

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Diseño de pavimentos y drenaje pluvial en las calles del sector la Molina, distrito Nueva
Cajamarca, departamento San Martín 2021**

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

AUTOR

Marc Anthony Torres Vasquez

ASESOR

Juan Alejandro Agreda Barbaran

<https://orcid.org/0000-0001-5541-2107>

Chiclayo, 2024

**Diseño de pavimentos y drenaje pluvial en las calles del sector la
Molina, distrito Nueva Cajamarca, departamento San Martín 2021**

PRESENTADA POR
Marc Anthony Torres Vasquez

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Hector Augusto Gamarra Uceda
PRESIDENTE

Manuel Alejandro Borja Suarez
SECRETARIO

Juan Alejandro Agreda Barbaran
VOCAL

Dedicatoria

Dedicado a mis padres por formarme e instruirme como la persona que soy; cada uno de mis logros son por ustedes incluyendo este. Me formaron con reglas, y me enseñaron a trabajar con esfuerzo y perseverancia, y me motivaron firmemente para alcanzar mis anhelos.

Agradecimientos

Agradezco a mis padres Gladis y Jorge, por ser soporte en mi formación de estudiante, a mi novia Madeleyne por la ayuda fundamental en momentos de turbulencia, mi asesor por la amabilidad y el tiempo que ha tenido para guiarme en la elaboración de esta tesis.

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

10%TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1**hdl.handle.net**

Fuente de Internet

6%**2****repositorio.ucv.edu.pe**

Fuente de Internet

3%**3****tesis.usat.edu.pe**

Fuente de Internet

2%**4****Submitted to Universidad Cesar Vallejo**

Trabajo del estudiante

1%**5****www.slideshare.net**

Fuente de Internet

1%**6****repositorio.udh.edu.pe**

Fuente de Internet

1%**7****es.slideshare.net**

Fuente de Internet

1%**8****repository.usta.edu.co**

Fuente de Internet

<1%**9****docplayer.es**

Fuente de Internet

<1%

ÍNDICE

Introducción.....	15
Revisión de literatura.....	19
Antecedentes del problema.....	19
Bases Teóricas	27
Pavimentos	27
Pavimento Rígido	27
Pavimento Flexible	35
Drenaje Urbano.....	41
Drenaje pluvial	41
Tipos	42
Diseño Hidrológico	42
Hidrología.....	42
Precipitación	43
Escorrentía Superficial	43
Tiempo de concentración.....	43
Coeficiente de escorrentía	44
Intensidad de lluvia.....	45
Método de Gumbel	45
Método Racional	46
Suelo	49
Clima	49
Precipitación	50
Topografía	50
Impacto Ambiental	51
Matriz de Leopold	51
Diseño de Mezcla	51

Diseño de mezcla asfáltica	51
Diseño de mezcla en concreto	51
Estudio de tráfico vehicular	51
Características del Tránsito.	52
Peso de Vehículos Cargados y Vacíos	53
ESAL	53
Normas	54
Ficha o formato del MTC	54
Normas Técnicas de Edificación CE.010-Pavimentos Urbanos	54
Manual de Carreteras-Sección de Suelos y Pavimentos.....	54
Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas -2005	55
Norma Técnica OS.060 Drenaje pluvial urbano	55
Normas Técnicas para el estudio de mecánica de suelos	55
Materiales y métodos.....	57
Población, muestra	57
Población	57
Muestra	57
Estudio Topográfico	58
Trabajo en Gabinete.....	60
Estudio de mecánica de suelos	62
Ensayos en laboratorio.....	63
Estudio de tráfico vehicular	63
Estudio Hidrológico.....	66
Evaluación Económica	69
Consideraciones éticas.....	70

RESULTADOS	71
Discusión de Resultados.....	96
Conclusiones.....	103
Recomendaciones	105
Referencias Bibliográficas.....	106
ANEXOS	111

LISTA DE TABLAS

Tabla N°01: Test para el cálculo del grosor del pavimento.	31
Tabla N°02: Valores de factores de drenaje recomendados (m_i)	38
Tabla N°03: Coef. Escorrentía en zonas urbanas.	45
Tabla N°04: Valores de " y_T " para diferentes períodos de retorno T	46
Tabla N°05: Coef. según Kuichling.	47
Tabla N°06: Calles con ancho y largo.	57
Tabla N°07: Cambios de Estación.....	59
Tabla N°08: Calicatas y sus coordenadas.....	63
Tabla N°09: Tramo desarrollado – Estación de Control.	64
Tabla N°10: Coordenadas del Punto de Aforo	64
Tabla N°11: Factor de Corrección del mes de Setiembre- Año 2010-2016.....	65
Tabla N°12: Estación Naranjillo con sus Precipitaciones.	67
Tabla N°13: Tiempo de duración vs Tabla de Intensidades.....	67
Tabla N°14: Cotas y Coordenadas de los Cambios de Estaciones.....	73
Tabla N°15: Cotas y Coordenadas de los Cambios de Estaciones.....	73
Tabla N°16: Estación de Control.....	75
Tabla N°17: Ficha del MTC – Jr, Huancavelica.	76
Tabla N°18: Tabla de Factores para Camiones Pesados.	77
Tabla N°19: Cálculo del Esal.	78
Tabla N°20: Datos para el diseño del Pavimento Asfalto.	78
Tabla N°21: Datos para el diseño del Pavimento Rígido – AASTHO.....	80
Tabla N°22: Datos para el diseño del Pavimento Rígido – PCA.	81
Tabla N°23: Cálculo de la precipitación máxima diaria probable para diferentes frecuencias.....	81
Tabla N°24: Intensidades Máximas.....	82
Tabla N°25: Tabla de Intensidades.....	82

Tabla N°26: Datos para la máxima intensidad.	82
Tabla N°27: Datos para el Hietograma.	83
Tabla N°28: Propiedades Físicas de las Microcuencas.	84
Tabla N°29: Diseño de cunetas de concreto.	85
Tabla N°30: Aceros en cunetas de concreto.	85
Tabla N°31: Metrados – Pavimento Flexible.	86
Tabla N°32: Metrados – Pavimento Rígido.	89

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 01: Estructura de Pavimento de concreto.	28
Figura N°02: Critical load positions per axle.	30
Figura N°03: Flujo Grama de Diseño Método PCA.	32
Figura N°04: Partes del Pavimento de concreto.	33
Figura N°12: Plano de la zona de proyecto.	58
Figura N°13: Ubicación de Puntos Geodésicos y BM.	59
Figura N°14. Perfil Longitudinal Jr. 13 de marzo	60
Figura N°15: Secciones transversales Jr. Ica.	60
Figura N°17: Ubicación de calicatas.	62
Figura N°18: Punto de aforo para la medición de tráfico.	64
Figura N°19: Cálculo de Gumbel de la precipitación diaria máxima para varias frecuencias.	67
Figura N°20: Curvas I – D – F de la cuenca.	68
Figura N°21: Aportación de aguas a la zona de proyecto.	68
Figura N°22: Planta de la zona de Estudio.	71
Figura N°23: Calicatas realizadas.	74
Figura N°24: Plano del posicionamiento de las calicatas realizadas.	74
Figura N°25: Ubicación del aforo para la medición de tráfico.	75
Figura N°26: Dimensiones del Pavimento Asfáltico por AASTHO.	79
Figura N°27: Dimensiones del Pavimento Asfáltico – Instituto del Asfalto.	79
Figura N°28: Dimensiones del Pavimento de Concreto – AASTHO.	80
Figura N°29: Dimensiones del Pavimento de Concreto – PCA.	81
Figura N°30: Hietograma.	83
Figura N°31: Dimensionamiento de Cunetas.	85
Figura N°32: Refuerzo de Acero en Cunetas.	85
Figura N°33: Presupuesto del Pavimento Flexible.	87

Figura N°34: Análisis de Costos Unitarios del Pavimento Flexible	88
Figura N°35: Cálculo del Flete Pavimento Flexible.....	88
Figura N°36: Presupuesto del Pavimento Rígido.....	90
Figura N°37: Cálculo del Flete Pavimento Rígido.....	91
Figura N°38: Análisis de Costos Unitarios del Pavimento Rígido.....	91
Figura N°39: Plano de Ubicación del Proyecto.....	92
Figura N°40: Plano de Perfiles Longitudinales al Pavimento.	93
Figura N°41: Plano de Secciones Transversales.	93
Figura N°42: Plano de Cunetas.	94
Figura N°43: Plano de Detalles de Pavimento.	95
Figura N°44: Matriz de Leopold de la etapa de construcción del Pavimento Flexible y Rígido.	96
Figura N°45: Tipos de Suelo en La Molina.....	96

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación N°01: Fundamental Equation for AASTHO 93	28
Ecuación N°02: Ecuación Fundamental AASTHO 93.....	36
Ecuación N°03: Ecuación del Número Estructural.	36
Ecuación N°04: Ecuación del SN1, SN2.....	39
Ecuación N°05: Ecuación del t_c	44
Ecuación N°06: Ecuación de la intensidad de lluvia.....	45
Ecuación N°07: Ecuación de Gumbel.	46
Ecuación N°08: Ecuación del Caudal Máximo.	47
Ecuación N°09: Ecuación de Intensidad.	48
Ecuación N°10: Ecuación del Tiempo de Concentración de Kirpich.	48
Ecuación N°11: Ecuación de la Velocidad de Escorrentía.....	49
Ecuación N°12: Ecuación para la determinación del Índice de Tránsito.	52
Ecuación N°13: Ec. de la Intensidad.	67

RESUMEN

La función principal de esta elaboración de tesis es la de mejorar y optimizar la transitabilidad tanto peatonal como vehicular en la Molina sector perteneciente al distrito de Nueva Cajamarca, provincia de Rioja, departamento San Martín, a través de diseños de pavimentos y sistema de drenaje pluvial urbano desarrollado en dicho lugar. En las visitas hechas al sector la Molina, se constató que las calles presentan una inadecuada infraestructura vial y se ausenta con respecto a un sistema de drenaje pluvial. Este diseño de pavimento ayudará a que el sector la Molina sea más accesible, condescendiendo a un mejor flujo vehicular y peatonal; instituyendo un crecimiento en la economía, además de reducir las enfermedades causadas por el polvo y de aguas estancadas producto de las lluvias y el mal estado de las vías. Se desarrolló el estudio topográfico, estudio de mecánica de suelos, estudio hidrológico, estudio de tráfico, para proceder al diseño de pavimentos mediante metodología Aashto, PCA, Instituto del Asfalto, así como el diseño hidráulico. Teniendo como resultados en la topografía una altura promedio de 862.35 msnm, suelos con CBR de 6.1 a 8.1, un estudio de tráfico de 1416158 de ESAL, un espesor de pavimento de 7.62 cm pulgadas para el flexible y 18 cm para el rígidos, y una sección de cuneta de 0.50 metros por 0.60 metros; además de un presupuesto de 8,360.913.18 soles para el pavimento flexible y un presupuesto de 10,792,946.07 soles para el pavimento rígido; finalmente se realizó el estudio de impacto ambiental.

Palabras clave: Tesis, Diseño, Pavimentos, Drenaje Pluvial, Resultados.

ABSTRACT

The main function of this thesis development is to improve and optimize both pedestrian and vehicular trafficability in the Molina sector belonging to the district of Nueva Cajamarca, province of Rioja, department of San Martín, through pavement designs and storm drainage system. urban developed in that place. In the visits made to the La Molina sector, it was verified that the streets present an inadequate road infrastructure and that it is absent with respect to a storm drainage system. This pavement design will help make the La Molina sector more accessible, condescending to a better vehicular and pedestrian flow; instituting growth in the economy, in addition to reducing diseases caused by dust and stagnant water from the rains and the poor condition of the roads. The topographic study, soil mechanics study, hydrological study, traffic study were developed to proceed with the design of pavements using the Aashto, PCA, Asphalt Institute methodology, as well as the hydraulic design. Having as results in the topography an average height of 863.24 meters above sea level, soils with CBR from 6.1 to 8.1, a traffic study of 1416158 from ESAL, a pavement thickness of 7.62 cm inches for the flexible and 18 cm for the rigid, and a ditch section of 0.50 meters by 0.70 meters; in addition to a budget of 8,360,913.18 soles for flexible pavement and a budget of 10,792,946.07 soles for rigid pavement; finally, the environmental impact study was carried out.

Keywords: Thesis, Design, Pavements, Storm Drainage, Results.

Introducción

El desarrollo de un país depende de varios factores, siendo uno de los más importante el transporte, las diferentes vías de transporte como carreteras permiten que las ciudades se intercomunicen y se desarrollen en el ámbito económico, social, etc. Es por eso que los pavimentos que conforman estas carreteras deben ser los más óptimos. Sin embargo a nivel mundial, la mayor parte de las vías urbanas no cuentan con apoyo de sus gobiernos locales y regionales, puesto que para su construcción se requiere de grandes inversiones y de un adecuado análisis, debido a esta problemática hay vías que están mal diseñadas y/o construidas de manera equívoca, por otro lado, se añade la ausencia de algún tipo de pavimento en gran parte de las ciudades, esto hace que el crecimiento sostenible de un determinado lugar se vea obstaculizado [1, 2].

