

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**CREACIÓN DE LA VÍA DE ACCESO CASCABAMBA, ANEXO LA CRUZ –
ANEXO EL PACCHO, DISTRITO Y PROVINCIA DE CONTUMAZÁ,
REGIÓN CAJAMARCA, 2017**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTORES

**KEVIN ULISES ANGULO OROZCO
JOEL EDUARDO HUAYAMIS ZUÑIGA**

ASESOR

ING. JOAQUÍN HERNÁN ROJAS OBLITAS

Chiclayo, 2019

DEDICATORIA

A Dios, por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud para lograr nuestros objetivos y a nuestros padres por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por su motivación constante que nos ha permitido ser personas de bien.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a Dios por acompañarnos con su Espíritu de sabiduría, a nuestra familia por ser nuestra fortaleza, así como también a nuestros preceptores universitarios por guiarnos con sus experiencias y consejos.

RESUMEN

El propósito de la presente tesis es el diseño de la vía de acceso que une los anexos de la Cruz y el Paccho de Cascabamba, distrito y provincia de Contumazá, región Cajamarca. Para la elaboración del diseño se han realizado los estudios correspondientes siguiendo y respetando la metodología del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Entre los estudios que se realizaron se tiene al de rutas, tráfico, topográfico, suelos, hidrológico, canteras, fuentes de agua y depósitos de material excedente. El diseño general de la carretera comprende el diseño geométrico, hidráulico y del pavimento, los metrados, costos, presupuesto, programación de obra y la evaluación del impacto ambiental. La longitud total de la carretera es de 15.65 km con plazuelas de cruce cada 500 m y una calzada de 6 m de ancho.

PALABRAS CLAVE: acceso, diseño, topográfico, geométrico.

ABSTRACT

The purpose of this thesis is the design of the access road that connects the annexes of La Cruz and Paccho de Cascabamba, district and province of Contumazá, Cajamarca region. For the elaboration of the design, the corresponding studies have been carried out following and respecting the methodology of the Ministry of Transport and Communications. Among the studies that were carried out, there are routes, traffic, topography, soils, hydrological, quarries, water sources and surplus material deposits. The general design of the road includes the geometric, hydraulic and pavement design, the measurements, costs, budget, work scheduling and environmental impact assessment. The total length of the road is 15.65 km with crossing platforms every 500 m and a roadway of 6 m width.

KEYWORDS: access, design, topographic, geometric.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	7
II. MARCO TEÓRICO	12
2.1. Antecedentes del problema	12
2.2. Bases Teórico Científicas	14
III. METODOLOGÍA	20
3.1. Tipo y nivel de investigación	20
3.2. Diseño de investigación	20
3.3. Población, muestra y muestreo	20
3.4. Criterios de selección	21
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
3.6. Procedimientos	23
3.6.1. Estudio de tráfico y cargas	23
3.6.2. Estudio de rutas	23
3.6.3. Estudio topográfico	24
3.6.4. Estudio de mecánica de suelos	24
3.6.5. Estudio de canteras, fuente de agua y depósitos de material excedente	25
3.6.6. Estudio hidrológico, hidráulico y drenaje	26
3.6.7. Diseño geométrico	27
3.6.8. Diseño de la capa de rodadura	28
3.6.9. Metrados, costos y presupuestos	28
3.6.10. Programación de obra	30
3.6.11. Evaluación de impacto ambiental	30
3.7. Plan de procesamiento y análisis de datos	31
3.8. Matriz de consistencia y operacionalización de variables	32
3.9. Consideraciones éticas	33
IV. RESULTADOS	35
V. DISCUSIÓN	40
VI. CONCLUSIONES	44
VII. RECOMENDACIONES	46
VIII. LISTA DE REFERENCIAS	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de consistencia.....	33
Tabla 2: Agrupación de los materiales de acuerdo al estudio de suelos.	36
Tabla 3: Sectorización del terreno según CBR.	36
Tabla 4: Comparación de materiales de tuberías para alcantarillas de drenaje.....	41

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es un país muy diverso en cuanto a culturas, climas y riquezas naturales debido a su orografía marcada por la presencia de la Cordillera de los Andes formando una variedad de regiones altitudinales y de complejos ecosistemas. Esta pluralidad enriquecedora supone un desafío para la comunicación entre sus pueblos, sobre todo los más alejados. Es en este contexto de pluralidad de culturas, de variedad de regiones altitudinales y de complejos ecosistemas que los caminos vecinales adquieren una particular relevancia para la comunicación entre los pueblos, el manejo técnico de los diversos pisos ecológicos y el cuidado responsable de los frágiles ecosistemas, por contribuir directamente con los servicios de transporte y la articulación territorial.

La “Creación de la vía de acceso Cascabamba, Anexo La Cruz – Anexo El Paccho, distrito y provincia de Contumazá, región Cajamarca, 2017”, puede muy bien definirse como el diseño de un camino vecinal considerando todos los estudios necesarios para elaborar un proyecto de infraestructura vial integral y ponerlo al servicio de la población para dinamizar las actividades económicas de la zona, principalmente el ecoturismo por la riqueza de ecosistemas presentes en el área mencionada.

Sobre la influencia de las redes viales en la vida moderna Wright y Dixon sostienen que [1]: “Las carreteras son un elemento tan común en cada fase de nuestras actividades diarias, que es casi imposible imaginar cómo sería la vida sin ellas. Dependemos de las carreteras para el traslado de bienes, para ir y venir del trabajo, para los servicios, para propósitos sociales y recreativos y para muchas otras actividades propias del funcionamiento de nuestra compleja sociedad”.

Comunidades alrededor del mundo continúan en el subdesarrollo debido a la ausencia de vías de comunicación que les permita explotar todo el potencial productivo que poseen, dejando en claro que la infraestructura vial de un país es un indicador importante para medir su crecimiento.

El avance de la infraestructura vial en la articulación territorial para el crecimiento sostenido de la economía ha sido analizado bajo el concepto de corredores logísticos en base a las cifras de lo construido. En [16] se explica cómo la infraestructura de transporte constituye uno de los soportes necesarios para una economía en desarrollo como es el caso del Perú y la calidad de ésta repercute de manera directa en la competitividad del país.

De acuerdo con [16] la infraestructura vial en el Perú al año 2014 se compone de 165466 Km de carreteras, los cuales se clasifican en tres tipos de redes: red primaria o nacional

(15.59%), red secundaria o departamental (15.12%) y red terciaria o caminos vecinales (69.29%). En el departamento de Cajamarca la estructura vial existente tiene una dimensión de 14721 Km; de los cuales 1355 Km están pavimentadas y 13366 Km no pavimentadas, de estas el 38% afirmadas, 17% sin afirmar y los otros 45% a nivel de trocha carrozable. En cuanto al estado y/o condiciones de infraestructura de la red vial, las carreteras, rehabilitadas y/o mejoradas se encuentran en malas condiciones por falta de mantenimiento adecuado, en tanto que el nivel de transitabilidad varía entre malo y muy malo.

En el marco de lo expuesto, el problema de la investigación se ha planteado de la siguiente manera: En la zona del proyecto, Cascabamba, distrito y provincia de Contumazá, existe un camino precario que se formó con el paso de un tractor agrícola, carente de sustento técnico y concebido debido a la necesidad de transportarse de la población. Los problemas más notorios están relacionados con el tránsito de pobladores y acémilas debido a que el camino está en pésimo estado, la transitabilidad es deplorable y queda restringida en época de lluvias, los parámetros de confort y seguridad no existen debido a las condiciones de la superficie. Todas estas condiciones expuestas originan la disminución de productividad de la zona al perder tiempo que puede ser invertido en otras actividades económicas. La falta de una vía adecuada retrasa y debilita el desarrollo de las actividades productivas y turísticas de esta importante zona de la región Cajamarca, reflejándose en la baja calidad de vida de la población.

El antecedente más reciente es la construcción de la carretera que conecta el distrito de Contumazá con el caserío Cascabamba, atravesando a lo largo de su recorrido el caserío Salcot el mismo que nos lleva directamente al inicio del proyecto motivo de esta tesis. Otro antecedente cercano al proyecto en cuestión es la construcción de una carretera que conecta con la zona turística de El Paccho, pero desde el lado de la provincia de Gran Chimú en la región La Libertad.

El sistema vial constituye un componente fundamental de la estrategia nacional de desarrollo y parte clave de este son los caminos vecinales por ser las vías que comunican a las diferentes comunidades a lo largo y ancho del país, dejando en claro en [5].

La importancia de las redes viales en el país es destacada por el MTC [25]: El desarrollo de la viabilidad y de los transportes es una importante necesidad nacional para romper el aislamiento de los pueblos, que tanto en costa, sierra y selva tiene dificultades para superar los obstáculos naturales y para mejorar su accesibilidad entre ellos, en razón de las características particulares de nuestra topografía y climas nacionales.

La actividad del turismo en los diferentes niveles de los grupos humanos ha sido estudiada por Velázquez [3]: “El turismo es actualmente una de las actividades económicas y

culturales más importantes con las que puede contar un país o una región. Entendemos por turismo a todas aquellas actividades que tengan que ver con conocer o disfrutar de regiones o espacios en los que uno no vive de manera permanente”. Para Dolores Velázquez, existen lugares en el mundo que están clasificados como los puntos de turismo más significativos mientras que otros no, y esto guarda cierta relación con la atención que cada país puede prestarle a esta actividad, estableciendo más posibilidades de acceso para que los visitantes disfruten.

En el aspecto económico, en Contumazá se practica la agricultura y la ganadería como actividades principales. La producción agrícola anual más reciente, año 2016 [29], es de 22166 toneladas métricas aproximadamente; de las cuales se tienen los productos siguientes: trigo, caña de azúcar, vid, maíz amarillo duro, manzana, papa, alfalfa y arveja grano seco, arroz, camote, cebada grano, frijol grano seco, maíz amiláceo, oca, olluco, yuca, etc. En cuanto a la producción pecuaria, en el año 2016 [29] se obtuvo un total de producción de 1277 toneladas métricas aproximadamente, entre los cuales se tienen las siguientes especies: Vacuno (carne y leche), ovino (carne y lana), porcino (carne), caprino (carne), aves (carne), cuyes (carne), gallinas (huevos). Estos datos justifican que existe la necesidad de transportar estos productos hacia los mercados de consumo.

En el distrito de Contumazá, además de las actividades agrícolas y pecuarias, se practica mucho el turismo; pues este distrito cuenta con diversos atractivos turísticos cautivadores y místicos como: la plaza de armas de Contumazá, El Quique, La Ermita, El Calvario, Pozo Kuan, Laguna La Cocha, Parque Ecoturístico Las Botijas, etc. Adicional a ello; en la zona del proyecto, en Cascabamba - Anexo El Pacho, se viene realizando en un área de reserva un proyecto para la conservación de vicuñas, con la finalidad de impulsar aún más el turismo mediante la festividad llamada “El Chaccu”, en la cual la población reúne a los camélidos para esquilarlos. La vicuña, el representante legendario del patrimonio nacional y símbolo de nuestra riqueza animal, tiene la fibra más fina y costosa del mundo, esto representa un importante ingreso económico no tradicional en beneficio de los pobladores de Cascabamba. Lo mencionado, genera todo un movimiento económico y sociocultural, que contribuye para el desarrollo de la provincia.

La presente tesis tuvo como objetivo general elaborar el diseño de la vía de acceso Cascabamba, Anexo La Cruz – Anexo El Paccho, distrito y provincia de Contumazá, región Cajamarca. Asimismo, tuvo como objetivos específicos llevar a cabo el estudio de tráfico y cargas para conocer el volumen de vehículos que transitan en la vía más cercana del proyecto para poder obtener la futura cantidad de vehículos con proyecto dentro de 10 años y saber el impacto que el paso de estos vehículos ocasionará en la estructura de la vía; elaborar el estudio

de rutas para elegir la alternativa que reúne las mejores condiciones para realizar el trazo de la carretera garantizando la opción más económica y de esta manera el proyecto quede exento de grandes modificaciones durante el proceso constructivo; llevar a cabo el estudio de mecánica de suelos para conocer el terreno sobre el cual se asentará la carretera y obtener sus propiedades físicas y mecánicas; ejecutar el levantamiento topográfico, estudio de suelos e hidrológico para el correcto diseño geométrico y de la capa de rodadura, incluyendo las obras de drenaje necesarias; diseñar los elementos geométricos de la carretera en planta, perfil y secciones transversales para construirla cumpliendo la normativa vigente y asegurar la seguridad y confort para los usuarios; ejecutar la exploración geológica, extracción de muestras y ensayo de las mismas para evaluar las propiedades químicas y mecánicas de las canteras y fuente de agua, así asegurar cubrir la demanda que tendrá la construcción de la vía Cascabamba, y determinar las áreas para la disposición final de los materiales excedentes del proceso constructivo; elaborar los planos del proyecto para representar la vía y sus estructuras para que sirvan de apoyo durante el proceso constructivo; planificar el presupuesto y cronograma del proyecto para tener un alcance de la inversión, los recursos y el tiempo necesario para construirlo; y realizar la evaluación del impacto ambiental para identificar los impactos positivos y negativos que generará el proyecto en todas sus etapas.

