestructuras, para alcanzar la equidad al acceso como parte del plan de Buen Vivir.

Metodologías como la planteada por medio de sistema de información geográfica puede contribuir a la toma de decisiones de los Gobiernos locales, Provinciales y regionales, de forma más equitativa.

5.2 RECOMENDACIONES

La satisfacción de las necesidades suponen la interconexión de lugares geográficos mediante redes de transporte necesarios para los múltiples intercambios producidos entre los nodos, creando una red capaz de

convertirse en uno de los principales factores explicativos de las diferencias de accesibilidad en el espacio.

La integración del territorio y sus centros poblados representa un amplio desafío por su envergadura, ya que la estructura vial aunque parece conectar las cabeceras comunales, en realidad demuestra que la concentración vial sirve como alimentador de cabeceras provinciales y regionales cuando la red se ve inserta en territorios más amplios, en desmedro del desarrollo vial del territorio, necesario para que se pueda cubrir y satisfacer las demanda de bienes y servicios, que se refleja en sectores alejados que presentan localidades con difíciles condiciones de vida, fuertes índices de pobreza y limitada productividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ❖ Vickrey, William. 1977. The City as a Firm. En: Feldstein, Martin; Inman, Robert (eds.). *The Economics of Public Services*, Macmillan, Londres, 334-343. Reproducido en: Arnott, Richard; Arrow, Kenneth; Atkinson, Anthony; Dreze, Jacques (eds.). 1994. *Public Economics. Selected Papers by William Vickrey*. Cambridge University Press, Cambridge: 339-349.
- ❖ Weber, Max. 1987. *Historia económica general*. Fondo de Cultura Económica, México (1924).
- ❖ Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras; Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- ❖ Caminos, Tomo I y II; José Luís Escario, Publicaciones de Escuela Técnica Superior de Investigaciones de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, Primera Edición.
- ❖ Carreteras, calles y Aeropuertos; Raúl Valle Rodas, Edit. El Ateneo, Buenos Aires-Argentina, Primera Edición.
- ❖ La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres; Alonso Rico Rodríguez y Emilio del Castillo, Edit. Limusa, México, Primera Edición.
- ❖ Especificaciones para Caminos y Puentes; Centro Regional de Ayuda, Edit. Abaja, México.
- ❖ Alvarado, M. (2003). El vino en la historia de Chile y el mundo. (1ª Edición) Santiago, Chile: Origo Ediciones.

- ❖ Álvarez, c. (2001): Derecho del Vino. Denominaciones de Origen. (1ª Edición) Santiago, Chile: Editorial Jurídica de Chile.
- ❖ Ávila, M. (2012): Políticas Públicas y Articulación del Territorio: desarrollo de la Red Vial en la Región de Aysén. Memoria para optar al título Profesional de Geógrafo. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Escuela de Geografía. Santiago – Chile. Recuperado en agosto de 2014 de http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2012/aq-avila_m/pdfAmont/aq-avila_m.pdf.
- ❖ Bosque, J. (1997): sistemas de Información Geográfica. (2ª. ed.). Madrid. Ediciones Rialp, S.A.
- ❖ Cardozo, o.; Gómez, e.; Parras, M. (2009): “Teoría de Grafos y Sistemas de Información Geográfica aplicados al Transporte Público de Pasajeros en Resistencia”. Revista Transporte y Territorio, N° 1 Univ. de Bs. As, 89-111. Recuperado en agosto de 2014 de <http://www.rtt.filo.uba.ar/RTT00105089.pdf>.
- ❖ Carrera, c.; Del canto, c.; Gutiérrez, r; Méndez, r. y Pérez, M.c. (1988) Trabajos prácticos de geografía humana. Madrid. Editorial Síntesis.
- ❖ Cepal (2012): Perfiles de infraestructura y Transporte en América Latina. Caso de Chile. Unidad de Servicios de Infraestructura de la División de Recursos Naturales e Infraestructura, de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Consultado en octubre de 2014 de http://www.cepal.org/perfil/noticias/noticias/7/29957/Caso_Chile.pdf.
- ❖ Farrow, a. y Nelson, a. (2001): Modelación de la Accesibilidad en ArcView. Recuperado el 25 de marzo de 2008 de