Es común la tendencia del comportamiento humano y poblacional a desplazarse desde los pueblos más alejados hacia zonas urbanas. Se dice que el 50% de la población mundial vive en zonas urbanas, lo que ha producido un incremento del 80% en los últimos 20 años. España es un claro ejemplo del aumento anual de población, principalmente urbano. Este crecimiento obliga a las ciudades a tener notables inversiones de infraestructura, como carreteras, sistemas de agua y desagüe, etc. Sin embargo, la utilización de las actividades se ven influenciados por el desarrollo correcto de otra infraestructura que sería el sistema de drenaje pluvial [3]. La infraestructura vial es una herramienta muy importante para atender los problemas sociales y territoriales, al tratar de llevar una conexión con los centros de producción y consumo, esto hace que se generen más oportunidades económicas para los que habitan en el lugar, de manera que se reduce las migraciones, permitiendo el desarrollo de estos lugares [4].

Según el autor [5] el cambio climático a nivel mundial ocasiona diferentes tipos de problemas siendo uno de ellos las precipitaciones, estas generan problemas en ciudades con un deficiente sistema vial y/o de drenaje pluvial. De acuerdo con los desafíos que plantea el cambio de clima en la ciudad de Bogotá (Colombia), uno de los más preocupantes es la capacidad de la infraestructura para reducir los problemas que ocasionan los fenómenos invernales. Existen calles que frente a las fornidas precipitaciones están sujetas a escurrimientos y caudales elevados, afectando la movilidad, afectando las edificaciones preexistentes y el patrimonio histórico de la ciudad.

Al igual que otros países del mundo, Chile ha experimentado un creciente crecimiento urbano, y la urbanización de cuencas naturales ha provocado cambios en sus procesos hidrológicos. Tienen una respuesta de escorrentía más rápida, lo que hace que los efectos de las inundaciones sean más devastadores, afectando como se puede deducir a grandes cantidades de pobladores de la zona perjudicada, lo que lleva a los países y a sus gobiernos a exigir nuevas soluciones para satisfacer las crecientes demandas de sus sistemas de drenaje [6].

Muchas zonas urbanas en países en vías de desarrollo como Perú, Ecuador, todavía son escasos de servicios básicos como agua y desagüe, electricidad, sistema de drenaje pluvial y calles sin pavimentar. Esto lleva a que el desarrollo en la zona sea pobre y los niveles de calidad de vida se vean perjudicados por los diversos factores que ocasionan la falta de servicios, como consecuencia de la mala gestión de las autoridades a cargo [7].

En la actualidad en el Perú, el mejoramiento y la creación de vías urbanas es una de las más grandes necesidades (urgentes) para el desarrollo de las urbe y centros poblados dentro de las jurisdicciones periféricas de la provincia de Lima. Según [2] en este sentido, los municipios no satisfacen estas necesidades primordiales para generar mejores condiciones de vida e ingresos económicos para las personas involucradas. Para que la urbanización se desarrolle en áreas como la salud (que es un factor de suma importancia en esta situación que existe el Perú y el mundo por el Covid 19), la economía, la alimentación y la educación, todas ellas requieren y tenemos que atender la necesidad de que deben existir suficientes vías para lograr la meta del desarrollo conjunto.

El sector la Molina cuenta con una población aproximada de 3 mil habitantes por lo que se convierte en una zona con regular habitantes de la ciudad de Nueva Cajamarca. Su ubicación es estratégica porque está interceptada con la carretera Fernando Belaunde Terry, carretera nacional. Las condiciones que presenta la zona de estudio son de calles sin ningún tipo de pavimento, esta situación hace que la transitabilidad de los habitantes sea mala, además de que cuenta con una superficie de rodadura inconsistente lo que provoca que agentes de la intemperie expulse polvo que dañino para cualquier persona, generando infecciones respiratorias e incomodidades de insalubridad [8]

Las calles del sector la Molina se encuentran en mal estado, lo cual provoca que el transporte sea deficiente para atender la demanda creciente del flujo vehicular que circula

por esta zona, provocando retraso en actividades agrícolas, turismo y de comercio. Además, no cuentan con instalación de un sistema de drenaje pluvial, lo que provoca que, en tiempos de lluvia, la superficie de rodadura se deteriore con más rapidez, provocando ahuellamiento y estancamiento de aguas, que con el tiempo trae consigo enfermedades como el Dengue producto de zancudos u otro tipo de insecto. El drenaje de las aguas pluviales tiene una deposición final tanto en canales como en ríos.

Las calles del Sector la Molina no están pavimentadas y las veredas en su mayoría deterioradas y en otros sin concreto, lo que ha provocado un ambiente de riesgos sociales, como es la incomodidad, salud, el ornato, accidentes de tránsito. Cabe recalcar que actualmentemente se viene realizando la obra de agua potable y alcantarillado, ejecutada por la Municipalidad Distrital de Nueva Cajamarca, consecuentemente a esta acción las calles se encuentran dañadas por la excavación para la instalación respectiva de buzones y tuberías, además del paso de vehículos pesados como escavadoras, volquetes, retroexcavadoras, etc.

La construcción de este pavimento es muy importante por la problemática existente de expansión urbana, desarrollo socio-económico y agrícola, que conllevaría a incrementar la densidad poblacional, aplicar un plan de renovación como asfaltar la zona, elaborar un sistema pluvial, creación de áreas verdes y mejorar el desarrollo social y económico de la zona.

En este proyecto, se muestra la explicación de la elaboración de pavimentos y un sistema pluvial en el sector la Molina, distrito de Nueva Cajamarca. Es importante saber que los servicios básicos para una zona urbana son indispensables, puesto que ayudan a que la zona se desarrolle mejor, tal es así como la pavimentación que es una estructura que ayuda a mejorar el tránsito y el drenaje pluvial, que impide inundaciones o deterioro de la carretera.

El problema principal radica en que la transitabilidad es mala para los diferentes vehículos en el sector la Molina, y esto se debe a que las calles no están pavimentadas y no están adecuados con un sistema de drenaje pluvial. En tal sentido es así que este problema es reflejado en los habitantes por la incomodidad que tienen, ya que ven perjudicado su salud por el polvo y además por el estancamiento de agua de lluvia.

Mediante un análisis previo de las calles del sector la Molina, determinaremos el estado actual en que se encuentra, para darle importancia al diseño de pavimentos. El diagnóstico se realizará mediante datos recogidos de campo (IMDA, encuestas, fotos)

Frente a esta problemática surge la pregunta: ¿Cuál será el óptimo diseño de pavimento y sistema de drenaje pluvial, en las calles del sector la Molina, distrito de Nueva Cajamarca, departamento de San Martín, año 2021?

El desarrollo de este proyecto de pavimentación y drenaje pluvial, es de suma importancia y se justifica porque mejorará las condiciones de vida de los residentes en dicho sector, evitando enfermedades respiratorias provocadas por la inhalación de polvo, mejorando la circulación vehicular y peatonal de la ciudad de Nueva Cajamarca que cuenta con una población de 25 812 habitantes entre hombres y mujeres y un total de viviendas particulares de 8859, y específicamente el sector la Molina con una población de 3 110 habitantes, donde se realizará el proyecto.

El presente proyecto aplicativo permite que la transitabilidad tanto vehicular como peatonal sea más fluida, ajustando tiempos de recorrido y evitando accidentes de tránsito causados por ahuellamiento, mal estado de las vías producto de las lluvias.

Es importante porque radica en estimular la economía y desarrollo del comercio; como boticas, mercados de abastos, agros, compra y venta de productos agrícolas (café, arroz, plátano, maracuyá, etc.). Además de que mejora la calidad visual de la ciudad incentivando a la creación de centros turísticos y recreativos, mejorando de esta manera la economía del sector, ya que su ubicación es estratégica para el desarrollo de todas estas actividades.

Tener en cuenta el ámbito ambiental es importante, porque al generarse polvo, esto hace que el ambiente se deteriore o tenga un aspecto degradante para la visión de visitantes y de sus mismos habitantes, además de que esto provoca contaminación en las frutas u otro tipo de plantas que se encuentren en esta zona.

Como objetivo general tenemos diseñar el pavimento y sistema de drenaje pluvial, en las calles del sector la Molina, distrito de Nueva Cajamarca, departamento de San Martín, 2021.

Revisión de literatura

Antecedentes del problema

Alrededor del mundo en el año 2022, Vano Salazar [5], en su artículo, nos muestra el diseño fundamental de cada una de las estructuras de drenaje urbano sostenible (SUDS) las cuales solucionarían los problemas relacionados a estancamientos del agua de lluvia. La finalidad fue realizar el diseño del drenaje urbano sostenible también conocidas como SUDS, adicionales a la red de alcantarillado pluvial ya existente en la Carrera del sector de Usaquén, de esta manera se reducirían y evitarían las usuales inundaciones que se ostentan en la zona, mediante el uso de un sistema integral de las aguas de lluvia. Una de las principales razones por las que se produce el estancamiento de agua se debe a la topografía del terreno pues ante un traspíe en el dimensionamiento de los colectores lo que ocasiona que una de las tuberías sobre la Avenida Carrera 9 transporte las aguas de lluvia a presión. De esta manera se establece que es factible optimizar las condiciones de la red existente al reducir en un 20% la relación de llenado (y/d). Se concluyó que el pavimento asfáltico permeable contribuye al correcto drenaje, por otro lado, las zonas de bioretención diseñadas al principio son suficientes para reducir los caudales de escorrentía en parte de la Carrera 9 para periodos cortos de retorno. En la zona de la Carrera 9 entre Calles 108 y 112 en el distrito de Usaquén, se logró realizar un anteproyecto de estructuras de drenaje urbano sostenible o conocido eventualmente como SUDS, que mejoró el manejo integral de las aguas de lluvia e inundación y disminuyó los niveles de caudales y escorrentías en la zona impactada.

Las ciudades merecen tener un buen sistema de drenaje pluvial, frente a las épocas de lluvia, donde la naturaleza no perdona y ocasiona accidentes y malestar en sus habitantes. Es así como en el año 2007, Pérez Corado [9], en su artículo, busca resolver la problemática que se origina en la época de invierno, en la que los caminos se vuelven intransitables, Por otro lado, el drenaje sanitario se desarrolló para abordar el problema de muchas enfermedades causadas por bacterias de los cuerpos de agua que fluyen por la calle. Se concluye que el proyecto no es rentable en el sector económico (inversión sin payback). Sin embargo, se puede justificar su construcción porque beneficia la calidad de vida de la población, es un proyecto social y sus

beneficios se observan cuando se mejora la calidad de vida de los habitantes y se reducen las enfermedades.

La salud y la educación son pilares importantes de la sociedad, por lo que el diseño de pavimentos para mejorar la comunicación entre las sociedades es crucial porque soluciona los problemas del invierno cuando las carreteras se vuelven intransitables; No solo se necesita pavimentación, sino también un buen drenaje que evacue las grandes cantidades de agua que ocasionan las fuertes lluvias en la zona.

En el año 2018, Loja y Sarmiento [10], en su tesis, se diseñaron cinco avenidas con un total de 7,20 km de estructura de pavimento flexible; para ello, se realizó un levantamiento topográfico para delinear el diseño geométrico de acuerdo con las normas mínimas del cantón Durán para diseños urbanos y arquitectónicos. Para determinar la capacidad portante del suelo, se utilizaron experimentos de laboratorio para determinar las propiedades mecánicas del suelo. Se trabajó con el método AASHTO-93, como sugiere el MOP 2002, para el cálculo del espesor del pavimento y sus componentes, los autores obtuvieron los siguientes espesores por capas: mejoramiento=102cm, sub-base=45cm, base=33 cm y capa de rodadura=10cm. Se siguieron procedimientos de muestreo y estudios topográficos adecuados para diseñar correctamente pavimentos flexibles de acuerdo con la metodología AASHTO, lo que beneficia en gran medida a la población residencial que cruza estas vías.

Camaño y Arumí [6] en el año 2018, en su indagación, nos narra principalmente algunas medidas de intervención del agua de lluvia, en la fuente y los proyectos realizados en algunos parques públicos y condominios. Se desprende que las principales áreas de investigación prospectiva son la calidad de las aguas lluvias, el uso de soluciones no estructurales, la evaluación de la efectividad de métodos SUDS específicos a escala domiciliaria, de ciudad y nacional utilizando modelación hidrológica e hidráulica. Las estaciones pluviométricas aguas abajo de zonas urbanizadas (Santiago y San José de Maipo) muestran aumentos en sus escurrimientos máximos, promedios anuales, y se asume que la causa más asequible concierne al crecimiento de la superficie urbanizada. Esto se descubrió mediante un análisis de tendencias utilizando el Test de Mann Kendall.

Chile es un país que ha desarrollado muy bien su análisis estructural y que y que aún sigue recopilando los mejores tópicos para que siga su investigación dentro del campo del drenaje urbano.