Para terminar, se presenta a continuación de manera sintética la estructura de la tesis para la creación de la vía de acceso Cascabamba.

La Introducción, donde se da a conocer el problema motivo de la tesis, se justifica la realización de la misma, se exponen los objetivos, se muestra la estructura desarrollada y se concluye con el aporte que ofrece la elaboración de la tesis se aborda en I.

El Marco Teórico de toda la información básica sobre construcción de carreteras de manera integral es presentado en II. Esta parte contiene los antecedentes y las bases teórico-científicas del estudio.

La Metodología, parte medular de la tesis, donde se explica cómo se concibió la investigación se describe en III. En este caso se mencionan los estudios y los procedimientos que se han llevado a cabo para el diseño de la carretera.

Los Resultados y Discusiones se formulan en IV. Estos, junto con la Metodología, se consideran como uno de los más importantes títulos. Aquí se presenta el aporte técnico del estudio, pues contiene el compendio de lo alcanzado en los estudios y se debaten las soluciones planteadas. Como consecuencia, para los resultados se exponen los datos y diseños que se han obtenido en el análisis de cada estudio, se apoya en tablas, imágenes y gráficos; asimismo, el

acápites de discusiones es uno de los más interesantes pues aquí se sustentan las soluciones técnicas por las que se ha optado en los diferentes contextos presentados.

En V se concretan las Conclusiones que recogen los principales aportes que el estudio ha podido arrojar y nos llevan a concluir afirmando que, con esta tesis aplicada, se contribuye con una referencia de consulta con la finalidad de dar a conocer el valor altamente social, económico y geopolítico de las carreteras para el desarrollo de un país.

En VI se proponen las Recomendaciones tomando como base los resultados de la tesis, sugiriendo medidas que serán útiles sobre todo en la ejecución del proyecto para el ahorro de recursos, tiempo y dinero.

Las Referencias que contienen información consultada para la elaboración de la tesis y que sirvieron como guía para generar los datos y diseños de la carretera se detallan en VII. Se redactaron de acuerdo con el estilo IEEE propuesto por la universidad para las tesis de ingeniería.

Para terminar la estructura de la tesis, en VIII se presentan los Anexos que contienen los informes detallados de cada uno de los estudios realizados, y sirven como referencia para obtener datos más específicos en caso surja alguna duda en los apartados anteriores. También, se incluyen los planos que se han elaborado para la construcción de la carretera. (Véase V).

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Los estudios realizados por diferentes autores que conciernen a nuestra área de investigación y tema “Creación de la vía de acceso Cascabamba Anexo La Cruz – Anexo El Paccho, distrito y provincia de Contumazá, región Cajamarca, 2017”, han demostrado lo siguiente:

[13] O. Fernández, «Diseño definitivo de la trocha carrozable El Carbón - Laurel del distrito de Tacabamba, provincia de Chota - región Cajamarca. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil Ambiental,» Universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2016.

Esta tesis se enmarca en la necesidad principal de diseñar una vía que esté en óptimas condiciones de tránsito con el fin de integrar a los caseríos en mención, fomentando con ello el desarrollo tanto económico, social y cultural. Considerando que la principal fuente de ingresos de la población es la agricultura le va a facilitar poder extraer y comercializar sus productos agrícolas a tiempo, mejorando la competitividad local y propiciando así la mejora de las condiciones de vida de su población.

[32] Municipalidad provincial de Cutervo, «Construcción y mejoramiento del camino vecinal Cullanmayo - Quinshapa - La Llica - Muñuño - Muscate - Pampacancha, provincia de Cutervo - Cajamarca,» Didur - Municipalidad provincial de Cutervo, Cutervo, 2008.

El proyecto tiene como finalidad resolver la dificultad presentada para el acceso de los pobladores y de sus productos agrícolas y pecuarios hacia los principales mercados de Cutervo, Lajas, Chota, Cochambamba y otros.

En este proyecto se ha planteado la construcción de 5.12 Km de trocha y mejoramiento de 17.92 Km, con 05 metros de ancho de rodadura y pendiente promedio de 5.04% con sus respectivas obras de arte desde Cullanmayo hacia Pampacancha, enlazado durante su trayectoria los caseríos de Quinshapa, La Llica, Muñuño, Luscate, logando así, facilitar el acceso de la población asentada en el área de influencia y sus productos hacia los mercados mencionados.

[28] Ministerio de economía y finanzas, «Invierte.pe,» Consulta de banco de inversiones, 14 noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://bit.ly/2UIRZq9>. [Último acceso: 11 enero 2019].

El camino vecinal en el tramo comprendido entre Contumazá – Salcot – Cascabamba del distrito y provincia de Contumazá, se encuentra actualmente en mal estado de conservación, inadecuado diseño geométrico de la vía, esto trae como consecuencia pérdidas económicas a la población de la ciudad de Contumazá y los caseríos Salcot, y Cascabamba, involucrando en forma indirecta a los mercados de los distritos de Magdalena, Chilete, Tembladera y la

provincia de Gran chimú. La superficie de rodadura varia en algunos tramos entre 3.00 a 4.50 m. Se encuentra deteriorada ya que no cuenta con sus respectivas cunetas para la evacuación de aguas de lluvia, diseño geométrico, obras de arte, etc. Por otro lado existen actualmente la asociación de criadores de vicuñas, proyecto que a la fecha cuenta con nueve años de creación y con más de 1500 camélidos, por lo que por medio del mejoramiento de la carretera se pretende facilitar el acceso a dicho centro de crianza así como también incrementar la visita de pobladores para observar su crianza y la extracción de su fibra que es muy cotizada en el mercado internacional y que año a año se viene realizando el popular Chaccu (esquilado de camélidos). Con el mejoramiento de este camino vecinal, se estaría asegurando la integración de estos caseríos antes mencionados con el distrito de Contumazá y orientando los flujos socio-comerciales entre localidades de la costa como Trujillo y Chiclayo y localidades de la sierra como Chilete Cascas y Cajamarca, que son los mercados más próximos.

[12] D. Fernández Banda y J. Subiate, Diseño definitivo de la carretera Pandalle - Campo Florido - Montegrande - La Viña, de los distritos de Pimpingos y Santa Cruz, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil Ambiental, Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2016.

La tesis citada se enmarca en la necesidad principal de diseñar una vía que esté en óptimas condiciones de tránsito con el fin de integrar a los caseríos en mención, fomentando con ello el desarrollo tanto económico, social y cultural. Considerando que la principal fuente de ingresos de la población es la agricultura le va a facilitar poder extraer y comercializar sus productos agrícolas a tiempo, mejorando la competitividad local y propiciando así la mejora de las condiciones de vida de su población.

[15] J. F. Albújar Gálvez y L. E. Muños Tello, Diseño geométrico de la trocha carrozable Tabacal - Cerro La Teresa del distrito de Contumazá, provincia de Contumazá, región Cajamarca. Tesis profesional, Lambayeque: Universidad Pedro Ruiz Gallo, 2014.

La tesis referida tiene la finalidad de aportar al progreso y bienestar social a través de la red vial que conectará a las comunidades de Tabacal y San Antonio, (perteneciente al distrito de Contumazá) con la ciudad de Chilete. Este proyecto, es de gran relevancia para el desarrollo principalmente de las comunidades antes mencionadas, permitiendo que dicha vía con una longitud de 10.41 Km disminuya el problema de transporte y comunicación, garantizando el desarrollo a los ciudadanos.

2.2. Bases Teórico Científicas

La selección de las formalizaciones científicas, teorías y modelos, que han servido de referentes en la elaboración de la tesis provienen principalmente de los manuales del Ministerio de transportes y comunicaciones, máxima entidad que rige la construcción de carreteras en el Perú.

A continuación, se presentan las bases teóricas científicas que sustentan los estudios realizados para el diseño de la vía de acceso Cascabamba:

[22] Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Manual de carreteras: Diseño geométrico DG - 2018, Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018.

El Manual de carreteras “Diseño Geométrico” es un documento normativo que forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Infraestructura Vial. Tiene por objeto organizar y recopilar las técnicas y procedimientos para el diseño de la infraestructura vial, en función a su concepción y desarrollo, y acorde a determinados parámetros. Contiene la información suficiente para distintos procedimientos, en la elaboración del diseño geométrico de los proyectos, de acuerdo con la categoría y nivel de servicio, en concordancia con las demás normativas vigentes sobre la gestión de la infraestructura vial.

[34] J. Cárdenas Grisales, Diseño geométrico de carreteras, Bogotá: Ecoes Ediciones, 2015.

El libro es extenso en conceptos elementales, suficiente en la exposición de elementos teóricos esenciales, preciso en los criterios técnicos y científicos utilizados y didáctico con la aplicación práctica de todo lo anterior mediante casos ejemplos y ejercicios propuestos de cada uno de los temas tratados.

[23] Ministerio de transportes y comunicaciones - Dirección general de caminos y ferrocarriles, Manual de carreteras: Hidrología, hidráulica y drenaje, Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014.

Este documento técnico resume lo más sustancial en hidrología, hidráulica y drenaje, que servirá de guía y procedimiento para el diseño de las obras de drenaje superficial y subterránea de la infraestructura vial, adecuados al lugar de ubicación de cada proyecto.

[21] Ministerio de transportes y comunicaciones - Dirección general de caminos y ferrocarriles, Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos - Sección suelos y pavimentos, Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Perú (MTC) en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial y fiscalizar su cumplimiento.

La presente versión del Manual de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” en su Sección Suelos y Pavimentos, tiene por finalidad proporcionar criterios homogéneos en materia de suelos y pavimentos, que faciliten el diseño de las capas superiores y de la superficie de rodadura en carreteras pavimentadas y no pavimentadas, dotándolas de estabilidad estructural para lograr su mejor desempeño en términos de eficiencia técnico - económica; siendo por tanto, una herramienta para el diseño estructural de los pavimentos, tomando en consideración la experiencia, estudio de las características y comportamiento de los materiales, y de acuerdo a las condiciones específicas de los diversos factores que inciden en el desempeño de los pavimentos, como son el tráfico, el clima y los sistema de gestión vial.

[18] Ministerio de transportes y comunicaciones - Dirección general de caminos y ferrocarriles, Manual de ensayo de materiales, Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016.

El manual de ensayo de materiales constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo y tiene por finalidad estandarizar los métodos y procedimientos, para la ejecución de los ensayos de laboratorio y de campo, de los materiales que se utilizan en los proyectos de infraestructura vial, con el objeto de asegurar que su comportamiento corresponda a los estándares de calidad propuestos en los estudios, para las obras y actividades de mantenimiento vial.

[19] Ministerio de transportes y comunicaciones - Dirección general de caminos y ferrocarriles, Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras, Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016.

El citado manual constituye el documento técnico oficial destinado a establecer la necesaria e imprescindible uniformidad en el diseño y utilización de los dispositivos de control del tránsito (señales verticales y horizontales o marcas en pavimento, semáforos y dispositivos auxiliares). Contiene los diseños gráficos de las señales reglamentarias, preventivas y de información; igualmente, incorpora señales reguladoras y preventivas en zonas de trabajo e incluye señales turísticas.

[24] Ministerio de transportes y comunicaciones - Dirección general de caminos y ferrocarriles, Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción EG - 2013, Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013.

El documento tiene por finalidad uniformizar las condiciones, requisitos, parámetros y procedimientos de las actividades relativas a las obras de infraestructura vial, con el propósito de estandarizar los procesos que conduzcan a obtener los mejores índices de calidad de la obra, que a su vez tienen por objeto prevenir y/o evitar las probables controversias que se generan en la administración de los contratos.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Perú (MTC) en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial y fiscalizar su cumplimiento.