<http://www.ciat.cgiar.org/access/acceso/index.htm>. Disponible en:

http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/ciat_access_es.pdf

- ❖ Garrido, J. (1995): “La organización espacial de la red de carretera en Aragón. Aplicación de la metodología de la teoría de grafos”. Geographicalia, nº 32, 83-102. Recuperado en agosto de 2014 de <http://www.unizar.es/geografia/geographicalia/garrido-grafos.pdf>.
- ❖ Garrison, w. I. y Marble, D. F. (1964): “Factor-analytic study of the connectivity of a transportation network”, Papers of the Regional Science Association, Volume 12, Issue 1, 231-238
- ❖ Goodall, B. (1987): Dictionary of Human Geography. Puffin Paperback. Tx. USA.

ANEXOS

ANEXO 1

PANEL FOTOGRÁFICO



Foto N° 01: Vista de la carretera que une Huacacorral con la Panamericana Norte.



Foto N° 02: Panorama de la carretera sin asfaltar que une Huacacorral con la
Panamericana Norte

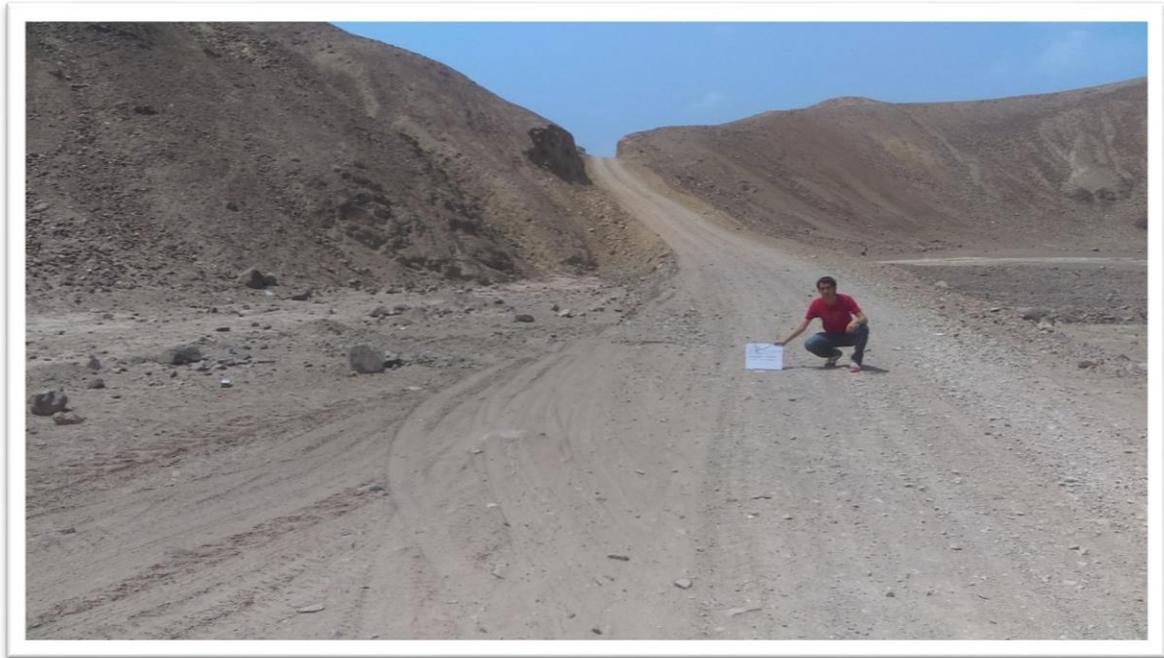


Foto N° 03: Otra vista de la carretera, al fondo se aprecia una curva vertical.



Foto N° 04: Panorama del eje de la vía que se encuentra en medio de una cadena de cerros con abundante material de afirmado.



Foto N° 05: Se aprecian las curvas horizontales de la carretera.



Foto N° 06: Otra vista de curvas S de la vía a Huacacorral



Foto N° 07: Localización de la calicata. Se aprecia la vía afirmada desgastada debido al tránsito de los vehículos.