A nivel nacional en el año 2017, Ferroñan y García [11], en su tesis, plantea como objetivo optimizar la transitabilidad en la Urbanización Progresiva la Tina. Esto requirió levantamientos topográficos, levantamientos de mecánica de suelos, levantamientos de suelo, levantamientos de tráfico, mediciones de precipitación para dimensionar los sistemas de drenaje y, finalmente, se realizó una evaluación de impacto ambiental. En base a los resultados obtenidos, hemos llegado a la conclusión de que la vía investigada tiene un CBR > 6 subterráneo y por lo tanto se clasifica como una vía normal. Se utilizó el método AASTHO (versión 1993) para calcular el espesor de la losa vial. Se utilizó el método ASHTO (versión 1993) para analizar el espesor de las losas y el diseño geométrico de vías rígidas se realizó utilizando el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas-2015-VCHI. En proyectos de ingeniería de todo tipo, los diseños en sí mismos y la construcción de aceras mejoran la calidad de vida, por lo que más allá de las pruebas realizadas y diseños, es muy importante considerar el impacto que tienen en el campo.

En el año 2019, el autor [12], describe en su tesis denominada, las consecuencias que trae consigo la ausencia de pavimentación en la calle Antisuyo, y plantea el diseño de dos tipos de pavimentos el rígido y el flexible El objetivo es averiguar cómo afectará el pavimento a la calle Antisuyo. Como resultado, se captaron las condiciones de la carretera analizadas y las condiciones actuales. Además del futuro vial estadístico, también se identificaron opciones de espesor de pavimento duro y cuatro opciones de pavimento asfáltico. La conclusión principal fue que el diseño del pavimento mejoró el tráfico en Antisuyo Road en un 37 % en comparación con la línea de base.

En cuanto al tipo de pavimento a utilizar, existen lugares donde no es necesario el pavimento de hormigón, y el presupuesto es alto, por lo que es necesario considerar el costo, por lo que nos apoyamos en el pavimento asfáltico, que puede cubrir las carencias en forma planificada. manera. de la región.

En el año 2018, Hernández Jiménez [13], en su tesis, narra el diseño del sistema de drenaje de dicha ciudad puesto que debido a su topografía es frágil a inundaciones ante los diversos sucesos naturales. Los parámetros utilizados para el diseño son los siguientes: La intensidad dependiente del tiempo de concentración para cada parte del análisis, la tasa de escorrentía determinada por medios razonables y los estándares especificados en el Estándar de drenaje de aguas pluviales urbanas (OS.060). Para asegurar una secuencia idónea de recogida, transporte y evacuación del agua de lluvia hasta llegar al destinatario. Está previsto que el sistema permita la captación, transporte y evacuación del agua de lluvia para el próximo bombeo mediante bombas de tornillo de Arquímedes, para evacuarla al colector Cesar Vallejo. Asimismo, el diseño contempla rejillas horizontales a la calzada y tuberías para la captación y transporte de aguas pluviales durante la urbanización. Todo sistema de drenaje de aguas pluviales prevé un destino ya sea por gravedad o por bomba, pero siempre se debe tener en cuenta que la calle debe estar bien diseñada con la malla correspondiente o malla para drenaje, además de que los canales deben resistir el flujo de lluvia en momentos críticos.

El autor en el año 2019 [14] describe, en su tesis, el diseño del drenaje pluvial para lo cual se realizaron trabajos especiales como topografía, hidrología, suelo, riego; determinar los parámetros requeridos para el diseño, teniendo en cuenta lo dispuesto en la OS.060 (Drenaje Pluvial Urbano) del Código Nacional de Construcciones y demás cálculos pertinentes. El resultado final del diseño se obtuvo mediante el modelado y configuración de todos los componentes del sistema de drenaje pluvial mediante el software SWMM 5 vE, siendo la salida propuesta tuberías de PVC con diámetro nominal de quinientos mm, seiscientos mm y setecientos mm. Tanques de sedimentación de hasta 2,00 m de profundidad, pozos perforados de hasta 1,90 m de profundidad, tanques de sedimentación de hasta 3,45 mts de profundidad incluida la altura de alimentación; y tomas de agua con diámetros de termino de hasta setecientos mm, ofreciendo estas últimas capacidades de hasta 4.274 m³ con un plazo de amortización de 10 años. Por lo tanto, se puede concluir que la simulación fue exitosa luego de identificar todos los elementos finales del sistema en un tiempo de deposición de unas 6 horas. Por lo tanto, después de la última simulación, el programa muestra un error continuo de -0,07 % para el flujo superficial y 0,07 % para los cálculos hidráulicos, lo cual está dentro de los límites establecidos por el software

SWMM recomendado por Part Guide. La idea de incorporar sedimentadores es buena ya que ayuda a que la sección de las cunetas pueda trabajar bien, sin verse reducida por los sedimentos.

El autor [15] en el año 2018 en su tesis, nos propone el diseño del pavimento flexible mediante la metodología AASTHO debido a que la presente no se encuentra pavimentada, impidiendo la correcta circulación vehicular y peatonal de los pobladores, también la ausencia de este pavimento es causante de enfermedades al momento de las precipitaciones, porque no cuenta con ningún tipo de drenaje. Los resultados obtenidos del suelo de los dos caminos dan como resultado un CBR = 20,6, que es del 95 % a una profundidad de penetración de 0,1 pulgadas. Este valor se usa para medir el espesor del paquete estructural de las calles y da los siguientes datos: Primera Calle I: Carpeta de asfalto (d1) = 3.50 pulgadas, Base Granular (d2) = 7 pulgadas, Sub-base granular (d3) = 7' '. Segunda Calle J: Carpeta de asfalto (d1) = 3,5 pulgadas, Base granular (d2) = 9 pulgadas, Sub-base granular (d3) = 9 pulgadas.

En el año 2021, Abau Rojas [16], en su artículo, sugiere una comparación técnico-económica de pavimentos rígidos y flexibles. Resultó que el proyecto contempla una vía de 7,20 metros y una longitud de 1629,76 metros. La topografía muestra que algunas zonas tienen fuertes pendientes. Los estudios de mecánica del suelo muestran que el CBR promedio al 95 % de densidad seca es del 16,23 %. Actualmente, el espesor de la capa estructural de pavimentos rígidos y pavimentos flexibles se determina utilizando las pautas de AASHTO de 1993. Se concluyó que la pavimentación de tipo rígida es adecuada debido a los costos a largo plazo. Desde un punto de vista técnico se dice que el pavimento rígido trabaja mejor, pero no es tan económico. Sin embargo, debemos priorizarlo por el alto nivel de tránsito que presenta, para que pueda tener un periodo de vida adecuado.

En el año 2018, los autores [17], en su tesis, realizaron el diseño del pavimento con la finalidad de que la Municipalidad Distrital de J.L.O tenga presente este proyecto para su ejecución próxima, y de esta manera mejorar las condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal de los pobladores de la Urbanización Santa María (pues en este momento no son adecuados), mejorar las condiciones de vida de la población satisfaciendo sus primeras necesidades, asimismo su importancia radica porque desarrollará en gran manera la actividad comercial. Se adoptaron métodos

reconocidos internacionalmente, como AASHTO 93, para el diseño de pavimentos. Los resultados obtenidos mostraron que los tipos de suelo presentes en esta área son: CL, SC, SM. Los espesores son los siguientes: la subbase granular tiene un ancho de 10 pulgadas, la carpeta de rodadura 2 pulgadas en las calles y en avenidas 3 pulgadas.

Las calles de José Leonardo Ortiz tienen un pésimo pavimento, hay ahuellamiento en su totalidad, el pavimento está degradado y por lo general es pavimento flexible. Esto genera malestar y para el buen uso, es recomendable uso de pavimento rígido.

A nivel local, en San Martín en el año 2018, en su tesis el autor Tapullima Gálvez [18]. Plantea el diseño de un sistema de drenaje pluvial debido a la problemática que causa la ausencia de este, pues el tráfico y las enfermedades provocadas por el agua estancada, así como la falta de drenaje superficial, llevaron a la realización de la misión, cuyo propósito general fue: diseñar un sistema de drenaje pluvial en la ciudad de Puerto Rico basado en la normativa OS.060 (Normativa nacional de construcción). Para la determinación de aguas superficiales se trata con el programa H CANALES. Después de determinar el caudal, se diseña la red de drenaje pluvial. Una vez finalizado este proyecto, es posible desarrollar propuestas para mejorar la accesibilidad y la calidad de vida de las personas, ya que el sistema funcionará de manera eficiente, contribuyendo al desarrollo sostenible de lo urbano. Se considera que el drenaje pluvial llega al punto por gravedad o bombeo, pero siempre se considera que las calles deben diseñarse cuidadosamente con sus respectivas rejillas o rejillas para drenar el agua, también que los tramos de drenes deben soportar los momentos críticos de lluvia.

En el año 2018 Ruiz, Montenegro y Lozano [19], en su tesis. El objetivo es brindarle soluciones técnicas que lleven a cabo las siguientes actividades: estudio de factibilidad, levantamientos topográficos, cálculos topográficos, diseño geométrico vial, movimientos de suelo y su extensión, drenaje lateral y longitudinal, diseño de pavimento con determinación de nivel, su formulación. presupuesto, planificación del trabajo y preparación del plan. Los resultados muestran que el espesor del pavimento se puede lograr al nivel del pavimento de las vías vecinales investigadas mediante la aplicación adecuada de la teoría, la investigación y el diseño apropiados. De esta manera, contribuye al desarrollo económico y social de los pueblos cercanos,

ya que aumenta el nivel de vida de los habitantes, lo que contribuye al desarrollo de nuestro país.

En el año 2020, Rojas James [20], en su tesis, para abordar los problemas de asequibilidad en el mercado mayorista conocido como José Olaya, utilizó la metodología AASHTO 93 para utilizar los resultados de diseño, medición y costo para concluir que los pavimentos flexibles son menos costosos que los rígidos. La propuesta contenida en este artículo es muy importante porque, además de la comparación técnica de pavimentos flexibles y rígidos, ayudará a mejorar la accesibilidad y prevenir accidentes.

En el año 2021, Torres Burga [21], en su trabajo de investigación narra el diseño de pavimento rígido para cuyo objetivo es mejorar la transitabilidad vial del Jr. Santo Toribio CD. 02, 03, 04 Y 05, en la localidad de Posic. San Martín, a través de esta acera, ofrece una solución al entorno inmediato, que actualmente se encuentra afectado por el lamentable estado de sus calles y sistemas de drenaje, y pretende mejorar directa o indirectamente la sociedad humana mejorando las calles a través del diseño de aceras. investigación, empezamos a hacer cálculos en Excel para facilitar el trabajo. Esta obra será muy popular porque básicamente resolverá el problema del transporte y el tránsito de peatones. Todo proyecto tiene un fin, si no es mejorar la calidad de vida de los vecinos, en este sentido Jr Calles. En Santo Toribio, fue necesario un pavimento firme para compensar el errático tránsito vehicular y peatonal.

En el año 2022, Pinedo y Campana [22], en su tesis. El propósito de este trabajo es realizar experimentos de mecánica de suelos a lo largo del perímetro de la plaza principal para diseñar el pavimento en base a los resultados de estos experimentos. Se han realizado estudios preliminares de campo, como estudio de tránsito vial, excavación de cantera, de los cuales se obtienen los parámetros de suelo de la zona de estudio, mediante el desarrollo de ensayos realizados y documentados en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Mayor de San Martín, cálculos Luego se realizaron en el diseño del gabinete. En resumen, se recomienda utilizar pavimento duro con losa de hormigón de 15 cm de espesor y estructura de cimentación de 20 cm de espesor, que es más seguro y conservador. Para el diseño del pavimento, es necesario hacer un portón para cada calle para determinar el valor

real en el laboratorio, para que luego el diseño del pavimento cumpla con los requisitos.

Bases Teóricas

Pavimentos

El MTC lo define como “Una estructura constituida por sistema de capas elaborada sobre la subrasante para tener una resistencia y transmitir los esfuerzos causados por los diferentes transportes y adecuar la situación para un tráfico sin problemas”. [23]

- **Capa de Rodadura:** Es la parte superior de un pavimento, es la que tiene contacto inmediato con el tráfico, pudiendo ser de tipo asfáltico (pavi. flexible) o de concreto u hormigón de cemento Portland (pavi. rígido) o adoquín, cuya objetivo primordial y más importante es la de soportar directamente el tránsito.
- **Base:** Se encuentra debajo de la capa de rodadura, que tiene cuya transcendental función de soportar, distribuir y transferir las cargas originadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante con un CBR superior al 80%, sino es el caso esta será tratada con cemento, cal o asfalto, hasta lograrlo.
- **Subbase:** Es una capa de material especificado que tiene un espesor, el cual tiene el suficiente grosor capaz de soporta a la base y a la carpeta de asfalto. Además, la subbase es utilizado como membrana de filtración y vigilador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y la dimensión del pavimento, esta membrana puede evitarse. Esta capa está compuesta de material granuloso (CBR $\geq 40\%$) o alterada con otro material como sal, yeso, cal.

El pavimento se califica en tres tipos, tenemos el pavimento flexible, el pavimento rígido y el pavimento semirrígido o intertrabado.