El Manual de “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” tiene por finalidad uniformizar las condiciones, requisitos, parámetros y procedimientos de las actividades relativas a las obras de infraestructura vial, con el propósito de estandarizar los procesos que conduzcan a obtener los mejores índices de calidad de la obra, que a su vez tienen por objeto prevenir y/o evitar las probables controversias que se generan en la administración de los contratos.

[20] Ministerio de transportes y comunicaciones - Dirección general de caminos y ferrocarriles, Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones, 2008.

Esta base teórica se elaboró frente a la realidad nacional que el mayor porcentaje de vías lo conforman las carreteras de bajo volumen de tránsito, con superficie de rodadura granular y volumen menor a 50 vehículos por día. Por ello, fue menester proporcionar criterios técnicos, sólidos y coherente de gran utilidad para el diseño de este tipo de carreteras.

El manual organiza y recopila las técnicas de diseño vial y pone al alcance del usuario tecnologías apropiadas que propician el uso intensivo de mano de obra y de recursos locales.

[7] A. M. Neville y J. J. Brooks, Tecnología del concreto, Ciudad de México: Trillas, 1999.

El propósito fundamental de este libro es facilitar la mejor construcción del concreto.

Los autores de este libro proponen que el estudio del diseño de estructuras se complemente con el conocimiento del concreto, para que el ingeniero sepa cómo se comporta este material bajo cargas, ante cambios de temperatura y humedad, y en las condiciones relevantes de exposición ambiental e industrial, lo cual le permitirá obtener edificaciones técnicamente sólidas. En esta obra se presentan abundantes ejemplos de elaboración de mezcla, basados en los métodos estadounidenses y británicos, que son los más comunes. Asimismo, a

lo largo del texto se mencionan las normas fundamentales de ambos métodos y se muestra la forma en que se relacionan con los aspectos esenciales del comportamiento del concreto. Puesto que el éxito de una estructura de concreto debe ampliar sus conocimientos sobre la tecnología del concreto y aplicarlos eficazmente a la construcción de todo tipo de obras.

[6] E. Rivva López, Diseño de mezclas, Lima: Instituto de construcción y gerencia, 1992.

Este libro es referente para el diseño de mezclas de concreto y muy extendido en nuestro país, aborda los temas de acuerdo a las necesidades que el autor ha notado a lo largo de su experiencia profesional y su actividad como docente en la Universidad Nacional de Ingeniería. Inicia el libro con un repaso de los conocimientos fundamentales en la tecnología del concreto como los materiales, propiedades del concreto y la interpretación de los conceptos de los ensayos que se ejecutan a los agregados. Entre los métodos de diseño de mezcla ha considerado el método del comité 211 del ACI, método de Walker, método del módulo de fineza de la combinación de agregados, por la relación agua – cemento y por mezclas de prueba.

[11] T. E. Harmsen, Diseño de estructuras de concreto armado, Lima: Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005.

El libro se ha desarrollado bajo un objetivo claro que es proveer a estudiantes y profesionales de una herramienta que les permita obtener información actualizada y clara acerca del diseño de estructuras de concreto armado. Se busca dar énfasis a los principios del comportamiento del concreto armado los cuales sirven de base al desarrollo de la formulación propuesta por los códigos de diseño. En este sentido, la presentación de los temas ha buscado partir del comportamiento del material bajo diversas sollicitaciones para llegar a la formulación del “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-95)”, código que ha sido tomado para esta edición consultada.

[17] American Water Works Association, Manual of water supply practices - M45: Fiberglass Pipe Design, Denver: American Water Works Association, 2006.

La norma AWWA C950 es una de las más completas para las tuberías de fibra de vidrio. Esta norma, diseñada para aplicaciones de agua con presión, establece requisitos muy exigentes tanto para las tuberías como para las juntas, centrándose básicamente en ensayos de control de calidad y de cualificación de prototipos. Al igual que las normas ASTM, ésta es una norma basada en el funcionamiento del producto. AWWA edita el manual M-45, que incluye varios capítulos sobre el diseño de tuberías de poliéster reforzado con fibra de vidrio para instalaciones enterradas y aéreas.

[35] Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, *Glosario de partidas aplicables a obra de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras y puentes*, Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012.

Es un documento técnico de carácter oficial, que tiene el objetivo de estandarizar y ordenar el conjunto de partidas que se aplican a las obras de construcción, mejoramiento y rehabilitación de carreteras y puentes, con la finalidad de uniformizar la documentación oficial correspondiente a los metrados, costos y presupuestos.

Está ordenado secuencialmente y contiene el código, nombre, unidad de medida, definición y precisión de las partidas genéricas y específicas de cada una de las etapas de ejecución de las indicadas obras viales; así mismo, se indica la correspondencia con los códigos de los capítulos y secciones del “Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG)”

[36] W. Ibáñez, *Costos y tiempos en carreteras*, Lima: Macro EIRL, 2016.

Este libro sirve de guía para desarrollar análisis de costos unitarios, planillas de metrados, costos indirectos y presupuestos, costos y análisis de los insumos necesarios para la construcción de una carretera (materiales, mano de obra, equipos y herramientas) entre otros. Así, desarrolla una metodología de costos que permite obtener resultados para cualquier tiempo y lugar.

[26] Congreso de la República de Perú, «Ley N° 29783: Ley de seguridad y salud en el trabajo,» *El Peruano: Diario oficial de Perú*, pp. 448694 - 448704, 20 agosto 2011.

Esta ley tiene como objetivo promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país. Para ello, cuenta con el deber de prevención de los empleadores, el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales, quienes, a través del diálogo social, velan por la promoción, difusión y cumplimiento de la normativa sobre la materia.

Es aplicable a todos los sectores económicos y de servicios; comprende a todos los empleadores y los trabajadores bajo el régimen laboral de la actividad privada en todo el territorio nacional, trabajadores y funcionarios del sector público, trabajadores de las Fuerzas Armadas y de la Policía Nacional del Perú, y trabajadores por cuenta propia.

[27] Congreso de la República de Perú, «Ley N° 28611: Ley general del ambiente,» *El Peruano: Diario oficial de Perú*, pp. 302245 - 302263, 13 octubre 2005.

Es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú.

Establece los principios y normas básicas que aseguren el efectivo ejercicio del derecho constitucional al ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida.

Asimismo, la Ley General del Ambiente regula el cumplimiento de las obligaciones vinculadas a la efectiva gestión ambiental, que implique la mejora de la calidad de vida de la población, el desarrollo sostenible de las actividades económicas, el mejoramiento del ambiente urbano y rural, así como la conservación del patrimonio natural del país, entre otros objetivos.

[14] V. Conesa Fernández - Vítora, Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, Madrid: Mundi-Prensa Libros S. A. , 2009.

El libro va dirigido tanto a los técnicos redactores de proyectos como a los responsables de industrias y actividades contaminantes, y a los gestores de la Administración garantes del cumplimiento de las disposiciones en materia de Medio Ambiente. También puede ser un libro de texto o de consulta para los estudiosos o personas interesadas en el tema.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

De acuerdo con el diseño de investigación es descriptiva porque para conocer las características predominantes y la situación actual se requiere de una definición, explicación y comprensión de las condiciones mediante una recolección de datos.

De acuerdo con el fin que se persigue es aplicada porque busca la utilización de los conocimientos adquiridos en la práctica de la Ingeniería Civil y los objetivos planteados.

3.2. Diseño de investigación

Se realizó un reconocimiento de campo a través de una visita y uso de softwares satelitales. Se empezó con el estudio de tráfico para obtener la demanda de vehículos a la actualidad y calcular la proyección con la vía construida. Luego se realizó el estudio de rutas para definir la óptima que unirá los dos puntos extremos y teniendo en cuenta los intermedios de control. Habiendo realizado los dos estudios mencionados anteriormente, se ejecutó el levantamiento topográfico alrededor de toda la franja de la ruta definida. Para el estudio de mecánica de suelos se elaboró un programa de exploración cuyo resultado son las investigaciones propuestas, para ello se elaboró un prediseño geométrico y se llevó a cabo una visita para el reconocimiento específico y sectorización de las distintas composiciones de suelo que existen a lo largo del eje proyectado, resultante del prediseño mencionado. Después de esto se ejecutaron las investigaciones correspondientes para explorar el suelo y seguido los ensayos de laboratorio. Simultáneamente a estos últimos se elaboró el diseño geométrico definitivo, estudio hidrológico, diseño hidráulico, diseño del pavimento, etc.; culminando con la programación del proyecto.

3.3. Población, muestra y muestreo

La población es el conjunto de elementos que serán motivo de estudio y para seleccionar una muestra, lo primero que hay que hacer es definir una unidad del objeto de estudio en la investigación. Ante lo expuesto, la población para el diseño de la vía de acceso Cascabamba es el conjunto de carreteras en la región Cajamarca, las mismas que forman parte de la Red Vial Nacional. Según Provías Nacional, en el departamento de Cajamarca la estructura vial existente tiene una dimensión de 14721 Km; de los cuales 1355 Km están pavimentadas y 13366 Km no pavimentadas, de estas el 38% afirmadas, 17% sin afirmar y los otros 45% a nivel de trocha carrozable.

La muestra para esta tesis es la propia carretera en cuestión, es decir, la vía de acceso Cascabamba ubicada en la provincia y distrito de Contumazá, que unirá el anexo La Cruz y el anexo el Paccho, con una longitud de 15.65 Km.

El procedimiento de muestreo elegido es el no probabilístico con muestra por cuotas, puesto que no es posible calcular el error estándar, así como el nivel de confianza con el que se debería realizar la estimación y se ha seleccionado el objeto de estudio (la vía de acceso) por su representatividad en la población total.

3.4. Criterios de selección

El desarrollo de los pueblos que presentan altos potenciales turísticos y además agrícolas y pecuarios; está a dependencia de una vía de acceso que los comunique, sin interrupciones ni periodos de tiempo muy prolongados, asegurando la integridad y comodidad de los beneficiarios.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En este ítem se describen las técnicas que se han utilizado para recopilar toda la información de campo, se mencionan los instrumentos utilizados para la elaboración de la tesis; para este caso se presentan los formatos considerados, por ejemplo, para realizar un levantamiento topográfico, formatos para hacer los estudios de suelos, estudios de tráfico, formatos para realizar los ensayos.

El proceso de recolección de datos implica tres actividades estrechamente vinculadas entre sí:

Selección del instrumento de recolección de datos, el mismo que debe ser válido y confiable.

Aplicación del instrumento a la muestra de estudio; es decir obtener observaciones, registros o mediciones de variables.

Análisis de la información recopilada.

Existen diferentes técnicas para la recolección de información, las mismas que no son excluyentes y muy por el contrario son complementarias. Las principales técnicas son las siguientes: la observación, la entrevista, la encuesta y las pruebas estandarizadas.

En cuanto al desarrollo de la tesis, se abordó principalmente mediante la técnica de la observación, técnica aplicada para los proyectos de investigación en ingeniería y que permite interrelacionarse directamente con los elementos que son materia del trabajo de investigación. En consecuencia, se ejecutó mediante observación in situ, específicamente, a través del conteo

visual vehicular como en el caso del estudio de tráfico y cargas; reconocimiento de campo, toma de coordenadas de puntos de control y obtención de superficie preliminar de la zona del proyecto para el caso del estudio de rutas; levantamiento por seccionamiento, toma y monumentación de puntos BM en el estudio topográfico; excavación, extracción de muestras y ejecución de ensayos de laboratorio para el estudio de mecánica de suelos; identificación de posibles fuentes de materiales, excavación y extracción de material de cantera, realización de ensayos de laboratorio, reconocimiento visual de posibles áreas para depósitos de material excedente (DME), identificación y toma de muestra de agua para el desarrollo del estudio de canteras, fuente de agua y DME; y por último, en cuanto al estudio de hidrología, hidráulica y drenaje se identificaron mediante denominación y localización con coordenadas UTM los cruces de agua y se determinó la estación meteorológica para los datos pluviométricos.