Foto N° 08: Vista de la carretera, que ha sido utilizada por muchas generaciones en las mismas condiciones.



Foto N° 09: Otro sector de la carretera en el que se aprecia que el afirmado ha sido estabilizado con sal.



Foto N° 10: Vista de la carretera, en la que se aprecia el afirmado estabilizado con sal.

ANEXO 2

ENSAYOS DE LABORATORIO



Foto N°01: Proceso de preparación de la muestra con el óptimo de humedad para elaboración del espécimen, para determinar el CBR.



Foto N°02: Aplicación de grados de compactación para el CBR, realizados con 56, 25 y 10 golpes por capa, con el contenido óptimo de humedad correspondiente.



Foto N°03: Peso del molde más muestra después de ser compactado y enrasado antes de su saturación.



Foto N°04: Colocación de la sobrecarga en los especímenes.



Foto N°05: Vista del dial, antes de la saturación de los especímenes.



Foto N°06: Saturación de los especímenes durante 72 horas.



Foto N°07: Lectura del dial después de la saturación de los especímenes.

ANEXO 4

DISEÑO DEL PAVIMENTO

I. MEMORIA DE CALCULO DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.

1.- DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE:

a) Periodo de diseño en años (t):	20
b) Tasa de crecimiento anual (g%):	4.00%
c) Tráfico (W18)	105,056
d) Confiabilidad (R%):	80
e) Desviación estándar normal (ZR):	-0.842
f) Error de combinación estándar (So):	0.45
g) Índice de servicialidad inicial (pi):	4.20
h) Índice de servicialidad final (pt):	2.00
i) Diferencia de servicialidad (ΔPSI = pi - pt):	2.20
j) CBR de la Sub Rasante (%):	5.97
k) Módulo de Resiliencia (MR) :	8,017.05 psi

1.1.- CARACTERISTICAS DE MATERIALES:

a) Módulo de Resiliencia del Concreto Asfáltico (Mr):	450,000.00 psi
b) Módulo de Resiliencia de la Base Granular (Mr):	42,205.45 psi
c) Módulo de Resiliencia de la Sub Base Granular (Mr):	27,083.78 psi

1.2.- DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO:

A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA

Concreto Asfáltico Convencional (a1):	0.44
Base Granular (a2)	0.13
Sub-Base (a3)	0.12

B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA

Base granular (m2):	0.80
Subbase granular (m3):	0.80

2.- NUMERO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO (SN) :

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.01$$

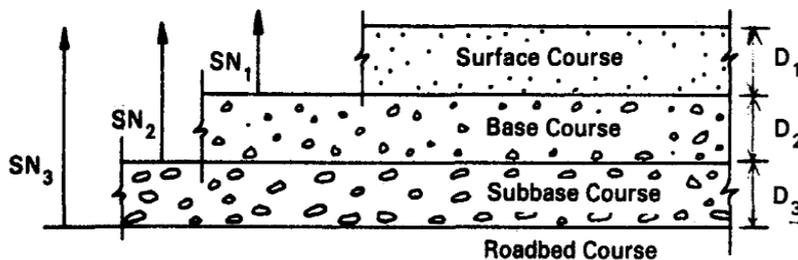
Reemplazando valores en la fórmula, para el calculo de SN teórico:

Para:	SN	=	2.131 (itera
	5.021	=	5.021
	SN	=	2.131

3. CÁLCULO DE ESPESORES DE CAPAS DE ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

El número estructural se calculará con la ecuación de diseño presentada por la AASHTO-93 se interrelacionan con los espesores de capa y drenaje según la expresión:

$$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3$$



Reemplazando valores en:

D1: Esp. carpeta asfáltica = **5.08** cm = 2.00 pulg.