Pavimento Rígido

Podemos definir a un pavimento rígido como aquellos pavimentos que están formados por losas de concreto hidráulico, que se apoyan sobre una capa de subrasante, de un tipo de material seleccionado. Este tipo de concreto cuenta con alto grado de rigidez y un elevado módulo de elasticidad, por lo que los esfuerzos se distribuyen en una amplia zona [12, 23].

Debido a que el concreto tiene propiedades de resistencia a esfuerzos de tensión, la conducta general de un pavimento rígido es competentemente adecuado aun cuando existan áreas blandas en la subrasante. La capacidad estructural de este tipo de pavimento depende de la resistencia de del pavimento de concreto y, por lo tanto, la capacidad de soporte de las capas profundas tiene poco efecto sobre el espesor de diseño del pavimento [24, 23].

Dentro de estos pavimentos rígidos podemos encontrar aquellos que llevan acero los cuales pueden ser pavimentos rígidos con refuerzo continuo y pavimentos rígidos con juntas y refuerzo en forma de mallas; y aquellos que no poseen acero denominados pavimentos de concreto simple con juntas.

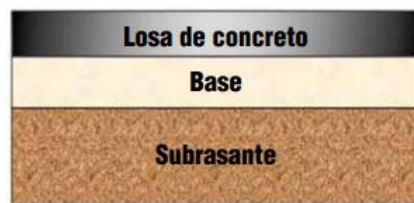


Figura N° 01: Estructura de Pavimento de concreto.

Fuente: [23, 25].

Metodología AASHTO 93

A la hora de diseñar un pavimento rígido deben analizarse numerosos aspectos, como el tráfico, el drenaje, el clima, las características del suelo, la capacidad de transferencia de cargas, el nivel de servicio previsto y el grado de fiabilidad con el que debe realizarse el diseño en función de la importancia de la carretera. Para estimar con precisión el comportamiento estructural del pavimento y evitar que el deterioro progrese hasta el punto de colapso durante la vida útil del pavimento, se requieren todos estos criterios [26]. La ecuación primordial que denota AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos es:

$$\text{Log } W_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5-1.5}\right)}{\frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_i) \log \left[\frac{S'_e C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left[\frac{E_c}{k} \right]^{0.25}} \right]} \right]$$

Ecuación N°01: Fundamental Equation for AASTHO 93

Fuente: [27].

Donde:

- $W18$ = Número de cargas de 18 kips (80 kN) previstas.
- ZR = Es el valor de Z (área debajo de la curva distribucional) proporcionada a la curva estándar, para una confiabilidad de valor R .
- $S0$ = Desviación estándar de las variables.
- D = Altura de la losa del pavimento en pulgadas (in).
- ΔPSI = Pérdida de capacidad de servicio prevista en el diseño.
- Pt = Capacidad de servicio final.
- Sc = Módulo de rotura del hormigón (psi).
- J = Coeficiente de transferencia de carga.
- Cd = Coeficiente de drenanza.
- EC = Módulo de elasticidad del hormigón (psi).
- K = Módulo de reacción de la subrasante (coeficiente de balastro), en psi (psi/pulg).

Metodología PCA

El criterio de erosión de la subbase bajo las losas y el criterio de esfuerzo de fatiga son dos criterios de fallo que se tienen en cuenta en el enfoque de diseño PCA para el diseño de pavimentos rígidos [28].

- a. Los criterios de erosión debajo de la losa tienen en cuenta que las carreteras pueden colapsar debido al exceso de bombeo (erosión del suelo que soporta a la losa de concreto) y las diferencias de nivel de las juntas. [28].

Erosión: Los criterios de erosión se utilizan para limitar la deflexión causada por el bombeo en los bordes de las losas de concreto hidráulico, las juntas de carreteras y las esquinas. La Civil & Environmental Engineering de la Universidad de Washington (WSDOT Pavement Design) define el bombeo como "el movimiento de material debajo de una losa de concreto o el desplazamiento de material debajo de una losa de concreto por la presión del agua". Cuando la losa se doble bajo la carga, el agua que se acumula debajo de la losa se presurizará [28].

El bombeo ocurre debido a altas cargas axiales repetidas en las esquinas y bordes de la losa de concreto, erosión de la base, material de la base y del hombro; esto crea agujeros debajo y al lado de la placa. La erosión se cuantifica como un porcentaje del daño erosivo

total, y se recomienda optimizar el diseño para lograr un valor cercano al 100%, ya que valores inferiores a este porcentaje identificarán una estructura sobrediseñada.

- b. El criterio de esfuerzo de fatiga, que reconoce que una carga repetitiva excesiva podría provocar el fallo del pavimento.

Fatiga: El análisis de fatiga se utiliza para evaluar la tensión presente en la losa de pavimento antes de que la carga sobre la losa pueda causar una tensión excesiva que provoque grietas. El objetivo es mantener la tensión en la losa de hormigón dentro de límites seguros, con base en el factor de tensión correspondiente a la tensión de flexión dividida por el módulo de fractura del hormigón después de 28 días.

La fatiga se cuantifica como un porcentaje de absorción de fatiga, el diseño debe optimizarse a un valor cercano al 100%, ya que, si los valores están por debajo de este porcentaje, se especificará una estructura sobredimensionada.

Asimismo, a continuación, se enumeran algunas de las consideraciones de diseño, además de la determinación del espesor, que se tienen en cuenta en el método de cálculo PCA para asegurar el comportamiento y durabilidad de los pavimentos de concreto:

1. Soporte uniforme.
2. Prevención del bombeo en subsuelos relativamente delgados, ásperos o cementados en escalones, donde se espera suficiente tráfico pesado para que conduzca al bombeo.
3. Usar un diseño de junta que asegure una transferencia de carga suficiente; Esto permite el uso de selladores en las juntas donde sea necesario para su eficacia.

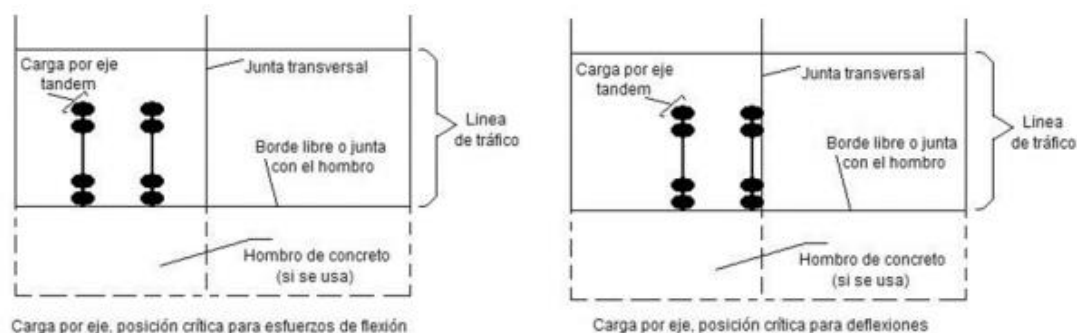


Figura N°02: Critical load positions per axle.

Fuente: [29].

Guía de diseño: "Cálculo del espesor del pavimento de hormigón" contiene un formulario de cálculo del espesor del pavimento para ayudar a los usuarios en el proceso de diseño.

El formulario de cálculo del espesor se presenta en la tabla 1 del manual de diseño.:

Cálculo del espesor del pavimento

Proyecto: _____

Espesor de prueba: _____ in Dovelas en las juntas: si _____ no _____

Subbase-Subrasante, k: _____ pci Hombro de concreto: si _____ no _____

Módulo de ruptura, MR: _____ psi Periodo de diseño: _____ años

Factor de seguridad de carga, LSF _____

Carga por eje, kips	Multiplicada por LSF	Repeticiones esperadas	Análisis de fatiga		Análisis de erosión	
			Repeticiones permisibles	Porcentaje de fatiga	Repeticiones permisibles	Porcentaje de daño
1	2	3	4	5	6	7

8. Esfuerzo equivalente _____ 10. Factor de erosión _____

9. Factor de relación de esfuerzo _____

Ejes Sencillos

11. Esfuerzo equivalente _____ 13. Factor de erosión _____

12. Factor de relación de esfuerzo _____

Ejes Tandem

14. Esfuerzo equivalente _____ 15. Factor de erosión _____

15. Factor de relación de esfuerzo _____

Ejes Tridem

			Total	Total		

Tabla N°01: Test para el cálculo del grosor del pavimento.

Fuente: [29].

Cabe señalar que el espesor de la placa se considera insuficiente cuando alguno de los factores combinados de fatiga y erosión supera el 100%; por lo tanto, será necesario usar

más grosor para hacer otra iteración; si la absorción de fatiga total y el daño por erosión total estuvieran muy por debajo del 100%, se tendría que usar un espesor menor para realizar una nueva iteración; Continúe la iteración hasta alcanzar el espesor óptimo de la losa de concreto, donde tanto el factor de fatiga como el factor de erosión estén cerca del 100% [28, 29].

La Figura N°03 es un diagrama de flujo para calcular el espesor de una losa de hormigón para un pavimento rígido basado en el formulario de diseño de la Tabla 1.

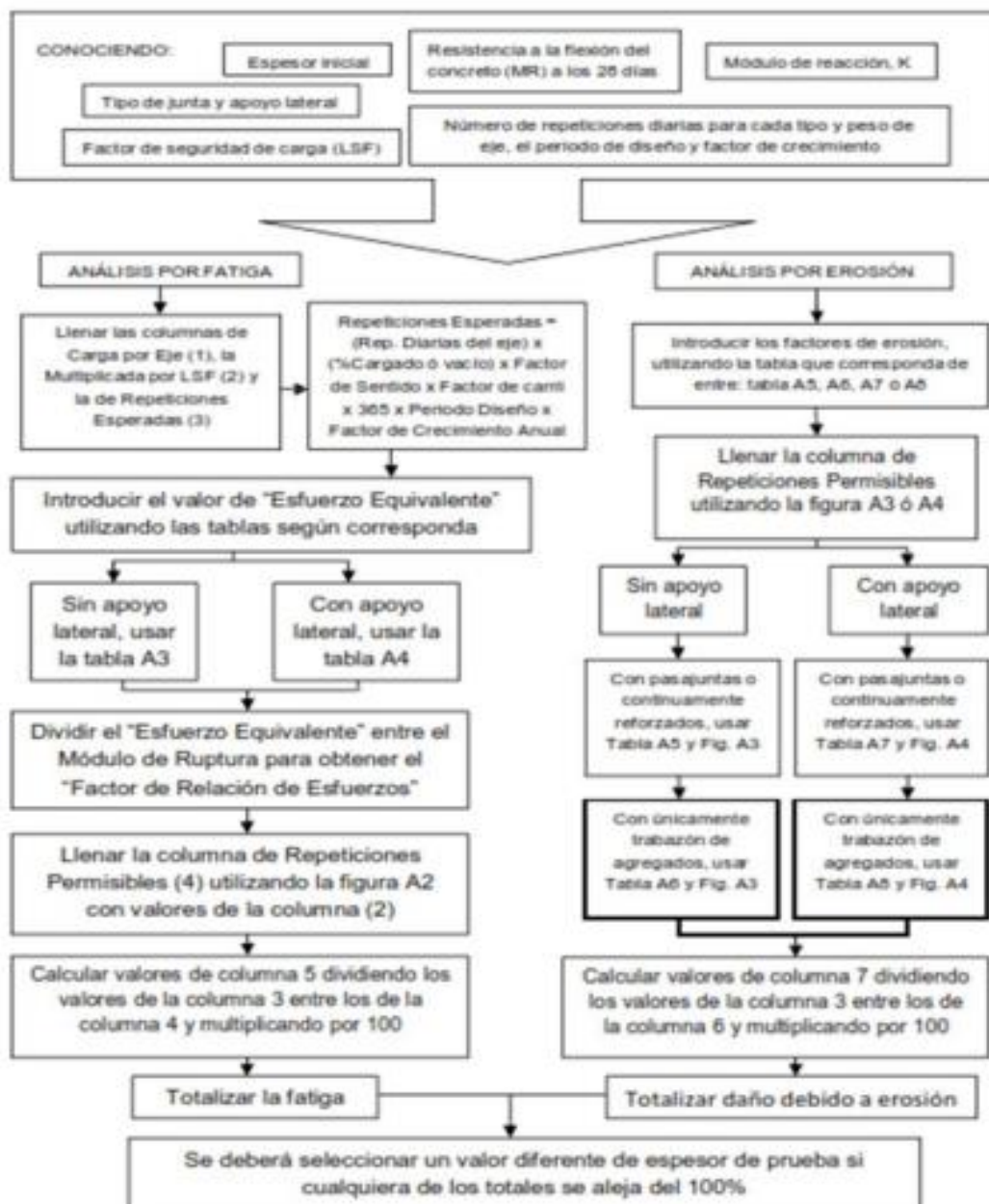


Figura N°03: Flujo Grama de Diseño Método PCA.

Fuente: [30].