Los instrumentos, son todos aquellos medios destinados a recoger información de la realidad circundante, en este caso el diseño de la vía de acceso Cascabamba. Estos instrumentos permiten al investigador recolectar los datos, los que luego serán tabulados, analizados e interpretados. En tal sentido, el tipo de instrumento fue la ficha de datos, concretamente, los formatos de campo del MTC para el estudio de conteo y clasificación vehicular; libreta de campo electrónica para el estudio topográfico; formatos de ensayos del manual de ensayos de materiales del MTC, formatos del laboratorio USAT (Laboratorio de ensayo de materiales, suelos y pavimentos) y formatos de identificación de canteras y DME del MTC para el estudio de suelos, canteras y fuente de agua y DME. Los formatos mencionados han sido considerados puesto que son instrumentos preparados exprofesamente para recopilar y anotar la información que complementará la observación de los hechos.

Es importante mencionar los materiales y equipos que se han empleado durante la elaboración de los diferentes estudios para el diseño de la vía de acceso Cascabamba. Se hizo uso de GPS navegador, Google Earth Pro, Global Mapper, Civil 3D, eclímetro y jalón durante el estudio de rutas; en el estudio topográfico se emplearon un receptor GPS Base L1/L2 Glonass, un receptor GPS Rover L1/L2 Glonass, radios, estacas y pinturas; mientras que para el estudio de suelos y estudio de canteras, fuente de agua y DME se utilizaron diversas herramientas manuales, sacos de polietileno, envase estéril para muestra de agua, marcadores y distintos equipos de laboratorio necesarios para llevar a cabo los ensayos. Para los demás estudios, como el de hidrología, hidráulica y drenaje, también se han hecho uso de los instrumentos antes mencionados.

3.6.Procedimientos

3.6.1. Estudio de tráfico y cargas

La metodología utilizada en el estudio de tráfico consistió en conteos de vehículos y su respectiva clasificación en una estación (E1), establecida por los tesisistas. En la estación se realizaron conteos de 7 días durante 24 horas. Los conteos proporcionaron información sobre la cantidad y estructura del tráfico actual.

El cálculo del IMD se inició con el conteo de tránsito que permitió obtener el Índice Medio Diario Anual, después se reajustó con un factor de corrección estacional que depende del peaje referente que se ha considerado en el estudio, mes del año y tipo de vehículo; luego se calculó la tasa de crecimiento poblacional y la tasa de crecimiento del PBI que se aplicaron para vehículos ligeros y pesados respectivamente.

En cuanto al censo de carga se realizó para conocer los factores destructivos del pavimento debido a las cargas transmitidas por los vehículos pesados que circulan por la vía.

Para el cálculo de los factores de equivalencia de carga (FEC) de cada grupo de ejes, se ha adoptado la metodología originada en la Carretera Experimental AASHTO la misma que avala el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. El estudio culmina con el cálculo de ESAL, el cual es el dato principal para el diseño de la capa de rodadura del camino.

3.6.2. Estudio de rutas

Para todas las posibles rutas que existen para llegar de un punto a otro, se requirió llevar a cabo una serie de actividades para seleccionar la ruta óptima, estas actividades comprendieron una recopilación de datos básicos, estudio de planos, definición del tipo de terreno y máxima pendiente, etc.

La recopilación de datos básicos es la información relacionada con la orografía, geología, hidrología, arqueología, protección de áreas naturales, gestión de riesgos y condición sociocultural. Esto permitió delimitar zonas donde se evitó hacer un trazo.

El estudio de planos radica en la elaboración de croquis de las rutas sobre planos de curvas de nivel obtenidos por cartas geográficas o fotogrametría. Existen procedimientos modernos como el fotogramétrico que sirven para el reconocimiento y obtención de curvas de nivel de una determinada zona, pero resultan demasiado costosos y esto encarece el estudio. Existe un método rápido y sencillo para obtener curvas de nivel de una determinada zona, pero para ello se requiere de la utilización de 3 software: Google Earth Pro, Global Mapper y AutoCAD Civil 3D.

El objetivo de haber determinado el tipo de terreno y máxima pendiente es clasificar la carretera según la orografía y la demanda para luego obtener un rango de velocidades de diseño, el cual permite definir máxima pendiente de trazado.

Luego de haber realizado todos los estudios preliminares se elaboró un trazo de línea de ceros de cada ruta con la finalidad de verificar si es posible conectar los puntos extremos del tramo para una posterior evaluación.

Existe un método de evaluación de rutas y trazados alternos que permitió hacer una mejor selección. Este método se llama Método de Bruce y, según James Cárdenas en su libro Diseño Geométrico de Carreteras, aplica el concepto de longitud virtual realizando comparaciones de longitudes, desniveles y pendientes de cada trazado alternativo, considerando el aumento de longitud que corresponde al esfuerzo de tracción en las pendientes.

En conclusión, se desarrolló el estudio de rutas en base al método mencionado, aquella ruta que presentó menor longitud resistente fue la óptima. Sin embargo, se realizó una evaluación adicionando más criterios como comparaciones económicas, áreas de expropiación, número de obras de drenaje, longitud total, etc.

3.6.3. Estudio topográfico

En el levantamiento topográfico se definió una franja con ancho suficiente para, en caso se haya requerido, realizar cambios o variaciones de trazo en planta. La tabla 3.1 del DG-2018 brinda parámetros de derecho de vía en función a la clasificación de la carretera, el cual sirve para definir una franja con un ancho razonable.

Es importante indicar que el espaciamiento entre los BMs de replanteo y verificación fueron los que recomienda el DG – 2018. Previamente a la ejecución del levantamiento topográfico con GPS diferencial, se realizó una validación o contraste con la estación total que es de mayor uso y aceptación en el medio. La validación consistió en un levantamiento de una determinada área con ambos equipos topográficos. Con la data obtenida se efectuó una diferencia entre las cotas para verificar el rango de variación entre estos.

3.6.4. Estudio de mecánica de suelos

Se abordó el estudio iniciando con la elaboración del programa de estudio geotécnico y suelos para considerar diversas actividades sistematizadas que comienzan con la revisión de la información previa, consultas de información de las instituciones competentes, uso de

herramientas tecnológicas como softwares, mapas satelitales y GIS (Sistema de Información Geográfica), también es importante consultar a los pobladores porque con su experiencia podemos tener relevante consideraciones para la construcción de la carretera. A continuación, se determina la numeración y ubicación de las exploraciones, seguido de la determinación del tipo de ensayos que se ejecutarán según el Manual de suelos y pavimentos - MTC, métodos de toma de muestras y traslado de las mismas hacia el laboratorio.

El trabajo de laboratorio se ejecutó en base al Manual de ensayo de materiales – MTC y bibliografía sobre mecánica de suelos, fue fundamental contar con el apoyo de los técnicos de laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo. Todos los procedimientos se llevaron a cabo con los cuidados y medidas de seguridad pertinentes.

Finalmente, el trabajo de laboratorio dio como resultado la caracterización de los suelos comprendidos en el área del proyecto y se han resumido en 02 tablas: la primera contiene los datos para la clasificación del suelo (análisis granulométrico, porcentaje de humedad, índice de plasticidad) y la segunda contiene los ensayos de Proctor modificado y CBR para conocer la capacidad de soporte del suelo. También, se ha realizado el ensayo de corte directo y calculado la capacidad portante del suelo (falla local). El estudio de mecánica de suelos es trascendental para los demás estudios de la carretera puesto que estos se apoyan en los datos obtenidos o resultados para hacer sus diseños o consideraciones técnicas propias de la elaboración del estudio de una carretera.

3.6.5. Estudio de canteras, fuente de agua y depósitos de material excedente

La metodología del estudio de canteras se consideró como primera actividad el trabajo de campo que comprende la ubicación, investigación y comprobación física de los agregados para poder proceder con la excavación de calicatas; luego, para el trabajo de laboratorio se transportaron las muestras para someterlas a ensayos estándares y especiales. Para culminar, se analizó la cantera con respecto a sus accesos, propietario, uso, potencia y rendimiento. Los trabajos de mecánica de suelos realizados en canteras se desarrollaron para investigar las características de los materiales pétreos y establecer si podrán explotarse para los fines previstos: elaboración de concreto, relleno o conformación del terraplén.

Posteriormente, se ubicó y analizó la fuente de agua requerida para la elaboración de concreto, compactación del terraplén, control de polvo, etc. El análisis arrojó que el agua es apta para obra y está libre de ácidos, aceites o sustancias que puedan perjudicar o alterar los elementos que la incluyan en su proceso constructivo; además, se comprobó que el caudal que

presenta la fuente es constante durante todo el año y sí cubrirá la demanda de la construcción de la carretera.

El estudio culminó con la delimitación, conformación y acomodo de botaderos o Depósitos de Material Excedente (DME) para los volúmenes de tierra remanentes de la obra, se eligió técnicamente lugares debidamente autorizados y se construirán acorde a los lineamientos ambientales exigidos. Se determinó cómo serán depositados los materiales, el grado de compactación y estabilidad del depósito.

3.6.6. Estudio hidrológico, hidráulico y drenaje

El estudio hidrológico se inició con la visita a la zona del proyecto y el reconocimiento in situ de los puntos de álveos (cruce de agua) sobre el trazo de la carretera. Dichos puntos fueron identificados con imágenes y sus coordenadas fueron tomadas con GPS navegador para su mejor ubicación. Paulatinamente al estudio de mecánica de suelos se extrajo muestras por medio de apertura de calicatas en las zonas de cruces de agua, esto para tener información del tipo de suelo sobre el que se asentará la estructura de drenaje y así elaborar el cálculo más cercano a la realidad. En esta primera etapa también se indagó en información hidrológica de los mismos lugareños y los antecedentes en la zona del proyecto.

La segunda etapa de este estudio consiste en la obtención de los datos del SENAMHI, con número de datos suficientes para el cálculo del comportamiento de la cuenca Cascabamba. Estos datos abarcan desde el año 1963 hasta 2013, fueron procesados con el software Hidroesta 2 y con ayuda de hojas de cálculo se pudo determinar la distribución que más se ajusta es la de Log Gumbel.

La tercera parte de este estudio está comprendido por la determinación de la tormenta de diseño que abarca el cálculo de las precipitaciones en cierto periodo de tiempo, cálculo de las propiedades de la cuenca, determinación de los tiempos de concentración y periodo de retorno para finalizar con la obtención de las intensidades máximas.

El estudio hidrológico finaliza con la elaboración de las Curvas IDF (Intensidad - Duración – Frecuencia) a partir de las cuales se calculará los caudales para el consiguiente diseño hidráulico y de drenaje.

Para la elección del tipo de las alcantarillas se ha tomado en consideración que el material de las tuberías cumpla con los requerimientos técnicos que exige el proyecto y tenga el menor impacto ambiental negativo, bajo estas condiciones se ha optado como mejor solución el uso de tuberías de PRFV (Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio) o GRP por sus siglas en inglés (Glassfiber Reinforced Pipe) elaboradas a base de resinas y con altas prestaciones

mecánicas. En cuanto al diseño de la alcantarilla que verifica principalmente las deflexiones máximas de la tubería se ha tenido como referente la norma AWWA (American Water Works Association), dicha norma en su capítulo AWWA M – 45 subcapítulo “Tuberías enterradas” detalla la manipulación, diseño e instalación de las tuberías PRFV.

Para la definir la sección de cuneta y su revestimiento se consultó el Manual de hidrología, hidráulica y drenaje, definiéndose que serán triangulares y serán revestidas con concreto.

3.6.7. Diseño geométrico

Previamente al diseño geométrico se clasificó la carretera por demanda y orografía según DG – 2018. La primera clasificación depende del índice medio diario anual, producto del estudio de tráfico, y la segunda depende de las pendientes longitudinales y transversales al eje proyectado de la vía.

Los criterios y controles básicos para el diseño geométrico son: el vehículo de diseño, la velocidad de diseño, las distancias de visibilidad, etc. Al seleccionar el vehículo de diseño se tomó en cuenta la composición del tráfico proyectado de la vía. La velocidad de diseño es el elemento fundamental para el diseño geométrico y el parámetro condicionante de la mayoría de los elementos que componen la geometría de la vía.

El diseño geométrico está constituido por el diseño horizontal, vertical y transversal de la geometría de la carretera. Se relacionó convenientemente los elementos geométricos en los tres diseños para obtener una circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la velocidad de diseño a lo largo de toda la carretera.

En cuanto al diseño en planta de una vía (proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial), está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por curvas. Se tomaron en cuenta las consideraciones de diseño como el ángulo de deflexión, las curvas horizontales y la longitud mínima de estas. Se establecieron las longitudes mínimas admisibles y las máximas aceptables de entre tangencias, el radio mínimo de las curvas circulares simples, las longitudes mínimas y máximas de las curvas de transición y los radios a partir de los cuales se puede prescindir de estas, la relación de parámetros para curvas compuestas, los valores de los sobrecanchos, etc.