D2: Espesor de la base = **15** cm = 5.906 pulg. (material granular)

D3: Espesor de subbase = **X** pulg. (material granular)

$$2.131 = 0.44 \times \mathbf{2.00} + 0.13 \times \mathbf{5.91} \times 0.80 + 0.12 \times \mathbf{D3} \times 0.80$$

$$2.131 = 0.9 + 0.59 + 0.09 \mathbf{D3}$$

$$\mathbf{D3} = \mathbf{7.17} \text{ pulg.} = \mathbf{18.22} \text{ cm}$$

ESTRUCTURA PROPUESTA:

Carpeta asfáltica = **5.08** cm

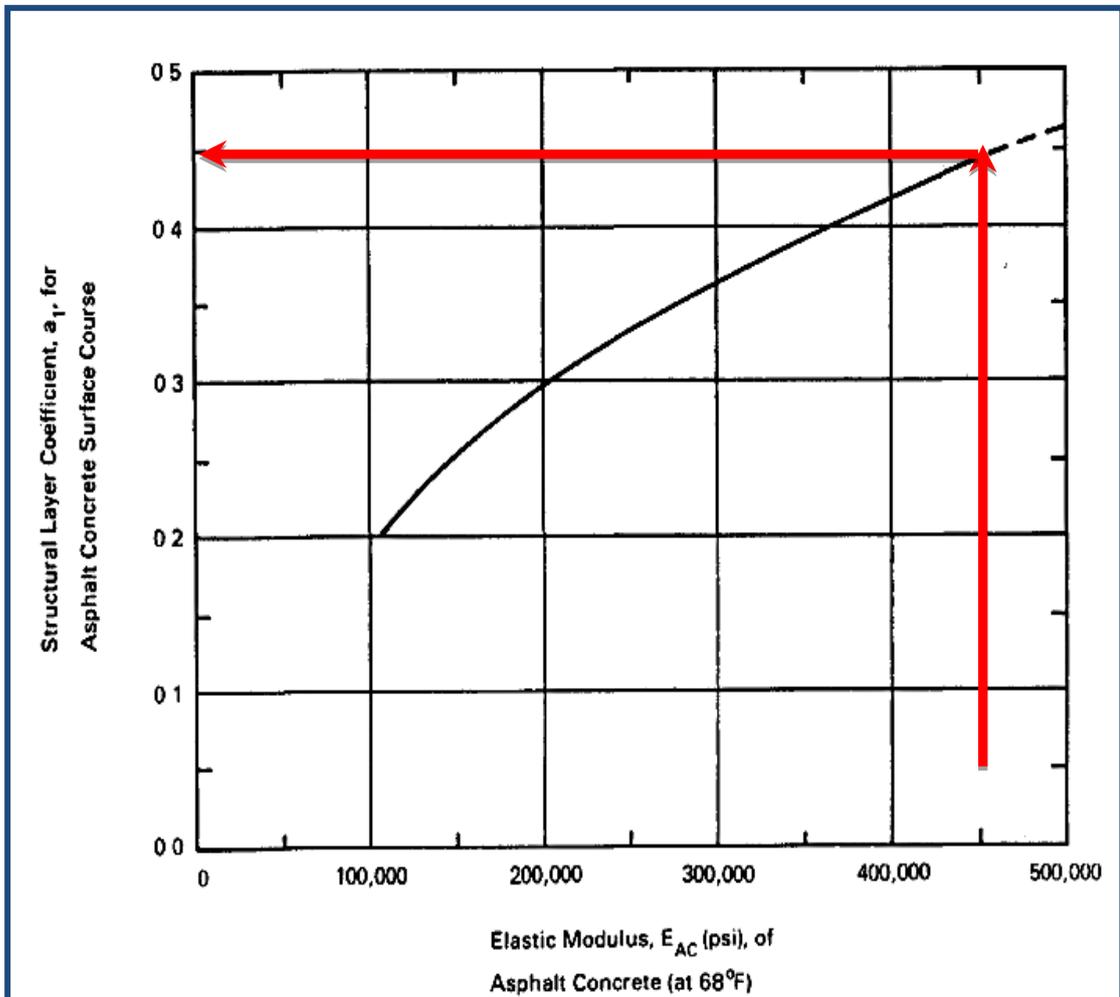
Base Granular = **15** cm

Subbase = **20** cm

Espesor del Pavimento = 40cm

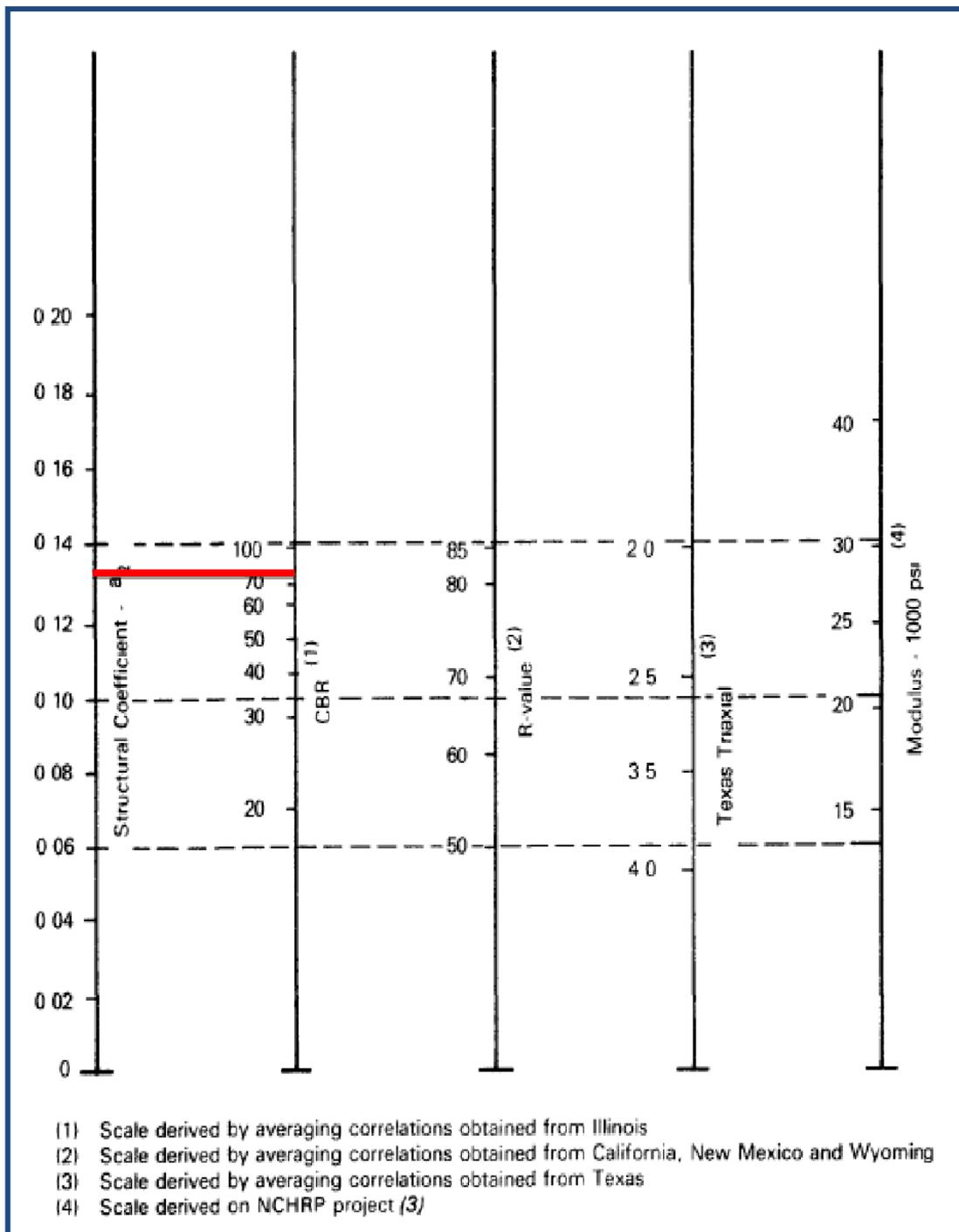
4. GRÁFICOS

GRAFICO N°01: VARIACIÓN DE a_1 EN FUNCIÓN DEL MÓDULO RESILIENTE DEL CONCRETO ASFÁLTICO