Componentes de las capas de un pavimento

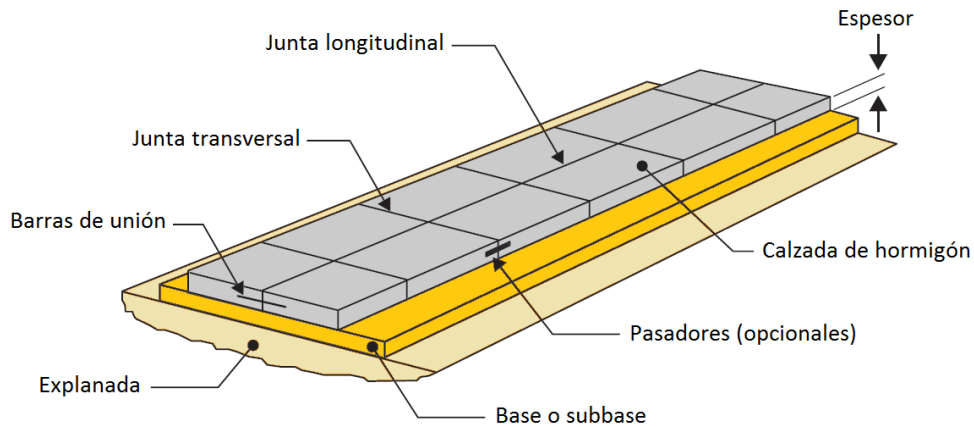


Figura N°04: Partes del Pavimento de concreto.

Fuente: [25].

Se aprecia en la figura cuatro los componentes del pavimento rígido, las cuales se mencionan y definen a continuación:

- Juntas: Las juntas son muy importantes en las superficies de pavimentos rígidos, ya que son superficies fracturadas que proporcionan efectos estéticos y funcionales. Se denominan juntas longitudinales (paralelas al frente) y transversales (perpendiculares al frente del hormigón), dependiendo de la posición de la junta al hormigonar [31].

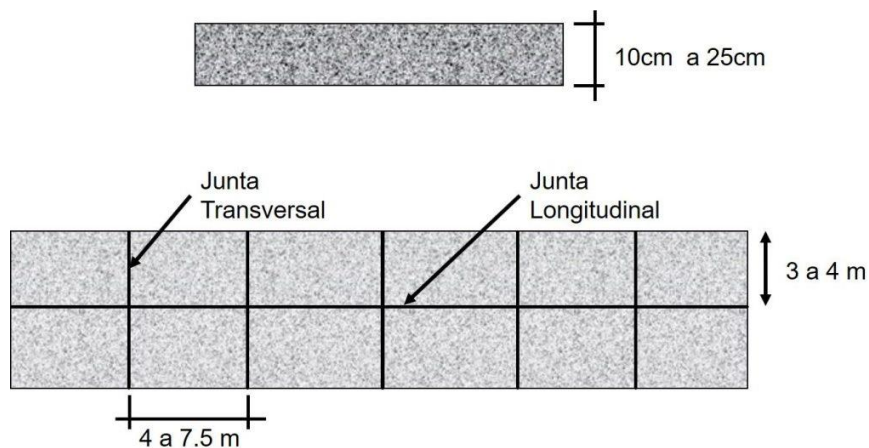


Figura N°05: Juntas en el Pavimento de concreto [25, 32].

- Pasadores: Barras de acero lisas que se colocan en las juntas de tipo transversal, con la finalidad de transmitir cargas, sin evitar la función que desempeñan las losas de manera horizontal [31].

- Barras de unión: Se colocan y fijan en juntas longitudinales para asegurar la transmisión de carga. Las barras de unión se colocan a lo largo de las juntas longitudinales para evitar la separación de los bordes y sellar los bordes para garantizar una transferencia de carga adecuada entre los paneles adyacentes. Las varillas no se miden como elemento de transmisión de carga, la transmisión se produce conectando áridos de hormigón en las fisuras formadas bajo las ranuras creadas en las costuras. La experiencia demuestra que la distancia entre las barras debe ser inferior a 75 cm, y la distancia entre las barras de un extremo y las barras transversales debe ser la mitad de la distancia. El refuerzo se encuentra en la mitad del espesor de la losa. [25].
- La subbase: Esta capa, tiene como ejercicio, obstaculizar la acción de bombeo que pasan por las juntas o cualquier otra abertura del pavimento. El bombeo es la fluencia de agua y partículas finas fuera del pavimento, producto de la penetración de agua que pasan por las juntas del pavimento rígido. Una vez que pasa el agua por las juntas, esta disuelve el suelo fino de la subrasante proporcionando su expulsión a la superficie bajo presión producida por las cargas que se dan sobre la losa [12].
- Losa de concreto: Tiene la misma función de la carpeta flexible, más el ejercicio de sostener y transferir de manera adecuada los esfuerzos que se le aplique durante su vida útil [24].



Figura N°06: Losa de Concreto en el Pavimento de concreto

Fuente: [25, 32].

Pavimento Flexible

Podemos definir al pavimento flexible como aquel que está comprendido por una capa fina de mezcla asfáltica elaborada arriba de una capa de base y una capa de subbase las que usualmente son de material granuloso. Dichas capas se apoyan en una membrana de suelo compacto y macizo, con nombre de subrasante [12].



Figura N°07: Corte transversal y Componentes del Pavimento Flexible.

Fuente: [25, 33].

Se trata de una estructura que consta de una capa granular (base y subbase), una carpeta de material de construcción bituminoso como capa superior, árido como aglutinante y, si es necesario se requerirá el uso de aditivos. Capa superficial asfáltica principalmente sobre capa granular se considera: mortero asfáltico, tratamiento superficial de doble capa, micropavimento, macadam asfáltico, asfalto frío, asfalto caliente, estos senderos soportan los mejores esfuerzos y las condiciones más duras que el clima, el medio ambiente y el tráfico vehicular pueden arrojarnos. Las membranas base generalmente están hechas de agregados tratados con cal, cemento Portland, asfalto u otros estabilizadores [12, 33].

Metodología AASHTO

El método de diseño de pavimento de asfalto AASHTO-93 utiliza modelos o ecuaciones que derivan un parámetro conocido como número de estructura (SN) que es fundamental para determinar el espesor de las capas que componen el pavimento (es decir, capa de asfalto, base y la sub base. La ecuación se basa en variables de diseño como el tránsito, la desviación estándar, las puntuaciones de fiabilidad y capacidad de servicio, etc. [26]

Aquí está la ecuación que indica la importancia de cada variable o parámetro involucrado:

$$\mathbf{Log(W) = ZR \cdot So + 9,36 \cdot Log(SN + 1) - 0,20 + \frac{Log\left(\frac{\Delta PSI}{4,2-1,5}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot Log(MR) - 8,07}$$

Ecuación N°02: Ecuación Fundamental AASTHO 93.

Fuente: [27].

Donde:

- W: Número estimado de ejes equivalentes de 8.2 ton en el fase de diseño.
- ZR: Error estandar combinado de la prediccion del trafico y de la prediccion del comportamiento estructural.
- So: Desviacion estandar normal.
- ΔPSI: Diferencia entre índice de servicialidad al inicio y al final
- MR: Module resilient (lb/in²)
- SN: Número estructural

Obtendremos el valor del Número de Estructura (SN) de la Ecuación 02 para luego utilizar la Ecuación 03 para hallar el valor de un conjunto de capas con espesores (Di) iguales o mayores al Número de Estructura (SN) hallado a partir del Módulo Resiliente de la subrasante.

$$\mathbf{SN = a1 \cdot D1 + a2 \cdot m2 \cdot D2 + a3 \cdot m3 \cdot D3}$$

Ecuación N°03: Ecuación del Número Estructural.

Dónde:

- i: Structural coefficient of layer i.
- Di: Thickness of layer i (in).
- mi: Drainage coefficient of layer i.

La figura 8 se utilizará como función del módulo de la mezcla asfáltica en lbs/in² para obtener el factor de textura (a1) de la mezcla asfáltica. Ingresaremos a la Figura 8 con el valor del módulo de elasticidad de la mezcla para obtener el factor de contribución estructural a1 el cual correspondería a la capa de material asfáltico.

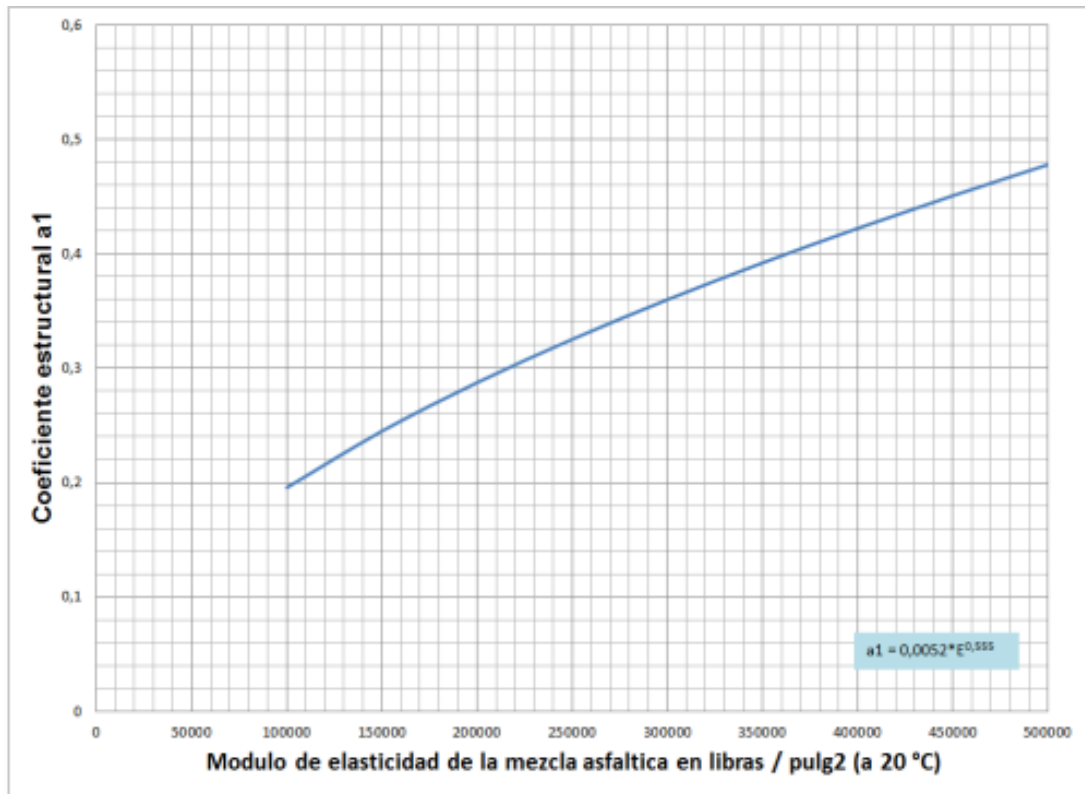


Figura N°08: Gráfica para verificar el coeficiente estructural (a_1) de la mezcla de asfalto.

Fuente: AASHTO Pavement Structures 1993 [34].

El coeficiente estructural de la base granular a_2 se obtiene a partir de la figura N° 09:

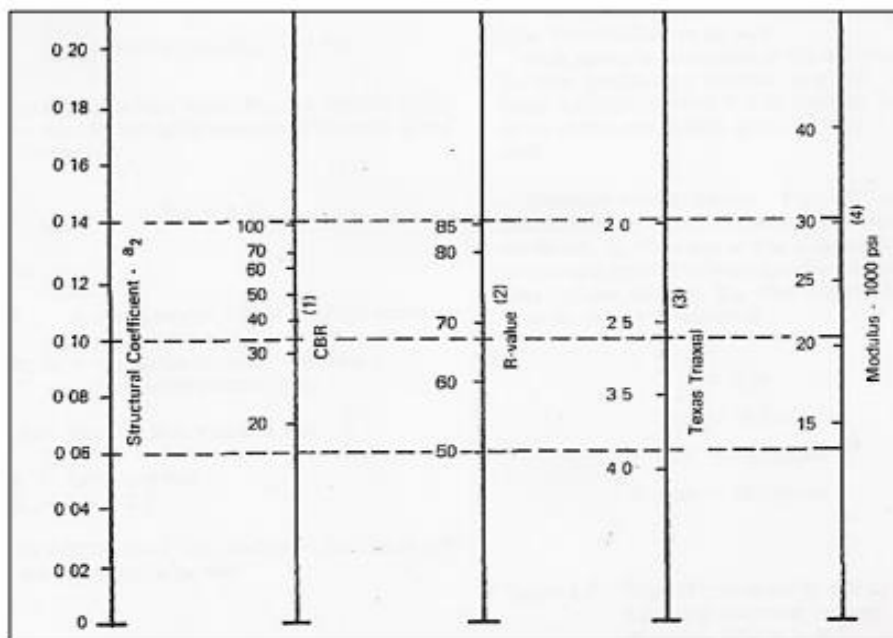


Figura N°09. Gráfica para precisar el coeficiente estructural (a_2) de la base granular.

Fuente: AASHTO 1993 [34].