Con respecto al diseño vertical (proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo), es en este punto donde se muestra la longitud real de la

carretera. Se determinó la pendiente mínima y máxima; esta última en función a la velocidad de diseño y a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

El diseño geométrico transversal de una carretera es situar y dimensionar los elementos que la conforman, y su intersección con el terreno natural, en cada punto de ella sobre una sección perpendicular al plano donde se especifica el alineamiento horizontal. Se determinó el ancho de calzada en tangente, el ancho e inclinación de las bermas, el bombeo en función a la precipitación y al tipo de superficie de rodadura, el valor y transición del peralte, los taludes de corte y relleno en función al tipo de suelo.

Al término de los tres diseños que componen la geometría de la vía, se elaboró un diagrama de masas o curva masa para asegurar un diseño integral.

3.6.8. Diseño de la capa de rodadura

Para el diseño de la capa de rodadura se consultó como base teórica el Manual de suelos y pavimentos del MTC. Al iniciar el diseño se revisaron estudios previos como el estudio de tráfico y cargas para conocer los vehículos que transitarán por la vía de acceso Cascabamba y el número ESAL; también se revisó el estudio de canteras, material excedente y fuente de agua para determinar si los materiales cubrirán la demanda solicitada y si la cantera de afirmado que se ha considerado cumple con los requerimientos mínimos, principalmente el CBR apropiado para la carretera.

El espesor del afirmado se determinó de acuerdo con el método NAASRA aprobado por el MTC para camino vecinales.

Los costos de operación y mantenimiento en las carreteras representan un presupuesto importante por lo que se evaluó las opciones de estabilización del afirmado o tratamiento superficial, que permita asegurar el tiempo de servicio previsto y reducir gastos en mantenimiento. Después de un análisis de beneficios y riesgos, se optó por la estabilización de la capa de afirmado por las ventajas de impermeabilización, facilidad en el proceso constructivo y el considerable aumento del CBR. La elección del aditivo estabilizante se hizo en base a las opciones que indica el Manual de suelos y pavimentos para carreteras de bajo volumen de tránsito no pavimentadas, revisando tesis de investigación donde se ha comparado la aplicación del aditivo con otros métodos, y la ficha técnica del fabricante.

3.6.9. Metrados, costos y presupuestos

La parte económica del diseño de la carretera incluye los metrados, análisis de costos unitarios, presupuesto, etc.

Los metrados son la cuantificación de materiales o insumos relacionados con la construcción de la carretera. Esta cuantificación se puede obtener de muchas formas y dependerá del tipo de partida que se esté analizando. Por ejemplo, para la partida de movimiento de tierras se utilizaron los datos que exporta el software Civil 3D pues con este se realizó el diseño geométrico vial. Las formas y unidades de medida varían de acuerdo con la partida, pueden ser metros (lineales, cuadrados o cúbicos), hectáreas, puntos, unidad o global, etc.

Los datos cuantificados se colocaron de forma ordenada según el reglamento nacional de metrados en una hoja de cálculo utilizando de Excel.

El presupuesto es el monto total de dinero necesario para la ejecución del proyecto, este resulta de la suma del costo directo con los gastos generales. El costo directo se calcula en base a los metrados y a los costos unitarios de cada partida.

El análisis de costos unitarios se elaboró teniendo como referencia la información del libro de costos y tiempos de carreteras que tiene por autor al Ing. Walter Ibáñez. El costo unitario de cada partida contiene el rendimiento, número de horas, cantidades de mano de obra, materiales, equipos y herramientas.

Es muy importante mencionar que los rendimientos de maquinaria (Cargador frontal, motoniveladora, rodillo, tractor, volquetes, etc) se han calculado de forma particular de acuerdo con la altitud de la zona de proyecto y el ancho de calzada de la carretera, por lo tanto, para la partida de movimiento de tierras, los rendimientos no se han tomado del libro del Ing. Walter Ibáñez.

Los gastos generales o también llamados costos indirectos son aquellos que, como su mismo nombre lo dice, el costo no interviene o no se relaciona directamente con la construcción de la carretera. Se subdividen en gastos generales fijos y variables, y han sido analizados y calculados en hojas de Excel.

Teniendo elaborado los costos directos (metrados y costos unitarios) y los gastos generales, se procede a calcular el presupuesto de la obra.

3.6.10. Programación de obra

Para el presente proyecto se elaboró una tabla para calcular las duraciones de cada actividad. Los datos incluidos en esta tabla son: el rendimiento de cada partida, los metrados y la estimación del número de cuadrillas. Las duraciones de cada actividad es resultado de la división de los metrados con el producto del rendimiento y el número de cuadrillas.

Se elaboró un listado de todas las actividades que necesita la carretera para su construcción con sus respectivas duraciones. Las actividades deben llevar una secuencia lógica, por lo tanto, se elaboró un diagrama de red para identificar las relaciones o dependencias entre actividades.

Se utilizó el software MS Project para el procesamiento de los datos y obtención de la ruta crítica, duración total de la obra, escala de tiempo, el cronograma de actividades, el cronograma valorizado, el cronograma de adquisición de materiales, la curva S, etc.

3.6.11. Evaluación de impacto ambiental

La metodología aplicada en este estudio inició con la revisión del marco legal referente al tema ambiental para tener conocimiento de las normas que sustentan la elaboración de este estudio. Después, se elaboró la línea base ambiental donde se han descrito características y parámetros de la zona donde se construirá la carretera, con el fin de identificar su ubicación, las áreas de influencia, aspectos físicos, biológicos y socioeconómicos. Luego se describió el proyecto de la creación de la vía de acceso Cascabamba y las actividades que se llevarán a cabo durante todas las etapas de proyecto; esta descripción de tareas se enlaza con el consiguiente punto referente a la identificación y evaluación de impactos ambientales. La identificación se realizó para después plasmarla de manera sistematizada en la matriz de Leopold.

Para concluir el estudio, se elaboró el plan de manejo ambiental se formuló para considerar las acciones que conduzcan a evitar, mitigar y/o minimizar las implicancias negativas y acentuar la presencia de los impactos favorables. El plan de manejo ambiental está conformado por los programas como el programa de seguimiento y monitoreo ambiental; programa de medidas preventivas, de mitigación y/o correctivas; programa de contingencias; etc. Es importante precisar que los programas han sido desarrollados de manera detallada para que suscitada alguna eventualidad de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente; sirva como guía para responder de manera acertada a estos sucesos.

3.7. Plan de procesamiento y análisis de datos

El plan de procesamiento de datos se ha elaborado en base a las actividades necesarias para el diseño de vía de acceso Cascabamba y el tiempo que tomará la ejecución de las mismas, en el marco del desarrollo de las asignaturas de tesis I y tesis II que comprenden en total dos semestres académicos (08 meses cronológicos).

El desarrollo de la tesis se ha estructurado en dos partes bien diferenciadas: la primera que comprende la ejecución de los estudios básicos y la segunda que consta de los costos, presupuestos y programación de obra. Los datos se analizan en la etapa de diseño, las actividades y tiempos se detallan en los siguientes párrafos.

Durante la primera parte se propone desarrollar el 75% de la tesis en 04 meses, y comprende tres fases:

FASE I

1. Efectuar Coordinaciones con Autoridades Locales
2. Visita a la zona del proyecto y recolección de información.
3. Recolección de información bibliográfica y antecedentes del proyecto.
4. Estudio de Tráfico.
5. Revisión de la normativa nacional vigente y alineación de la información a la misma.

FASE II

6. Evaluación de dos alternativas como mínimo y elección de la mejor propuesta de diseño.
7. Estudio Topográfico.
8. Toma de muestras y ensayo de mecánica de suelos.
9. Estudio Hidrológico e Hidráulico.

FASE III

10. Elaboración del diseño geométrico.
11. Diseño de las obras de arte.
12. Elaboración de planos topográficos del área del proyecto.
13. Elaboración de planos del diseño de obras de arte.
14. Metrados.

Para la segunda parte se propone desarrollar el 25% complementario de la tesis en los 04 meses restantes, comprende la cuarta fase:

FASE IV

15. Análisis de costos unitarios.
16. Elaboración de costos y presupuestos.
17. Elaboración cronograma y valorización de obra.
18. Elaboración del informe final de la evaluación de impacto ambiental.
19. Conclusiones y recomendaciones.

3.8.Matriz de consistencia y operacionalización de variables

Es el proceso mediante el cual se explica cómo se medirán las variables formuladas, para lo cual en muchos casos habrá que descomponerlas en indicadores susceptibles de poder medirse. Se han definido los indicadores de las variables antes de realizar la recolección de datos, y para ello se han utilizado términos operacionales, es decir, que produzcan datos concretos, que sean cuantificables.

Tabla 1: Matriz de consistencia y operacionalización de variables

VARIABLE		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ÍNDICE
INDEPENDIENTE	DEPENDIENTE				
VÍA DE ACCESO	DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO	Características del suelo	Granulometría	Formatos de laboratorio Usat	8%
			Contenido de Humedad	Formatos de laboratorio Usat	3%
			Proctor y CBR	Formatos de laboratorio Usat	9%
			% de Abrasión	Formatos de laboratorio Usat	2%
			Límites de Atterberg	Formatos de laboratorio Usat	4%
		Tráfico	Número de vehículos/día	Formato IMDA - MTC	10%
		Características hidrológicas e hidráulicas	Precipitación	Formatos SENAMHI	7%
			Caudales máximos (quebradas, ríos)	Formatos Hidroesta	5%
		Topografía	Orografía	Ficha de datos INGEMMET	8%
			Pendiente	Libreta de campo electrónica	4%
			Curvas de nivel	Libreta de campo electrónica	6%
			Perfil longitudinal	Libreta de campo electrónica	5%
			Secciones transversales	Libreta de campo electrónica	5%
		Ubicación de fuente de material pétreo, agua y botadero	Cantera	Ficha de datos MTC	5%
			Agua para obra	Ficha de datos MTC - Formato de laboratorio Usat	4%
			Depósitos de material excedente.	Ficha de datos MTC	3%
		Evaluación de impacto ambiental	Incidencia de acciones en factores ambientales	Ficha para línea base	7%
				Matriz de Leopold	5%

3.9. Consideraciones éticas

La principal consideración ética para el desarrollo de la tesis ha sido el respeto por la producción de otros autores y reglamentos que han servido de guía técnica, viéndose reflejado

en las citas con estilo IEEE, de las fuentes consultadas, en el capítulo VII Referencias bibliográficas.

El estudio de tráfico se realizó respetando la normativa de suelos y pavimentos del MTC utilizando los formatos correspondientes.

Para el estudio de rutas se adoptaron los criterios del manual DG-2018 del MTC y del libro Diseño Geométrico de Carreteras que tiene por autor a James Cárdenas.

En el estudio topográfico, se realizó un levantamiento por seccionamiento con receptor GPS Base L1/L2 Glonass y receptor GPS Rover L1/L2 Glonass, obteniendo una red de puntos como se indica en la parte de estudios básicos del manual DG-2018 del MTC. Luego se creó, a partir de la triangulación de los puntos obtenidos, una superficie muy aproximada a la real y se proyectó el diseño geométrico siguiendo y cumpliendo los parámetros de la normativa mencionada.

Para el estudio de mecánica de suelos y de canteras se ejecutaron las exploraciones de campo y los ensayos de laboratorio correspondientes, según el manual de suelos y pavimentos y de ensayo de materiales respectivamente que dicta el MTC. Luego de esto, para aceptar o descartar los distintos usos de los materiales, se verificó el cumplimiento de las especificaciones técnicas en función de lo que rige el manual EG-2013 de MTC.

Para llevar a cabo del estudio hidrológico se realizó una visita exclusivamente para la identificación de cruces de agua y toma de coordenadas en las intersecciones de estos con la vía proyectada según en manual de hidrología, hidráulica y drenaje.

La elaboración de los metrados del proyecto sigue la normativa del glosario de partidas aplicables a obras de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras y puentes del MTC.

La evaluación del impacto ambiental fue elaborada teniendo como referencia las normativas que rige el sistema nacional de gestión ambiental del Ministerio del Ambiente.