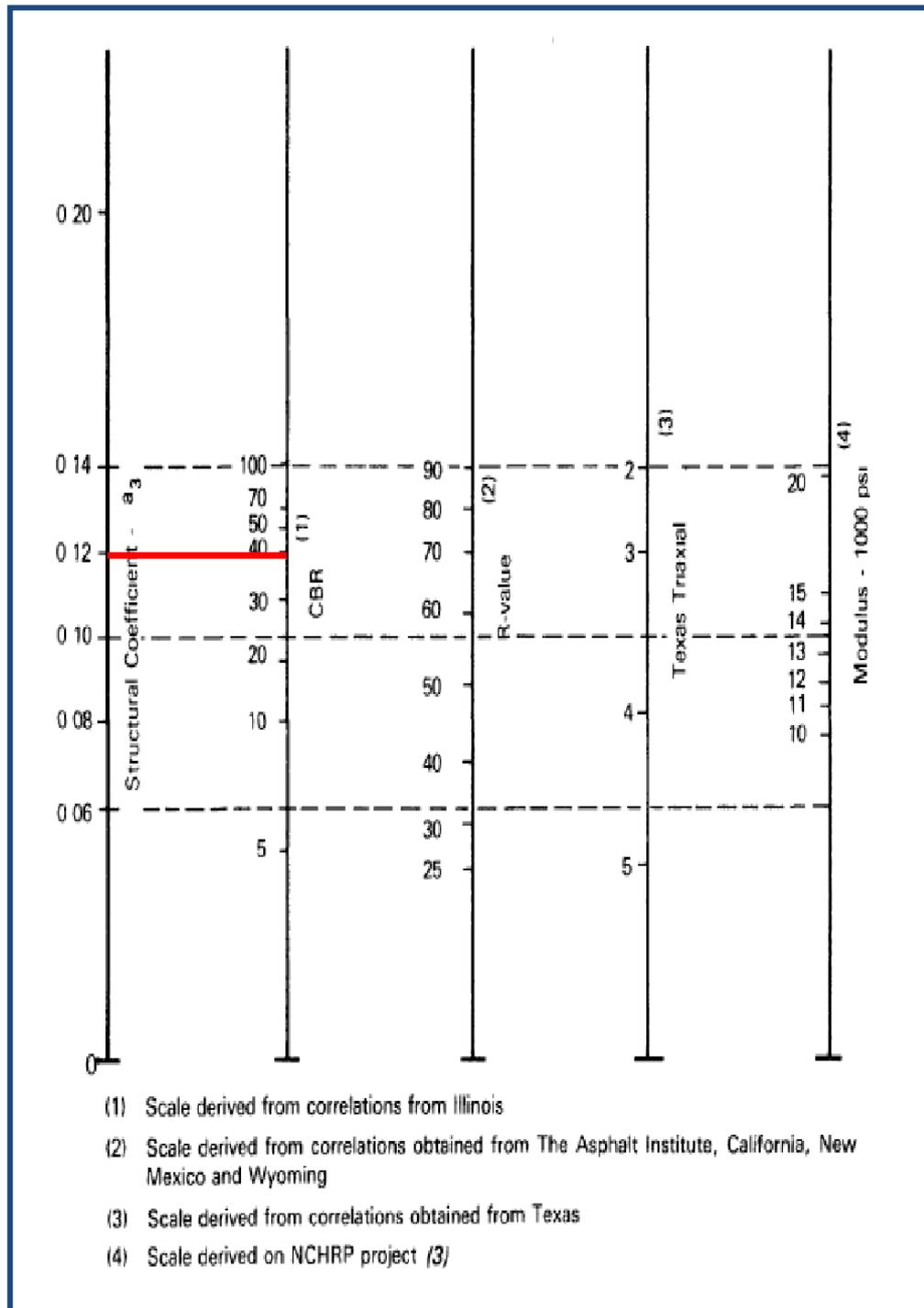
FUENTE: La Guía de Diseño AASHTO

GRAFICO N°02: VARIACIÓN DE COEFICIENTE a_2 CON DIFERENTES PARÁMETROS DE RESISTENCIA DE LA BASE GRANULAR



FUENTE: La Guía de Diseño AASHTO

GRAFICO N°03: VARIACIÓN DE COEFICIENTE a_3 CON DIFERENTES PARÁMETROS DE RESISTENCIA DE LA SUBBASE



FUENTE: La Guía de Diseño AASHTO