La figura 10 a continuación se utiliza para obtener el coeficiente estructural a_3 de la subbase granular:

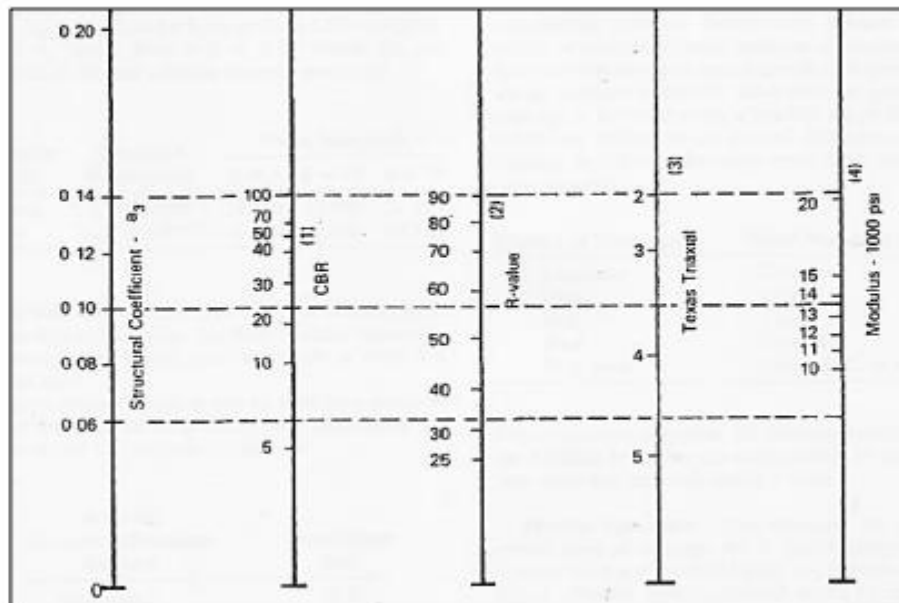


Figura N°10: Gráfica delimitadora del coeficiente estructural (a_3) de la Subbase granular.

Fuente: AASHTO 1993 [34].

Para obtener coeficientes u elementos de drenaje para la base y materiales de la subbase, utilizaremos los criterios dados por AASHTO vistos en la siguiente tabla:

CARACTERÍSTICAS DEL DRENAJE	AGUA EVACUADA EN	PORCENTAJE DE TIEMPO EN EL AÑO, QUE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ESTA EXPUESTA A UN NIVEL DE HUMEDAD			
		<1%	1% - 5%	5% - 25%	>25%
EXCELENTE	2 HORAS	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,2
BUENO	1 DIA	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1,0
REGULAR	1 SEMANA	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,8
POBRE	1 MES	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,6
MUY MALO	NO DRENA	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,4

Tabla N°02: Valores de factores de drenaje recomendados (m_i)

Fuente: [34].

Una vez definidos los parámetros anteriores, se deben evaluar los espesores de las diferentes capas de acuerdo con los siguientes criterios:

$$D1^* \geq \frac{SN1}{a1} \rightarrow SN1^* = a1 \cdot D1^* \geq SN1$$

$$SN1^* + SN2^* \geq SN2 \rightarrow D2^* \geq \frac{SN2 - SN1^*}{a2 \cdot m2}$$

$$D3^* . a3 . m3 + SN1^* + SN2^* \geq SN3^*$$

Ecuación N°04: Ecuación del SN1, SN2.

Fuente: [34].

Entonces de la Ecuación 04 podemos decir que tanto a, D, m y SN perteneces al valor mínimo requerido. La estrella en D o SN corresponde al valor real utilizado, que debe ser mayor que el valor requerido.

Características de las capas del pavimento flexible

Los pavimentos de asfalto deben proporcionar una superficie rodante uniforme que resista los efectos del tráfico, el clima y otros elementos dañinos y transfiera la carga del tráfico a los caminos de tierra. Las características más importantes que debe cumplir un recubrimiento flexible son las siguientes.

- Durabilidad
- Exigencia de conservación
- Deformabilidad
- Resistencia estructural
- Costo
- Comodidad

La función trascendental de estas capas es aguantar cada una de las cargas y distribuir las por la superficie. La capa base generalmente está hecha de un material de menor calidad y menor costo que el material utilizado en la película base. Pueden o no tener materiales estabilizados. La subbase proporciona o transmite cargas al suelo, además de otras funciones como contribuir a la absorción de las aguas subterráneas y prevenir los efectos nocivos de las heladas [25].

Componentes y sus funciones del Pavimento Flexible

LA SUBBASE GRANULAR:

Se considera una capa económica pura porque su contenido material es muy económico y barato, actúa como capa de transición entre la subrasante y la base, ya que evita la penetración de materiales finos e impide el ascenso por capilaridad.

Algunas de las funciones de detallan a continuación:

- Económica: El espesor requerido para que el nivel de tensión de la cimentación sea igual o menor que su resistencia, puede construirse con materiales buenos y duraderos; Sin embargo, se debe dar preferencia a colocar las capas de mejor calidad arriba y las de menor calidad debajo, ya que son las más baratas. Este método de esparcimiento requiere un aumento del espesor total del pavimento y, por lo tanto, es más económico.
- Capa de transición: Una subbase correctamente trazada, evitar que el material base interfiera con el material base; También actúa como un filtro de malla para el sustrato, evitando que el sustrato se contamine y degrade con materiales de sustrato finos.
- Disminución de las deformaciones: Estamos ante el hecho de que, debido a cambios en el volumen del sustrato, muchas veces relacionados con cambios en el contenido de agua (provocando dilataciones) o cambios extremos de temperatura (heladas), a su vez son a su vez impulsados por el sustrato, dificultando para la deformación común que ocurre en las superficies rodantes.
- Drenaje: Para algunos casos la subbase debe necesariamente filtrar el agua, puesto que por diversos motivos se introduce a través de la carpeta o por las bermas.

LA BASE GRANULAR

- Resistencia: Su función principal es proporcionar un elemento estabilizador que transmite las fuerzas causadas por el movimiento del vehículo.

CARPETA

- Superficie de rodamiento: Esta capa debe proporcionar una superficie estable y uniforme para el tráfico, así como una textura y color uniformes, así como resistentes ante la erosión vehicular.
- Impermeabilidad: Debe evitar que el agua entre para evitar daños.

- **Resistencia:** La resistencia a esfuerzo de tensión que se da en esta capa, integra la capacidad estructural de todo el pavimento.

Drenaje Urbano

El drenaje urbano se define como un conjunto de materiales y/o comportamientos que evitan el impacto negativo del agua de lluvia en la vida cotidiana y desarrollo de la población. Es decir, cumplen con un propósito determinado.

Drenaje pluvial

Agua de la lluvia de la ciudad. Si dicha agua no se drena adecuadamente, causará daños a los residentes y pondrá en peligro su salud, por eso el drenaje pluvial se encarga de conducir el agua producto de las lluvias evitando que cause daños a la infraestructura vial.

El drenaje de carreteras y los sistemas de drenaje secundario se utilizan para eliminar la humedad de las superficies de las carreteras y los prismas de las carreteras, es de suma importancia que estos pavimentos cuenten con dicho drenaje puesto que gracias a ello podrán eliminar el agua y evitaran la disgregación de los materiales que conforman dicho pavimento.

Podemos definir al Sistema de Drenaje como aquel que conduce el agua de las lluvias a cada zona donde se establecen sus aprovechamientos. El sistema tiene como objetivo minimizar los daños causados por el agua de lluvia, prevenir daños y permitir el desarrollo normal de los centros urbanos en respuesta al agua de lluvia [23, 35].

Sus objetivos primordiales son salvaguardar la vida humana, evitar que el agua de lluvia perjudique a los habitantes y bienes de las zonas urbanas, asegurar la normalidad de la vida de los vecinos, evitar molestias a los vecinos por el agua de lluvia y liberar el tránsito vehicular.

Acción Preventiva: Es un método para reducir el daño a áreas potencialmente afectadas por el agua a través de una gestión adecuada, como por ejemplo [35]:

- Conservación y protección de cuencas tributarias. Reglamentos agrarios.
- Aprovechamiento de llanuras aluviales.
- Reglamento de uso de suelo.

Acción Correctiva: Es aquella acción que apacigua el daño en la zona donde la medida de tipo prevenible no es suficiente, por ejemplo:

- Trabajos de conducción.
- Obras conexas como desagües, alcantarillas, etc.
- El nivel de protección de un sistema de drenaje urbano es la frecuencia de los eventos de escorrentía o el período de retorno que se produce para evitar daños y garantizar así la circulación de vecinos y vehículos.

Tipos

Drenajes superficiales: El drenaje pluvial cubre todo, desde la lluvia hasta el drenaje del sistema primario o secundario". Se componen de:

- Canalones, canaletas, etc.
- Las calles y caminos generalmente incluyen pendientes y segmentos modificados.
- Superficies generales (cubiertas, jardines, parques, pavimentados y áreas naturales, etc.).

Drenaje primario: Consisten en todos los caminos naturales, tuberías y obras de ingeniería para proteger la vida de los residentes y reducir el riesgo a cualquier posibilidad.

Drenaje secundario: Se trata de estas obras de construcción, que facilitan el drenaje de las aguas pluviales sin perturbar incalculablemente el tráfico de vehículos y vecinos.

Colector. Canalones y construcciones especiales. Estructura de almacenamiento. Obras de control de sedimentos y escombros. Localizada en un pequeño cauce natural.

Diseño Hidrológico

Hidrología

Según nuestra definición, la hidrología es la rama de la ciencia que estudia el papel del agua en los procesos bioquímicos dinámicos e intrincados. El campo de las ciencias de la Tierra denominado hidrología investiga el agua y sus características físicas, químicas y mecánicas en los océanos, la atmósfera y la superficie terrestre. Podemos definir la hidrología como una ciencia que investiga el agua natural: sus características,

distribución y comportamiento, ofreciendo información fundamental para la gestión de los recursos hídricos, incluyendo nuestra hidrología e hidráulica [36].

El estudio hidrológico comienza con un análisis morfológico de la cuenca, incluyendo: límites de la cuenca, medidas de superficie y longitud, elevaciones máximas y mínimas, índice de compactación, factor de forma, curvas de medida de elevación, pendiente promedio, características de drenaje. altímetro de red canal principal y perfil, entre otros.

Precipitación

Definimos a precipitación como a cualquier forma de humedad que escapa de la atmósfera y se deposita en la superficie de la tierra, como la lluvia, el granizo, el rocío, la nieve; la precipitación pluvial en este caso sería producto de las lluvias [37].

Escorrentía Superficial

Se consideran escorrentías superficiales todos los caudales que pasan sobre el suelo y las obras civiles. Además, las porciones que no se han evaporado a la atmósfera ni han sido absorbidas por los suelos o las infiltraciones son las que interesan para su evaluación mediante sistemas de drenaje de aguas pluviales.

El coeficiente de escorrentía y el tiempo de concentración son los dos factores más significativos que influyen en el flujo superficial, y se denotan con las letras "c" y " t_c " respectivamente. [38, 37].

Tiempo de concentración

Se define como la cantidad de tiempo necesaria para llegar entre dos lugares predeterminados, a saber, los extremos superiores de las cuencas y los lugares donde se mide la escorrentía pluvial. Es la cantidad de tiempo necesaria para que una gota se desplace desde la salida de la cuenca hasta el punto hidráulico más alejado [23].

Se considera que toda la cuenca ha contribuido al flujo de salida una vez pasado el momento de concentración. Se considera que la duración crucial es igual al tiempo de concentración t_c porque existe una relación inversa entre la fuerza de una tormenta y su

duración (cuanto más dura es, menos intensa es). La geometría del plano de la cuenca (una cuenca con forma alargada tendrá un tiempo de concentración más largo, con esto podemos decir que una cuenca con forma corta poseerá un tiempo de concentración relativamente más corto), su pendiente (una mayor pendiente da lugar a un flujo más rápido y a tiempos de concentración menores), la superficie y las propiedades del suelo, la cubierta vegetal, etc. afectan al tiempo real de concentración. Los cálculos más típicos se limitan a tener en cuenta la pendiente, la superficie y la longitud del río principal de la cuenca [38].

El tiempo de Concentración (t_c) es calculado de la siguiente forma: t_0+t_f

$$t_c = t_0 + t_f$$

Ecuación N°05: Ecuación del t_c

Fuente: [37].

Coefficiente de escorrentía

Definimos a la escorrentía como un porcentaje del agua total de lluvia, ya que no toda la precipitación fluye a través de los drenes u canales naturales o artificiales. Esto se debe a la evaporación, la filtración, la retención del suelo y otros factores. Por tanto, existen diferentes coeficientes para los tipos de terreno, principalmente cuando son impermeables a la superficie. Estos coeficientes se encuentran en las funciones de la materia por la que fluye el agua y oscilan entre 0,01 y 0,95 [35].

Al elegir el valor del coeficiente de salida, se debe tener en cuenta lo siguientes impactos (Norma OS.060, 2006):

Características de la superficie, tipo de desarrollo urbano, intensidad lluvia (teniendo en cuenta el tiempo de retorno), pendiente del terreno, estado futuro en el ciclo de vida del proyecto.