IV. RESULTADOS

A lo largo del desarrollo de la tesis, se diseñó íntegramente la vía de acceso que une los puntos de La Cruz y El Paccho en Cascabamba, Contumazá – Cajamarca ejecutando las actividades requeridas y elaborando los estudios necesarios para obtener información de la zona del proyecto, esos tópicos permitieron establecer bases sólidas para poder realizar los cálculos correctos, el presupuesto y cronograma de obra, que constituyen factores primordiales para todo proyecto de ingeniería.

La manera en que estuvo dirigido el proyecto hizo posible que se obtuviera un producto con las siguientes características:

El resultado general de la presente tesis, como se mencionó en los objetivos, es el diseño integral de la vía de acceso Cascabamba.

El diseño completo de la vía de acceso está compuesto por otros diseños apoyados a la vez en los estudios realizados. Existen diseños que se apoyan en un solo estudio, mientras otros en más de uno, y estos a su vez se complementan con otros (estudios) para poder ser realizados.

En el estudio de tráfico y cargas, se logró contabilizar los vehículos de la estación Salcot durante los días lunes 24 de julio de 2017 al domingo 30 de julio de 2017 arrojando un volumen vehicular de 94 vehículos en ambos sentidos. Se ha obtenido que el IMDA es de 13 vehículos cuya distribución vehicular tiene con mayor porcentaje a las camionetas con 31% del total y las horas de mayor confluencia son las 7 am y 5 pm. Por otra parte, la proyección de tránsito dentro de 10 años con la construcción de la carretera Cascabamba es de 24 vehículos diarios representando casi el doble del tránsito actual y, el vehículo de diseño será el tipo B2.

Con respecto al tráfico de cargas, los vehículos con mayor carga son del tipo B2 y C2, con 18 toneladas cada uno, y han sido los referentes para el cálculo de cargas que soportará el pavimento dando como resultado que el número ESAL es de 68,458.698.

Se trazaron tres rutas sobre la superficie de la zona de proyecto obtenida con la ayuda de programas como el Google Earth, Global Mapper y Civil 3D. Se realizó la evaluación técnica, económica, social, cultural, etc. La ruta óptima que resultó de la evaluación es la N°02.

El estudio topográfico se ejecutó a través del levantamiento con GPS diferencial utilizando el método de seccionamiento, obteniendo así una malla de puntos que pueden triangularse para obtener la superficie del área de estudio donde se proyectó el diseño geométrico. Los BMs fueron ubicados cada 500 metros.

El plan de estudio geotécnico y la ejecución de las calicatas han permitido caracterizar el tipo de suelo donde se construirá la carretera. Los suelos naturales analizados mediante calicatas a la profundidad de 1.50 m presentan características similares siendo suelos granulares en su mayoría GM - GC (gravas limo arcillosas)

Los resultados de los ensayos de laboratorio demuestran que el 70.59 % de la subrasante estudiada es del tipo GC, por lo tanto, se puede considerar como un suelo granular en su mayoría y en muy baja proporción SC (arena arcillosa en el primer kilómetro) y CL (arcilla de baja plasticidad en los kilómetros 8 y 9). Estos suelos se encuentran en el rango entre baja y media plasticidad siendo el $IP_{promedio}=14.88\%$, los suelos se encuentran compactos y los colores varían entre marrón claro a marrón oscuro y plomizo.

Tabla 2: Agrupación de los materiales de acuerdo al estudio de suelos.

Grupo de materiales	Clasificación de suelos SUCS	Clasificación de suelos AASHTO
I	SC	A - 7 - 6 (8)
II	GC - GM - GP-GW	A - 2 - 4 (0)
		A - 2 - 6 (0)
		A - 2 - 6 (1)
		A - 2 - 6 (2)
		A - 4 (3)
		A - 6 (3)
		A - 7 - 5 (5)
III	CL	A - 6 (4)
		A - 6 (8)

Fuente: Propia

Los ensayos de laboratorio además permitieron conocer la capacidad de soporte del suelo mediante el ensayo Proctor y CBR arrojando como resultado que la sub rasante es excelente, según la clasificación del MTC, esto da pie a un diseño más económico y menor impacto ambiental al reducir la explotación de canteras. De acuerdo a las características físico – mecánicas de los suelos de la subrasante y su valor relativo de soporte CBR, el camino en estudio se ha sectorizado por promedios en:

Tabla 3: Sectorización del terreno según CBR.

Sectores		CBR 95%
Sector I	0+ 000 - 5+ 930	38.10
Sector II	5+ 930 - 16+ 010	82.83

Fuente: Propia.

Mediante el estudio de canteras se determinó que la cantera Chilete está conformada por material del tipo GP y SP, que por ser de origen fluvial presenta cantos rodados envueltos por

arenas; los ensayos ejecutados a las muestras indican que los agregados son aptos para fines constructivos. Esta cantera cuenta con una potencia 57,803 m³ y rendimiento de 87% que cubrirá la demanda del proyecto Vía de acceso Cascabamba, y se empleará para la elaboración de concreto hidráulico de obras de drenaje y las estructuras de concreto necesarias durante la ejecución del proyecto. La cantera Salcot es de origen coluvial y presenta predominantemente gravas (GP – GC) de formas angulosas a sub - angulosas. La potencia de la cantera Salcot es de 87,643.85 m³ y rendimiento de 87%, estos datos aseguran que se cubra el requerimiento de material para las diferentes partidas que lo requieran. Se empleará para relleno, conformación de terraplenes, mejoramiento de sub rasante y como base granular (afirmado).

En cuanto al estudio de la fuente de agua, los resultados de los análisis químicos de la fuente de agua están dentro de los límites permisibles para el uso del agua en la preparación del concreto hidráulico y obras de pavimentación y se ha comprobado que el riachuelo Cascabamba presenta un caudal mínimo de 1,797.98 m³/día durante todo el año, para abastecer la demanda necesaria para los procesos constructivos.

Dentro del análisis se consideraron áreas que reciban el desmonte generado durante el proceso constructivo, en consecuencia, los depósitos de material excedente (DME) delimitados sí cuentan con la autorización y capacidad para albergar los materiales remanentes de la vía de acceso Cascabamba. El DME 01 tiene una capacidad de 92,681 m³ y el DME 02, 37,059 m³.

El estudio de hidrología ha concluido que el área en estudio se encuentra afectada por procesos hídricos ligados con las condiciones climáticas de la región, donde las precipitaciones, que se incrementan entre diciembre y abril, saturan los cauces que por filtraciones originan cárcavas y deslizamientos en los taludes modificando las condiciones morfológicas de la zona. Se han identificado y ubicado 13 subcuencas que forman los álveos que atraviesan el eje proyectado de la vía de acceso Cascabamba. La información de precipitación máxima en 24 horas, corresponde a la estación de Cascabamba la cual se ubica a 3,395 msnm y cuenta con datos pluviométricos de 1963 a 2013, lo que ha servido para representar las precipitaciones máximas que se producen en la zona durante la presencia de eventos extraordinarios. Así, mediante análisis de frecuencia, el estudio hidrológico concluye que la zona del proyecto es lluviosa con precipitaciones de 1,100 a 1,300 mm/año, también se han calculado precipitaciones máximas para un período de retorno de 40 años con coeficiente de escurritía 0.55. Para continuar, los caudales de diseño, se han estimado mediante la obtención de curvas IDF las mismas que fueron calculadas mediante el método racional. Dichos caudales se han obtenido

para un período de retorno de 40 años en función a la vida útil y riesgo de falla de la estructura a proponer.

Posteriormente, en el diseño hidráulico y drenaje se consideró que las longitudes de recorrido de las cunetas serán de 250 m como máximo, de acuerdo a la normativa peruana. Las cunetas laterales de la plataforma serán revestidas de concreto, su talud interno es 1:2, para región lluviosa la profundidad es de 0.30 m y ancho total es 1.05 m, la longitud total de cunetas a lo largo de la vía es 14694 metros lineales. El drenaje transversal proyectado está compuesto por alcantarillas del tipo PRFV, 46 alcantarillas de alivio con diámetro de 0.80 m con su respectiva caja receptora y 13 alcantarillas de pase de varios diámetros: 1.20 m, 1.40 m, 1.50 m y 1.80 m. Cada alcantarilla contará con cabezales tipo muro en la entrada y salida.

Se realizó el diseño geométrico en planta, perfil y sección. El radio mínimo de giro es 30 m con algunos casos excepcionales. La máxima pendiente del trazo en perfil es de 10% y la longitud de curvas cóncavas o convexas es de 60 m. El ancho de calzada es de 6 m con 0.50 m de bermas y las plazoletas se encuentran espaciadas cada 500 m.

El diseño de la capa de rodadura para un periodo de 10 años se hizo en base al método NAASRA aprobado por el MTC, el cual arrojó un espesor mínimo de afirmado de 0.15 m. Para la vía de acceso se ha considerado un espesor de afirmado de 0.20 m estabilizado con Terrazyme para asegurar la impermeabilización y mejorar sus propiedades mecánicas, de esta manera conservar por más tiempo la estructura del camino y reducir costos de mantenimiento y/o rehabilitación.

El presupuesto total para la ejecución de la obra asciende a la suma de 12'612,622.45 (DOCE MILLONES SEISCIENTOS DOCE MIL SEISCIENTOS VEINTIDOS Y 45/100 SOLES) con precios referidos al mes de junio 2018. Teniendo un costo directo es de 9'088,999.22 (NUEVE MILLONES OCHENTA Y OCHO MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y NUEVE Y 22/100 SOLES) y gastos generales de 872,543.93 (OCHOCIENTOS SETENTA Y DOS MIL QUINIENTOS CUARENTA Y TRES 45/100 SOLES)

La duración total del plazo de ejecución para el proyecto es de 428 días calendario. Teniendo en cuenta que los domingos están considerados como días no laborables y los días festivos de la misma manera. La jornada laboral es de 8 horas empezando desde las 8:00 am y concluyendo a las 5:00 pm.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) da como resultado que la evaluación de los impactos ambientales identificados sobre las distintas fases del proyecto, no generará impactos ambientales severos sobre el medio ambiente. Las actividades más impactantes del proyecto, desde el punto de vista de los impactos negativos son: el movimiento de tierras, la construcción de la capa de afirmado y la construcción de las obras de arte de la vía, debido a los trabajos necesarios que se realizarán y que principalmente impactan en el componente paisaje.

Los factores ambientales más impactados serán el suelo y la calidad del paisaje. Para el caso del suelo, durante la construcción de los componentes del proyecto se producirán niveles altos de movimiento de tierras y compactación de suelos. Cabe mencionar que estos impactos son de carácter temporal y fácil de prevenir y mitigar con medidas adecuadas. También se generarán residuos sólidos durante el proyecto, lo cual producirá un impacto negativo indirecto sobre la calidad del paisaje.

La ejecución del proyecto también traerá una serie de impactos ambientales positivos, especialmente sobre los factores sociales, entre ellos destacan la mayor cobertura de servicios básicos (impacto directo), que se traducirá en un uso más eficiente del recurso hídrico y en una menor incidencia de enfermedades (impacto indirecto), y por ende una mejor salud de los usuarios.

V. DISCUSIÓN

Tras describir y analizar los diferentes resultados obtenidos con el desarrollo de la tesis para la Creación de la vía de acceso Cascabamba, anexo La Cruz – anexo El Paccho, distrito y provincia de Contumazá, procede ahora realizar las discusiones que sirvan para consolidar lo logrado, al tiempo que suponga una futura línea para nuevos proyectos de infraestructura vial. En la estructura que se planteó en la tesis, se incluyó el debate del diseño de la vía de acceso Cascabamba con el fin de dar a conocer el punto de vista de los tesisistas sobre las propuestas planteadas en comparación de otras que bien pudieron aplicarse como solución al problema de la transitabilidad. La discusión se centrará en aquellos aspectos más relevantes que se han extraído de los resultados conseguidos, dado que no se dispone de elementos específicos de comparación con los que contrastar las aportaciones de la tesis.

En cuanto al estudio de tráfico y cargas se ha tenido en cuenta la elección de la estación de aforo y consideración del tipo de vehículo que transitará por la futura carretera.