Características de la superficie	Coefficiente de Escorrentía
Calles	
Pavimento Asfáltico	0,70 a 0,95
Pavimento de concreto	0,80 a 0,95
Pavimento de Adoquines	0,70 a 0,85
Veredas	0,70 a 0,85
Techos y Azoteas	0,75 a 0,95
Césped, suelo arenoso	
Plano (0 - 2%) Pendiente	0,05 a 0,10
Promedio (2 - 7%) Pendiente	0,10 a 0,15
Pronunciado (>7%) Pendiente	0,15 a 0,20
Césped, suelo arcilloso	
Plano (0 - 2%) Pendiente	0,13 a 0,17
Promedio (2 - 7%) Pendiente	0,18 a 0,22
Pronunciado (>7%) Pendiente	0,25 a 0,35
Praderas	0,20

Tabla N°03: Coef. Escorrentía en zonas urbanas.

Fuente: [39].

Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia o precipitación "i" se define como la cantidad promedio de precipitación en un área del drenaje de cuencas o subcuencas (mm/h). La intensidad depende del periodo de retorno y la duración de la tormenta de diseño

También se pueden definir como el espesor de la capa de agua reducido por unidad de tiempo; asume que el agua se queda donde cae. Medido en horas. La intensidad de las precipitaciones se determina a partir de cada registro pluviométrico recogido por el SENAMHI. La base de cada estación de pluviómetro se encuentra en un lugar diferente. Este tipo de datos es insuficiente para sitios pequeños, pero se pueden utilizar datos de sitios cercanos con características similares.

En la mayoría de los casos, la intensidad media se expresa como:

$$i = \frac{P}{Td}$$

Ecuación N°06: Ecuación de la intensidad de lluvia.

P sería la profundidad de la lluvia o el espesor (calculado en milímetros) y Td es la duración, generalmente en horas.

Método de Gumbel

Es aquel método que modela la distribución máxima de las precipitaciones, es muy usado para determinar valores extremos [40].

El "valor máximo" establecido para un período de retorno particular está determinado por la expresión:

$$x = x_m + D x = x_m + k \cdot s_{n-1}$$

Ecuación N°07: Ecuación de Gumbel.

- x: valor máximo (precipitación) hacia un tiempo de retorno T.
- x_m : media de la serie dada de valores máximos
- D x: desviación respecto a la media

Donde:

- k: coeficiente de frecuencia, que indica cuántas veces el valor extremo observado supera la desviación estándar del valor medio de la serie.
- S_{n-1} : desviación estándar de los valores extremos.
- En función del tiempo de retorno en años y del número de años incluidos en la serie, se estima el valor de la variable "k". De esta manera: $k = (y_T - y_n)^{S_n}$.
- y_T : variable de Gumbel para el tiempo de retorno T. El valor se puede conseguir de la Tabla N°04. $y_T = -\ln \ln (T/T-1)$ y_n : valor que se obtiene a partir del número de años de la serie, mediante tablas
- S_n : valor obtenido a partir del número de años de la serie, mediante la siguiente tabla:

T	2	5	10	25	30	50	75	100	250	500
y_T	0.366	1.499	2.250	3.198	3.384	3.901	4.310	4.600	5.519	6.213

Tabla N°04: Valores de " y_T " para diferentes períodos de retorno T

Fuente: [40].

Método Racional

Históricamente se le atribuye el método a Lloyd-George en 1906, sin embargo, los principios del mismo fueron concretados por Mulvaney en 1850.

El método racional permite determinar el caudal máximo que fluirá a través de la sección, suponiendo que se producirá en una cuenca donde la precipitación constante y

uniforme de máxima intensidad corresponde a una etapa de duración D igual al tiempo de concentración.

$$Q_{m\acute{a}x} = C \cdot i \cdot A$$

Ecuación N°08: Ecuación del Caudal Máximo.

En donde: $Q_{m\acute{a}x}$: Máximo caudal en la sección de cculo, C: coefic. de escorrentía promedio ponderado de la cuenca, A: rea de captación total para el período de cculo, i: intensidad máxima promedio para el período de cculo correspondiente al tiempo de concentración.

a. Determinación del coeficiente de Escurrimiento

El coeficiente de escorrentía C representa la porción de agua de lluvia que se pierde directamente, tiene valores entre 0 y 1, y varía considerablemente de cuenca a cuenca y de tormenta a tormenta debido a las condiciones iniciales de humedad. Sin embargo, generalmente se toma un valor de C representativo en función con ciertas características de la cuenca, ya sea la vegetación, la pendiente del terreno y el uso del suelo [41].

Para cuencas con condiciones no homogéneas, el coeficiente se calcular a partir de la media ponderada de los distintos coeficientes. Cada tipo de cubierta (cubierta, pavimento, zonas verdes, etc.), su factor de ponderación según el porcentaje de cada tipo de superficie sobre la superficie total.

Naturaleza de la cuenca	Valor de "c"
Superficie de tejados.	0.70 - 0.95
Pavimentos de asfaltos en buen estado.	0.85 - 0.90
Pavimentos de piedra, ladrillo, bloque de madera con juntas cementadas impermeables.	0.75 - 0.85
Los mismos pavimentos con juntas abiertas.	0.50 - 0.70
Pavimentos de losa de mala calidad con juntas abiertas.	0.40 - 0.50
Carretera de macadn.	0.25 - 0.60
Carretera y caminos de grava.	0.15 - 0.30
Superficies sin pavimento, patios de ferrocarril y solare.	0.10 - 0.30
Parques, jardines, praderas, según pendiente del suelo y sub suelo.	0.05 - 0.25
reas de monte o bosques, según pendiente del suelo y las características del sub suelo.	0.01 - 0.20
Parte más densamente poblado o cubierto de Construcciones de una ciudad.	0.70 - 0.90

Tabla N°05: Coef. según Kuichling.

b. Cálculo de las curvas de IDF

Las curvas IDF son una de las herramientas más importantes en el diseño hidrológico del caudal máximo. Estas son herramientas básicas para modelos de escorrentía de lluvia como son el hidrograma unitario y el método racional. La curva IDF depende de pluviómetro.

El método utilizado relaciona simultáneamente las tres variables en un conjunto de curvas de intensidad-duración-frecuencia cuya ecuación es:

$$i = \frac{kT^m}{(d + c)^n}$$

Ecuación N°09: Ecuación de Intensidad.

Donde k, m, n y c son constantes calculadas mediante análisis de correlación lineal múltiple. T: período de retorno (años), d: duración (min), i: intensidad (mm/h) [41].

c. Determinación de tiempos de concentración

El tiempo de concentración no es más que el tiempo que tarda una gota de agua en viajar desde el punto de flujo más lejano en la cuenca hasta el punto de medición. Los tiempos de concentración se calculan en base a las características físicas de la cuenca, que son las ya conocidas: pendiente, longitud, altura media y área de la cuenca. Cabe señalar que todas las fórmulas tienen factores de corrección adecuados según la cobertura de la cuenca [41].

Usaremos el “Tiempo de concentración” de la fórmula empírica de Kirpich:

$$T_c = 0.0003245 L^{0.77} S^{-0.385} \text{ (En horas)}$$

Ecuación N°10: Ecuación del Tiempo de Concentración de Kirpich.

L: Longitud máxima de un cauce o río desde la cabecera hasta la desembocadura (en metros). S: pendiente del canal o H/L (m/m), donde H es la diferencia de altura entre el punto más alto y el punto de interés.

d. Validación de fórmulas empíricas para estimación de Tiempos de Concentración

Cuando en una cuenca llueve y la tasa de infiltración y evaporación es igual o menor que la intensidad de la lluvia, el fenómeno de escorrentía comienza a extenderse por toda la superficie de la cuenca afectada por la lluvia. Antes de que el caudal de agua llegue al río principal o secundario, toma la forma de una capa de agua a una altura determinada (según la intensidad de la precipitación y la pendiente de la superficie de caudal) y a una velocidad determinada, lo que se denomina escorrentía. velocidad.

El caudal se utilizó para validar la fórmula utilizada para derivar el tiempo de concentración, convertirlo en velocidad y compararlo con el caudal. Depende primero de la pendiente de la superficie de flujo y luego de las propiedades del suelo. La fórmula empírica desarrollada para calcular esta tasa se muestra a continuación. En la ecuación, α es el ángulo de alivio.

$$v = 20 \operatorname{sen}^{3/5} \alpha \text{ (m/s)}$$

Ecuación N°11: Ecuación de la Velocidad de Escorrentía.

v: Velocidad de escorrentía (m/s).

Suelo

El suelo es una acumulación no consolidada de sedimentos u otras partículas sólidas que resultan de la ruptura de rocas y la mezcla con materia orgánica. El estudio de la mecánica del suelo es una rama que estudia los efectos de las fuerzas en el suelo. El hombre ha estudiado durante mucho tiempo la tierra en la que vive y ha propuesto varias teorías para resolver los problemas asociados con su uso. Todos los proyectos de construcción civil, independientemente del tamaño de la estructura, comienzan y se sostienen sobre una base de tierra. Debido a su complejidad, los suelos deben investigarse a fondo con el conocimiento y la precisión de los que depende la seguridad y la longevidad de cualquier proyecto de ingeniería [42].

Clima

El clima se define como las condiciones meteorológicas medias en un lugar determinado. Es una síntesis meteorológica extraída de estadísticas a largo plazo. Los

elementos meteorológicos a considerar son la temperatura, la presión, el viento, la humedad y la precipitación.

En Nueva Cajamarca sector La Molina, los veranos son cortos, muy caliente y mayormente nublados, mientras que los inviernos son agradables y parcialmente nublados. Durante el año, la temperatura suele oscilar entre 18 °C y 30 °C y rara vez cae por debajo de los 17 °C o por encima de los 33 °C [43].

Precipitación

Se considera húmedo un día que tiene al menos 1 milímetro de precipitación líquida o equivalente líquido. En Nueva Cajamarca, la probabilidad de días lluviosos fluctúa a lo largo del año.

Del 2 de octubre al 11 de mayo es la estación más lluviosa, con una duración de 7,3 meses, y existe una probabilidad superior al 26% de que cualquier día sea lluvioso. En Nueva Cajamarca, el mes de marzo tiene un promedio de 12.1 días con al menos 1 milímetro de precipitación.

La estación seca, de 4,7 meses de duración, va del 11 de mayo al 2 de octubre. En Nueva Cajamarca, el mes con menos días húmedos tiene un promedio de 3,8 días con al menos 1 milímetro de precipitación real.

Distinguimos entre los días húmedos que sólo tienen lluvia, los que sólo tienen nieve y los que tienen ambas. Con una media de 12,1 días, marzo es el mes de Nueva Cajamarca con más días sólo con lluvia. Según esta clasificación, la lluvia sólo tiene una probabilidad máxima de 40% el 9 de marzo y es el tipo de precipitación más frecuente durante todo el año.

Topografía

Una característica única de la zona de San Martín es el asentamiento de Nueva Cajamarca, situado aproximadamente entre 750 y 885 metros sobre el nivel del mar. Su clima primaveral todo el año, con temperaturas medias entre 22,7 y 23,8 oC, la asemeja a las ciudades del Alto Mayo. Una comunidad llamada Alto, cercana al cerro El Mirador, se encuentra a 880 msnm, mientras que el río Yuracacu se ubica a 845 msnm. Coincide con la topografía de la Selva Alta [42].

Impacto Ambiental

Matriz de Leopold

La Matriz de Leopold es un enfoque informativo que incluye datos cruciales para evaluar el impacto medioambiental de un proyecto en la etapa de construcción. La Matriz de Leopold se utiliza porque explica la causalidad medioambiental del proyecto que se está llevando a cabo y sirve para prevenir y reducir el daño ambiental.

Diseño de Mezcla

Se detallarán dos tipos de mezclas, la mezcla asfáltica y la mezcla de concreto; cada una para el tipo de pavimento, el pavimento flexible y el pavimento rígido:

Diseño de mezcla asfáltica

El propósito del diseño de la mezcla es hallar la combinación ideal de agregados y contenido de betún en función de los criterios de costo y desempeño y simular adecuadamente las condiciones reales de mezclado, compactación y desempeño en el sitio [8].

Diseño de mezcla en concreto

El sistema consiste en la preparación de mezclas de hormigón con proporciones iniciales y calculadas por diversos métodos. Las mezclas de prueba se someten a varias pruebas de control de calidad, como el asentamiento, la pérdida de trabajabilidad, el peso unitario, el tiempo de fraguado y las pruebas de resistencia a la compresión [8].

Esta mezcla de concreto debe ser adecuada para resistir la intemperie y las cargas de los diversos vehículos.

Estudio de tráfico vehicular

El dato más importante para el diseño del pavimento es el flujo de tráfico, o el tipo de vehículos que utilizarán la zona y con qué frecuencia lo harán. El objetivo del análisis estadístico del tráfico es traducir este flujo de tráfico a un formato comprensible. La intención de la indagación del tráfico es expresar este flujo de tráfico en términos de parámetros conocidos.

Como ESAL (carga uniaxial equivalente) o carga axial simple equivalente expresada como la suma del número total de repeticiones en un día usando el método AASHTO, todos los grupos de carga se aplican durante el diseño del pavimento [44].

- **Índice de Tráfico.** Durante este período, el flujo de vehículos varía según el número y tamaño de las cargas. De esta forma, no es necesario determinar estimaciones de tráfico actuales y futuros, pero sí calcular el tráfico en futuros pero aproximados.
- **Transito.** Elemento principal, donde debemos saber las características de los vehículos, porque servirán para tomar decisiones durante el diseño de un pavimento.