En toda construcción de una carretera, es necesario determinar una estación de aforo para el conteo vehicular y con ello formular la proyección del IMDa (Índice Medio Diario anual) a 10 años con proyecto. Los resultados nos muestran que se eligió una sola estación de aforo ubicada en el distrito de Contumazá, a la altura del desvío hacia el caserío Salcot, las coordenadas UTM de este punto de aforo son E: 742945 N: 9185404; sin embargo, existe otra vía que también nos conduce al inicio del proyecto, este camino de 12 Km es un desvío de la carretera Chilete – Contumazá y conecta el caserío Shamón con Cascabamba. Ante estos 02 accesos, surge el debate de la elección de la estación más indicada para el conteo vehicular, es aquí donde se analizan las características de los accesos. Se optó por la estación en el desvío a Salcot puesto que esta carretera se encuentra a nivel de afirmado, el tránsito peatonal y vehicular hacia la zona del proyecto es más alto y los pobladores hacen uso de esta vía con mayor frecuencia; frente a la otra alternativa que atraviesa el caserío Shamón que es un camino de herradura, el tránsito se dificulta con las lluvias y su uso es escaso salvo por las personas que son propietarios de terrenos agrícolas cercanos.

En cuanto a los tipos de vehículos que recorrerán la vía de acceso Cascabamba, en un inicio sólo se consideró el camión C2 por ser el vehículo de uso actual de los pobladores con mayor radio de giro y mayor peso por eje. Por otra parte, se ha tomado en cuenta la observación del jurado calificador en considerar el vehículo de transporte de pasajeros tipo B2 puesto que una de las principales justificaciones para la creación de la carretera es promover la actividad

turística con el avistamiento de vicuñas. Por tanto, fue bien acogida dicha observación y, en consecuencia, el cálculo del ESAL aumentó de 22818.722 a 68458.698 EE.

En lo referente al estudio de hidrología, hidráulica y drenaje, es significativo destacar que la elección del material de la tubería para alcantarillas de drenaje transversal ha sido uno de los temas que más ha captado la atención al momento de proponer las soluciones técnicas. Los resultados indican que las tuberías de PRFV (poliéster reforzado con fibra de vidrio) soportarán las cargas y sollicitaciones a las que serán expuestas, no obstante existen más materiales en el mercado, de uso frecuente con antecedentes de buen desempeño y otros que son novedosos con propuestas técnicas y económicas que captan la atención de los proyectistas, por tal motivo se hizo una evaluación y comparación de las principales opciones que ofrece el mercado actualmente: PRFV, HDPE, TMC y concreto. A continuación, se muestra una tabla comparativa de los materiales de tuberías que se elaboró para proponer la mejor solución técnica:

Tabla 4: Comparación de materiales de tuberías para alcantarillas de drenaje.

Criterio (tubería $\phi= 800\text{mm}$ $= 31\ 1/2''$)	PRFV	HDPE	TMC	Concreto
Tiempo de vida útil (años)	85	50	20	35
Costo por ml	747.08	646.24	228.17	425.29
Resistencia a la corrosión	No afectada por corrosión	No afectada por corrosión	Susceptible de corroerse	Susceptible de corroerse
Rugosidad (Manning= n)	0.009	0.012	0.013	0.017
Condiciones del terreno	Soporta intemperismo	Soporta intemperismo	No soporta terreno agresivo	Susceptible a cloruros y sulfatos
Peso (kg/ml)	66.35	73.38	265.4	672.11
Impermeabilidad	Totalmente hermética	Totalmente hermética	Riesgo de infiltración en uniones	Riesgo de infiltración por poros
Huella de carbono (kg CO ₂ Eq/kg)	0.28	1.45	2.78	0.2
Mantenimiento	No requiere	Mínimo	Periódico	Constante
Transporte	Permite anidado	Permite anidado	Armable	Prefabricado o en obra
Trabajabilidad	Fácil manipulación e instalación	Fácil manipulación e instalación	Dificultad en manipulación por peso	Puede ser prefabricada o construirse en obra

Fuente: Propia.

Después de la tabla comparativa, revisión de antecedentes de uso en otro proyecto, consulta de bibliografía y ficha técnica del fabricante, se escogió como mejor alternativa la tubería de PRFV por los siguientes motivos:

Longevidad con larga vida útil de 85 años aproximadamente.

No se corroe.

Bajo costo de mantenimiento.

Desperdicios mínimos durante su fabricación.

Prácticas de fabricación sustentables.

Costos de instalación mínimos.

Impactos mínimos de transporte.

Sin filtraciones por las paredes de la tubería.

Al seleccionar los materiales de las tuberías es importante utilizar el concepto del ciclo de vida y huella de carbono para así tener conciencia de todos los impactos de los materiales, especialmente las emisiones durante la fase de fabricación.

En el diseño de capa de rodadura, el debate se generó en función de la necesidad del tratamiento del afirmado y la elección del método más indicado para la zona del proyecto. En tal sentido, la primera disyuntiva surge en definir si la superficie de rodadura para la capa granular estará constituida por la capa de suelo estabilizado o requerirá la adición de un recubrimiento bituminoso. Para tomar esta decisión se revisaron los resultados del estudio de mecánica de la subrasante y el material de cantera, siendo los datos más relevantes los de CBR, granulometría, contenido de humedad y el índice de plasticidad; además se consultó bibliografía y normativa referente al tema. Los estudios indican que el CBR del suelo del proyecto es excelente por encima del 30%, con IP promedio de 14.88% que indica plasticidad media $\leq 20\%$, mayor presencia de suelo del tipo GC (grava arcillosa) y los materiales de cantera cumplen con los requerimientos del MTC, por lo tanto, puede aplicarse cualquier solución básica para carretera no pavimentada.

Según el documento técnico de soluciones básicas en carreteras no pavimentadas del MTC, el procedimiento de selección del estabilizador de suelos, puede dar como resultado, más de una alternativa técnica de solución aplicable, en cuyo caso debe optarse por la de menor costo y en función a los materiales existentes en las zonas adyacentes a la carretera. En consecuencia, la primera tentativa fue la elección del tratamiento superficial con slurry seal, delgada capa de concreto asfáltico que funge como sello de la calzada, con antecedentes de aplicación en caminos vecinales en la costa y sierra del país; y la segunda tentativa, fue la opción

de estabilización con enzima orgánica, aditivo de origen natural, que se mezcla con el suelo para mejorar las propiedades mecánicas e impermeabilizar.

La opción por la que se decantó en el diseño de la capa de rodadura fue la segunda, la estabilización con enzima orgánica, en este caso con el producto Terrazyme. La solución tomada responde a los siguientes motivos:

Para su aplicación se requiere equipo mecánico convencional: camión cisterna, motoniveladora, rodillo, cargador frontal, camión volquete, excavadora y otros. El procedimiento de aplicación es simple.

Es aplicable al tipo de suelo de la subrasante que es mayoritariamente del tipo GC (grava arcillosa) y con CBR excelente.

Las actividades de mantenimiento son simples y menos costosas que las carreteras con tratamiento superficial bituminoso, puesto que los procedimientos son simples y la maquinaria es básica por lo que está presente en la mayoría de instituciones responsables del mantenimiento de vías.

Reduce el índice plástico y con esto reduce las expansiones y contracciones debidas a los cambios de humedad y temperatura (estabilidad volumétrica).

Incrementa significativamente el CBR y aglomera las partículas finas de la capa granular.

Otorga una cubierta impermeable a la capa de afirmado, esto es beneficioso porque el proyecto se sitúa en una zona lluviosa y aumenta los tiempos entre los mantenimientos rutinarios y periódicos, traduciéndose en un significativo ahorro.

Para la elaboración de análisis de costos unitarios, los rendimientos de maquinaria fueron calculados teniendo en cuenta dos casos particulares que se presentaron en el proyecto. Estos casos son: el ancho de vía que afectaba la maniobrabilidad de la maquinaria y la altura de la zona que afectaba la eficiencia.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos en el diseño de la vía de acceso Cascabamba, se concluye lo siguiente:

Se diseñó la carretera teniendo en cuenta todos los componentes que implican la ejecución de este tipo de infraestructura vial. Al concluir con los estudios de reconocimiento y exploración, se dio inicio a la etapa de trabajo de gabinete, es decir la elaboración de los diseños. El primero que se realizó fue el geométrico, que se apoyó en el estudio de rutas, tráfico y topográfico. El estudio de rutas permitió tener un taza preliminar; con el estudio de tráfico se obtuvo, a través del IMDA y vehículo de diseño, la clasificación de la carretera por demanda y el cálculo de sobreanchos respectivamente; y el estudio topográfico permitió clasificar la carretera por orografía. Los resultados del diseño geométrico es toda la configuración de la vía en cuanto a su geometría, esto es el cálculo de todos los puntos de inflexión horizontales y verticales, puntos de comienzo y fin de curva, radios de giro, curvas horizontales y verticales, curvas circulares y espirales, sobreanchos, ubicación de plazoletas, etc. En general todo esto se resume a los planos de diseños geométrico en planta, perfil y sección transversal. Además de ello se obtuvieron los volúmenes de corte y relleno que servirán para los metrados y la curva masa para el análisis de movimiento de tierras, distancias de acarreo y cálculo de secciones balanceadas.

En el estudio de tráfico se obtuvieron los siguientes datos: El índice medio diario anual (actual y proyectado), el vehículo de diseño y los ejes equivalentes.

En el estudio de rutas se tuvo como resultado, de las 03 propuestas, a la ruta óptima que servirá para la realización del estudio topográfico, previa verificación de terrenos disponibles, cumpliendo pendientes, evitando zonas protegidas, etc.

Del estudio de suelos se puede concluir que el suelo de la franja topográfica de la vía es apto para la construcción de una carretera y presenta buenas características físicas y mecánicas.

El estudio topográfico se apoyó en el estudio de rutas para la ejecución del levantamiento por seccionamiento y con ello se obtuvieron los puntos topográficos que luego por triangulación de estos, utilizando el software Civil 3D, se creó la superficie topográfica con la que se pudieron calcular los datos de orografía, pendientes, diseño en planta, perfil y secciones transversales.

Para el estudio hidrológico se analizó la superficie de la selección de la ruta óptima, reconocimiento de campo y recolección de datos hidrológicos. Los resultados de este estudio

son los caudales, que posteriormente servirán para el diseño hidráulico y drenaje, y este a su vez, será de apoyo para el diseño geométrico de la vía.

El estudio de canteras y fuente de agua se apoyó en el estudio topográfico y de suelos, aparte de una visita de campo para la identificación de fuentes de materiales. Los resultados de este estudio son la identificación de materiales, así como su cumplimiento con las especificaciones técnicas, la potencia y usos requeridos. Los depósitos de material excedente se determinaron de acuerdo a los volúmenes calculados en el movimiento de tierras y las distancias de recorrido.

Se elaboraron los planos de los estudios en los que será necesaria su representación gráfica para que sirva de apoyo en la etapa de ejecución del proyecto.

Los metrados se realizaron después de haber efectuado todos los estudios y diseños, pues para la realización de este punto es muy importante tener definido elementos que componen la carretera, así como todos los planos. Estos últimos facilitan mucho la contabilización.

Los costos y presupuestos se apoyan esencialmente de los metrados, a partir de ello y con el análisis de costos unitarios se obtuvo el costo directo. Luego se calcularon los gastos generales fijos, gastos generales variables, utilidades, etc. El resultado de este punto es el presupuesto total de la obra.

En la parte de programación de obra se utilizaron los datos de los metrados y el análisis de costos unitarios, pues con ellos se identificaron las actividades y se calcularon sus duraciones respectivamente. El resultado en esta parte es el cronograma de ejecución de la obra es decir la duración total en días para terminar la construcción de la vía, la escala de tiempo, el cronograma valorizado, etc.

Por último, pero no menos importante, los estudios y diseños anteriores no hubieran podido plantearse sin el marco de respeto al ambiente que se desarrolla en la Evaluación de Impacto Ambiental. En esta evaluación se definió la línea base que permitió identificar los distintos factores que serán afectados durante la ejecución del proyecto y después, en la etapa de operación y mantenimiento. Otro resultado importante es la elaboración de la Matriz de Leopold como herramienta para cuantificar los impactos que generará la construcción de la vía de acceso. En consecuencia, se elaboró el Plan de Manejo Ambiental que contiene los programas de monitoreo, contingencia, seguridad y salud, monitoreo arqueológico, etc.

VII. RECOMENDACIONES

Finalmente, por la experiencia lograda durante el desarrollo de este proyecto se pueden dar las siguientes recomendaciones:

El estudio de tráfico y cargas es clave porque con los datos que arroja se clasifica la carretera y se propone soluciones para el camino, por tal motivo se recomienda que se realice meticulosamente y con especial cuidado en el registro de los tipos de vehículos para tener una correcta identificación del tránsito que circulará por la carretera Cascabamba. Además, se recomienda revisar la bibliografía del MTC para hacer uso de sus formatos, datos estadísticos y tener un marco normativo que respalde el trabajo realizado.

Para la elección de la mejor ruta se recomienda realizar una evaluación completa de todas las posibles rutas que existen para unir dos o más puntos determinados. Esta evaluación comprende un análisis técnico, económico, social, cultural, etc.

Para el levantamiento topográfico se recomienda tener en cuenta el clima de la zona de proyecto, su altitud y densidad de vegetación para la elección del equipo topográfico a utilizar y el método de levantamiento.

Previamente al inicio de actividades del estudio de mecánica de suelos se recomienda elaborar un plan de estudio geotécnico, consultar los manuales del MTC y buscar información de instituciones relacionadas, para considerar todas las variables posibles que involucran a este tipo de estudio.

Es muy importante hacer un hincapié en el estudio de mecánica de suelos, pues es un caso particular ya que es el único estudio que se apoya en un diseño no definitivo, pero depende de este para su ejecución en campo. Para ejecutarse las exploraciones en campo se tuvo que realizar un prediseño geométrico que permita conocer las intersecciones del terreno natural con la subrasante, así como las zonas de corte y relleno. El resultado del estudio de mecánica de suelos es el reconocimiento físico y mecánico de los suelos a lo largo del eje vial proyectado con la finalidad de describir el suelo de cimentación donde se apoyará la estructura del pavimento y para obtener parámetros que permitan el diseño de este.

De acuerdo con los resultados del estudio de suelos el terreno presenta características físico-mecánicas buenas, específicamente en el CBR, por lo que se recomienda la reutilización del material de corte y de esta manera reducir la explotación de canteras, y a la vez reducir

costos en adquisición de materiales y mitigar el impacto ambiental negativo. Es importante añadir que se debe considerar la implementación de los sistemas de drenaje y sistema de banquetas para las zonas de corte de tierra mayor a 07 metros de altura.

El estudio de canteras y fuente de agua nos sirve para determinar las fuentes de material, no obstante, es recomendable durante la ejecución de las obras de la vía de acceso Cascabamba, realizar los ensayos a las muestras de cantera y fuente de agua a fin de asegurar el cumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto.

Cuando se inicie la construcción, se tendrá que realizar una explotación cuidadosa, en el sentido de no contaminar el estrato de material granular y hacer la limpieza necesaria a fin de evitar desperdicio de material. También es importante tener en cuenta que los agregados una vez acopiados deberán cubrirse con plásticos o con una lona para evitar que el material particulado sea dispersado por el viento y contamine el entorno. Además, evitar que el material se contamine con otros materiales o sufra alteraciones por factores climáticos.

Al cruzar la información del estudio de canteras con el estudio de mecánica suelos de la carretera con el de las canteras, se recomienda solo la explotación necesaria de estas últimas puesto que la calidad del suelo es buena en gran parte del camino y solo necesitaría un mejoramiento de material para cumplir con los requerimientos. De esta manera reducimos gastos e impactos ambientales negativos.

Con respecto a la extracción de agua, se debe acondicionar una poza de profundidad suficiente para la succión del agua a la cisterna. Por otro lado, los materiales de desecho deberán ser confinados en los depósitos de material excedente (botaderos), compactados y repuesta la cobertura vegetal (si existía).

Según el Manual de Hidrología del MTC para zona lluviosa se recomienda por seguridad que las cunetas tengan una profundidad de 0.30 m, dado que se ha comprobado en múltiples carreteras, las cunetas se obstruyen fácilmente en temporada de lluvias debido a la caída de material de corte del talud superior, originándose desbordes y con la consiguiente afectación de la seguridad vial.

Se recomienda ejecutar la obra en época de estiaje, dado el aumento considerable de precipitaciones en la zona entre los meses de diciembre y abril. De lo contrario realizar obras de prevención como canales de desviación, a fin de mitigar los efectos de las lluvias durante la construcción de la obra.

Se recomienda verificar la elección del vehículo de diseño, pues este es factor importante del cual dependen muchos parámetros de diseño, por ejemplo, el diseño geométrico que se basa en el radio de giro del vehículo de mayor dimensión que transitará en la vía para la configuración de las curvas horizontales. Esto servirá para tener las consideraciones y medidas pertinentes en la señalización para evitar que circulen vehículos de mayor tamaño como camiones de tres ejes a más y trailers.

El proceso de compactación debe ser bien controlado en el momento y en la manera como se pasa el rodillo sobre la zona a compactar,

Realizar la aplicación del aditivo en condiciones secas (época de estío) para evitar el exceso de agua en el proceso constructivo.

Tener cuenta que el aditivo por ser un producto orgánico presenta una fecha de caducidad de 36 meses.

Se recomienda los ensayos de control de calidad a lo largo de las actividades de la construcción de la carretera, comprobando las cotas de subrasante y afirmado, verificar la densidad lograda con la compactación mecánica en campo.

Para la verificación de análisis de costos unitarios se recomienda el cálculo de los rendimientos de la maquinaria, ya que estos dependerán mucho del ancho de vía proyectada según diseño geométrico y la altura de la zona de proyecto.

Antes de iniciar con la programación se recomienda identificar el tipo de tareas o actividades que intervienen en el proyecto y poder trabajar según lo que se requiere. Para este caso, que el proyecto tiene un metrado establecido de acuerdo con los diseños, el tipo de tarea que se utilizó es de Trabajo Fijo, pues las duraciones y recursos pueden variar, pero el metrado seguirá siendo el mismo.

En lo concerniente al cuidado de medio ambiente y después de elaborar la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), se recomienda al ejecutor, desarrollar procedimientos y planes para cada una de las medidas prioritarias detalladas en el Plan de Manejo Ambiental, de manera que se implemente un Sistema Integrado de Gestión que permita realizar adecuadamente las labores de ejecución del proyecto, al mismo tiempo que se minimizan los impactos ambientales negativos y se maximizan los beneficios.

Otro punto muy importante es la capacitación en temas ambientales relevantes, tanto a nivel de los trabajadores de la empresa ejecutora como a nivel de la población, puesto que es

un componente básico del plan de Manejo Ambiental, y contribuye a la participación ciudadana con el proyecto. Un proyecto que cuenta con el factor clave de “pertenencia social” tendrá una ventaja comparativa importante sobre otros.

Los controles periódicos durante la etapa de construcción y la etapa de operación y mantenimiento son recomendables para detectar presencia de restos de contaminantes cercanos a los sistemas hidrográficos que se encuentran en las zonas de impacto directo e indirecto.

VIII. LISTA DE REFERENCIAS

- [1] P. H. Wright y K. R. Dixon , Ingeniería de carreteras, México: Limusa Wiley, 2010.
- [2] M. Villón Béjar, Hidrología, San José: Tecnológica de Costa Rica, 2004.
- [3] D. A. Velázquez Oropeza, La importancia de la reingeniería en la actividad turística, Zumpango: Universidad autónoma del estado de México, 2013.
- [4] R. M. Ugaz Palomino, Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de subrasante, vol. 1, Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2006.
- [5] R. Torres Trujillo, «Intervenciones en la red vial nacional,» Provías nacional - Ministerio de transportes y comunicaciones, Lima, 2016.
- [6] E. Rivva López, Diseño de mezclas, Lima: Instituto de construcción y gerencia, 1992.
- [7] A. M. Neville y J. J. Brooks, Tecnología del concreto, Ciudad de México: Trillas, 1998.
- [8] A. M. Neville, Tecnología del concreto, Ciudad de México: Instituto mexicano del cemento y del concreto, 2013.
- [9] J. Kuroiwa Zevallos, «Modelamiento hidrológico e hidráulico en obras viales,» de *Carreteras*, Lima, Lima: Instituto de Construcción y Gerencia, 2017, p. 203.
- [10] E. Juárez Badillo y A. Rico Rodríguez, Mecánica de suelos, vol. I, Ciudad de México: Limusa, 2001.
- [11] T. E. Harmsen, Diseño de estructuras de concreto armado, Lima: Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005.
- [12] D. Fernández Banda y J. Subiate, Diseño definitivo de la carretera Pandalle - Campo Florido - Montegrando - La Viña, de los distritos de Pimpingos y Santa Cruz, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil Ambiental, Chiclayo: Universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2016.
- [13] O. Fernández, «Diseño definitivo de la trocha carrozable El Carbón - Laurel del distrito de Tacabamba, provincia de Chota - región Cajamarca. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil Ambiental,» Universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2016.
- [14] V. Conesa Fernández - Vítora, Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, Madrid: Mundi-Prensa Libros S. A. , 2009.
- [15] J. F. Albújar Gálvez y L. E. Muños Tello, Diseño geométrico de la trocha carrozable Tabacal - Cerro La Teresa del distrito de Contumazá, provincia de Contumazá, región Cajamarca. Tesis profesional, Lambayeque: Universidad Pedro Ruiz Gallo, 2014.

- [16] Ministerio de transportes y comunicaciones - Oficina general de planeamiento y presupuesto, «Programa de inversiones 2011 - 2016 Gestión estratégica - corredores logísticos,» Ministerio de transportes y comunicaciones, Lima, 2016.
- [17] American Water Works Association, Manual of water supply practices - M45: Fiberglass Pipe Design, Denver: American Water Works Association, 2006.
- [18] Ministerio de transportes y comunicaciones - Dirección general de caminos y ferrocarriles, Manual de ensayo de materiales, Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016.
- [19] Ministerio de transportes y comunicaciones - Dirección general de caminos y ferrocarriles, Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras, Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016.
- [20] Ministerio de transportes y comunicaciones - Dirección general de caminos y ferrocarriles, Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones, 2008.
- [21] Ministerio de transportes y comunicaciones - Dirección general de caminos y ferrocarriles, Manual de carreteras: Suelos, geología, geotécnia y pavimentos - Sección suelos y pavimentos, Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014.
- [22] Ministerio de transportes y comunicaciones - Dirección general de caminos y ferrocarriles, Manual de carreteras: Diseño geométrico DG - 2018, Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018.
- [23] Ministerio de transportes y comunicaciones - Dirección general de caminos y ferrocarriles, Manual de carreteras: Hidrología, hidráulica y drenaje, Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014.
- [24] Ministerio de transportes y comunicaciones - Dirección general de caminos y ferrocarriles, Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción EG - 2013, Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013.
- [25] Ministerio de transportes y comunicaciones, Manual de carreteras - Mantenimiento o conservación vial, Lima: Viceministerio de transportes - Dirección general de caminos y ferrocarriles, 2014.
- [26] Congreso de la República de Perú, «Ley N° 29783: Ley de seguridad y salud en el trabajo,» *El Peruano: Diario oficial de Perú*, pp. 448694 - 448704, 20 Agosto 2011.
- [27] Congreso de la República de Perú, «Ley N° 28611: Ley general del ambiente,» *El Peruano: Diario oficial de Perú*, pp. 302245 - 302263, 13 Octubre 2005.
- [28] Ministerio de economía y finanzas, «Invierte.pe,» Consulta de banco de inversiones, 14 Noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://bit.ly/2UIRZq9>. [Último acceso: 11 Enero 2019].

- [29] Instituto nacional de estadística e informática - INEI, «<https://www.inei.gob.pe/>,» Presidencia del consejo de ministros de Perú, 02 febrero 2016. [En línea]. Available: <http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/?id=CensosNacionales>. [Último acceso: 16 mayo 2017].
- [30] Ministerio de agricultura - Autoridad nacional del agua, Estudio hidrológico: Proyecto de represamiento Cascabamba - Contumazá, Lima: Ministerio de agricultura, 1983.
- [31] Ministerio de agricultura - ANA, «Estudio hidrológico Proyecto de represamiento Cascabamba - Contumazá,» Instituto nacional de ampliación de la frontera agrícola, Lima, 1983.
- [32] Municipalidad provincial de Cutervo, «Construcción y mejoramiento del camino vecinal Cullanmayo - Quinshapa - La Llica - Muñuño - Muscate - Pampacancha, provincia de Cutervo - Cajamarca,» Didur - Municipalidad provincial de Cutervo, Cutervo, 2008.
- [34] J. Cárdenas Grisales, Diseño geométrico de carreteras, Bogotá: Ecoes Ediciones, 2015.
- [35] Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Glosario de partidas aplicables a obra de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012.
- [36] W. Ibáñez, Costos y tiempos en carreteras, Lima: Macro EIRL, 2016.