Características del Tránsito.

Tenemos las siguientes:

- **Transito Diario Promedio Anual**

Se refiere al número medio de vehículos que cruzan un determinado punto de tráfico de doble sentido en un período de 24 horas durante el año. Tenemos la siguiente fórmula T.D.P.A para caminos futuros, T.D.P.A. es igual a la suma del tráfico inducido y el tráfico generado. Datos obtenidos previamente [45].

- **Determinación del Índice de Tránsito (I.T.)**

Está representado por la media de repeticiones de un eje en 24 horas de 18,000 lb, sobre carril de diseño. Se calcula así [46]:

$$IT = N.C.D.E.P$$

Ecuación N°12: Ecuación para la determinación del Índice de Tránsito.

- **Composición del Tránsito**

Para seguir el trazado de una calle o carretera, necesitamos saber el número y tipo de autos que deben estar en circulación; se dividen en vehículos de categoría A y vehículos de peso inferior a 3000 kg, clasificación clase B, que incluye autobuses; furgonetas de

clase C, es decir, furgonetas de más de 3000 kg; por lo tanto, tienen varias características, su peso total puede variar de 3000 kg a 60,000 kg, y tienen diferentes tapones en la posición de sus ejes con las llantas [45].

Peso de Vehículos Cargados y Vacíos

Es fundamental saber los pesos de cada vehículo, tanto cargados como vacíos; fundamentalmente del vehículo de carga usualmente están conformados por unidades de tracción, una caja y una caravana [47].

- **Número y Posición de Ejes y Llantas:** Para realizar el análisis es necesario conocer el tipo de vehículos que transitan por el pavimento, es importante conocer el peso, la posición de los ejes y el número de llantas. Esta información se utilizará para analizar el circuito y realizar secciones de diseño [20].
- **Incremento Anual de Transito:** Determine la tasa de crecimiento anual del vehículo (ligero o pesado) para comprender la vida útil.

Se calcula el aumento de vehículos mediante la expresión: Transitado proyectado, es igual unidad mas la tasa anual de incremento de transito, todo esto restado 1.

ESAL

Los indicadores de tráfico de vehículos deben dividirse en carriles designados. El volumen de tráfico del carril diseñado se convierte en una cierta cantidad de ESAL, es decir, la carga equivalente de un solo carril, que es un parámetro utilizado en el diseño de la estructura del pavimento. ESAL es un eje estándar que consta de un eje y dos ruedas en cada extremo.

El ESAL pesa 18.000 lb u 8,2 to 80 kN y está clasificado como 1 para impacto adverso en el pavimento.

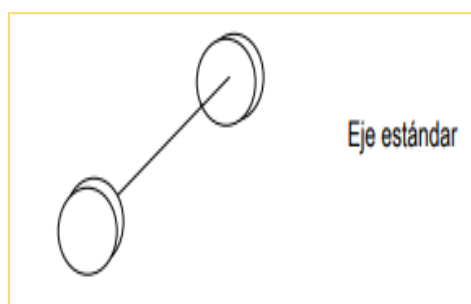


Figura N° 11: Eje Estándar.

Normas

Ficha o formato del MTC

El objetivo de la investigación del tráfico de vehículos era contar, clasificar y contabilizar el número de vehículos que utilizan la ruta del barrio. Esta información se utilizó para determinar los elementos de diseño del pavimento y la evaluación económica del proyecto. Es por ello que es de suma importancia esta ficha puesto que nos ayuda a realizar el buen conteo de las distintas unidades móviles que pasan por nuestra zona de estudio.

Normas Técnicas de Edificación CE.010-Pavimentos Urbanos

Con el fin de garantizar la longevidad y el uso razonable de pavimentos, carreteras y aparcamientos, esta norma establece los requisitos mínimos para el diseño, construcción, reparación, mantenimiento, destrucción y sustitución de pavimentos urbanos desde la perspectiva de la mecánica del suelo y la ingeniería de pavimentos. aceras urbanas sus activos y su rendimiento a lo largo de su vida útil.

La aplicación de esta Norma sólo está permitida dentro de los límites urbanos de todas las ciudades peruanas. Salvo disposición en contrario, esta Norma especifica los estándares mínimos y expectativas para el análisis, diseño, selección de materiales y construcción, así como para el control de calidad e inspección de pavimentos urbanos en general. [39].

Manual de Carreteras-Sección de Suelos y Pavimentos

La sección Suelos y pavimentos de este manual tiene por objeto proporcionar a los ingenieros de los sectores público y privado normas uniformes para suelos y pavimentos a fin de facilitar su uso en el diseño de superficies rodantes en superestructuras y caminos pavimentados y no pavimentados. En este sentido, el manual es una herramienta que siempre estará sujeta a la posibilidad de incorporar actualizaciones, adaptaciones, nuevos métodos y temas, o mejoras a los métodos y temas existentes. Este manual será actualizado por iniciativa del MTC o por sugerencia de terceros. Para tal efecto, el MTC desarrollará procedimientos o lineamientos oficiales que establezcan la forma reglamentada en que los profesionales de operación vial podrán presentar propuestas de cambios o inversiones; y la forma en que el MTC, a través de la Dirección General de

Caminos y Ferrocarriles, evaluará estas propuestas razonadas hasta que sean aprobadas por el MTC para su inclusión.

Un conjunto de criterios para la inspección y evaluación de carreteras (es decir, vías no urbanas). Este estándar se caracteriza por la medición del volumen de tráfico de vehículos y camiones de alta velocidad. Por ello, el diseño y los indicadores de esta guía difieren del análisis de las vías de conexión al estadio en el casco urbano. Por lo tanto, el uso estándar del estudio se evaluará para hacer un diseño preliminar de la calle [23].

Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas -2005

Esta Guía de Diseño de Vías Urbanas contiene los códigos e instrucciones a seguir para diseñar adecuadamente una calle o avenida urbana. Este manual está dividido en quince capítulos, a saber: Introducción, Clasificación de los Sistemas Urbanos, Elementos del Estudio de Factibilidad, Volumen de Tráfico, Velocidad Vehicular y de Diseño, Visibilidad, Alineación Horizontal y Vertical, Geometría de la Sección Transversal, Intersecciones y Cruces, Transporte de Objetos de Tráfico - Peatones -Marque y muestre reglas especiales para el proyecto final. Además, contiene disposiciones relacionadas con la seguridad de los ciudadanos y los vehículos, como los requisitos necesarios para la seguridad de las personas con discapacidad.

Norma Técnica OS.060 Drenaje pluvial urbano

El propósito de esta norma es establecer criterios comunes de diseño que permitan ampliar los proyectos de drenaje de aguas pluviales urbanas, incluida la recolección, el transporte y evacuar a cuencas de captación de aguas pluviales que caen sobre áreas urbanas.

Normas Técnicas para el estudio de mecánica de suelos

- **Contenido de humedad (NTP 339.127).** Prueba uniforme que sólo se aplica a los suelos. Método de ensayo de suelos para hallar sus índices de liquidez, plasticidad y plasticidad.
- **NTP 339.128 - Análisis Granulométrico.** Ensayo normado exclusivamente a los suelos: Método de ensayo para el análisis granulométrico.

- ***NTP 339.129*** - *Límite plástico, límite líquido e índice de plasticidad del suelo.* Método de ensayo para hallar el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad del suelo. Esta prueba sólo es aplicable a los suelos.
- ***NTP 339.131*** - *Peso Específico Relativo de Sólidos.* Ensayo normado exclusivamente a los suelos: Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas de un suelo.
- ***NTP 339.141*** - *Ensayo de Compactación Proctor Modificado.* Ensayo normado exclusivamente a los suelos: Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.

Materiales y métodos

En este proyecto aplicativo se detallará y presentará información del estado en que se encuentra las calles del sector la Molina, para lo cual dicha información se obtuvo de la Municipalidad Distrital de Nueva Cajamarca, además de algunas personas que residen en esta jurisdicción; todo se hizo con el propósito de conocer las condiciones en que se encuentra la zona.

Observación directa: Realizar en campo, en su contexto natural, las visitas necesarias para tomar apuntes, así como las visitas pertinentes a la Municipalidad a la que pertenece este sector.

Análisis de contenido: Se tendrá que estructurar y realizar la interpretación la información obtenida de las fuentes (bibliografías, planos, programas, apuntes, etc.); sin dejar de lado la norma existente y vigente.

Población, muestra

Población

La población que se ha estudiado para este tipo de proyecto aplicativo es:

El Sector La Molina

Coordenadas:

Latitud Sur: 5°55'43.89"S

Longitud Oeste: 77°18'43.47"O

Altitud: 860 msnm

Muestra

Se considera como muestra de estudio a las siguientes calles:

CALLE	ANCHO	LARGO
Jr. Huancavelica	14.50 m	224.5 m
Jr. Ica	15.1 m	224.2 m
Jr. Puno	15.1 m	224.0 m
Jr. Arequipa	14.7 m	224.2 m
Jr. 13 de marzo	12.2 m	608.6 m
Jr. José Olaya	15.2 m	596.4 m
Jr. Francisco Pizarro	12.1 m	582.5 m
Jr. Amauta	15.2 m	567.0 m
Jr. Apurímac	14.50 m	224.5 m
Total	3604.5 m	

Tabla N°06: Calles con ancho y largo.



Figura N°12: Plano de la zona de proyecto.

Estudio Topográfico

Instrumentos de recolección de datos: Estación Total, prisma, brújula, nivel, GPS, wincha, estacas, yeso, libreta de campo, etc.

Primero realizamos un croquis del área de estudio. Después estacionamos el equipo, la Estación Total, para configurarlo y realizar nuestro levantamiento topográfico. Realizamos la medición de nuestros puntos de referencia: BM (se realizó en el Parque).

Medición de la Poligonal principal:

- **Curvas de nivel:** Nos determina el relieve de un terreno mediante cotas, mediante puntos altimétricos y planimétricos.
- **Perfil Longitudinal:** Visualización en corte longitudinal de la orografía del terreno.
- **Nivelación cerrada y corregida:** Determinar la ubicación del BMS en la zona del proyecto, para poder realizar las correcciones adecuadas en posteriores levantamientos topográficos.

Comenzamos a realizar la poligonal que son 20 puntos de control más los BMs, esto teniendo en cuenta para el replanteo y posterior control en la ejecución de obras:

DESCRIPCION	NORTE	ESTE	COTA
BM-1(PL)	9343845.415	244088.231	863.422
BM-3(VER.)	9344086.265	244039.522	862.452
BM-3(PL)	9344459.568	243978.017	861.260
PC-01	9343818.998	244107.786	863.700
PC-02	9343887.040	244191.128	861.721
PC-03	9343931.030	244240.922	862.006
PC-04	9343973.592	244024.426	862.901
PC-05	9344022.424	244124.054	861.800
PC-06	9344050.014	244181.864	861.991
PC-07	9344064.441	243980.152	863.450
PC-08	9344117.272	244078.305	862.014
PC-09	9344145.466	244135.808	862.127
PC-10	9344173.507	243930.577	864.021
PC-11	9344193.046	243979.147	863.474
PC-12	9344247.236	244082.737	862.202
PC-13	9344267.786	243881.681	863.096
PC-14	9344291.507	243929.518	863.096
PC-15	9344345.614	244033.284	861.840
PC-16	9344371.143	243829.981	863.297
PC-17	9344418.640	243919.897	862.470

Tabla N°07: Cambios de Estación.

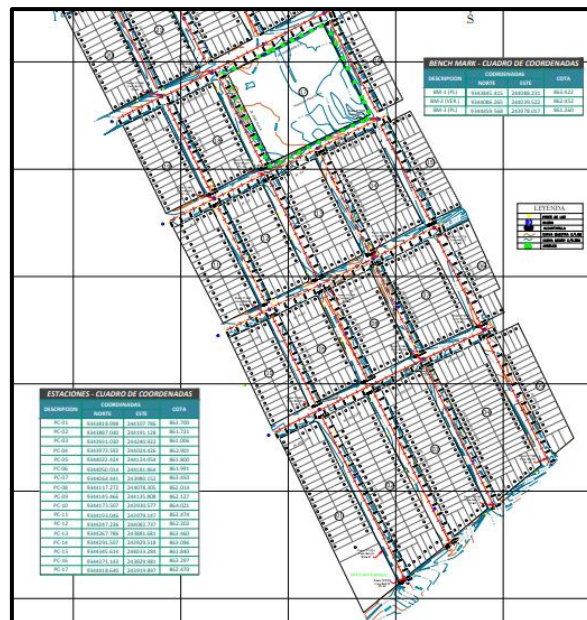


Figura N°13: Ubicación de Puntos Geodésicos y BM.

Tras las mediciones utilizando las BM's establecidas y monumentadas, pasamos al levantamiento taquimétrico de detalle utilizando la Estación Total, que nos proporciona

las lecturas de coordenadas de todos los puntos físicos del terreno para su posterior edición en formato CAD.

Trabajo en Gabinete

Se exportan los puntos de la memoria de la estación al software Civil 3D, para luego determinar la topografía, así como la realización el perfil y las secciones.

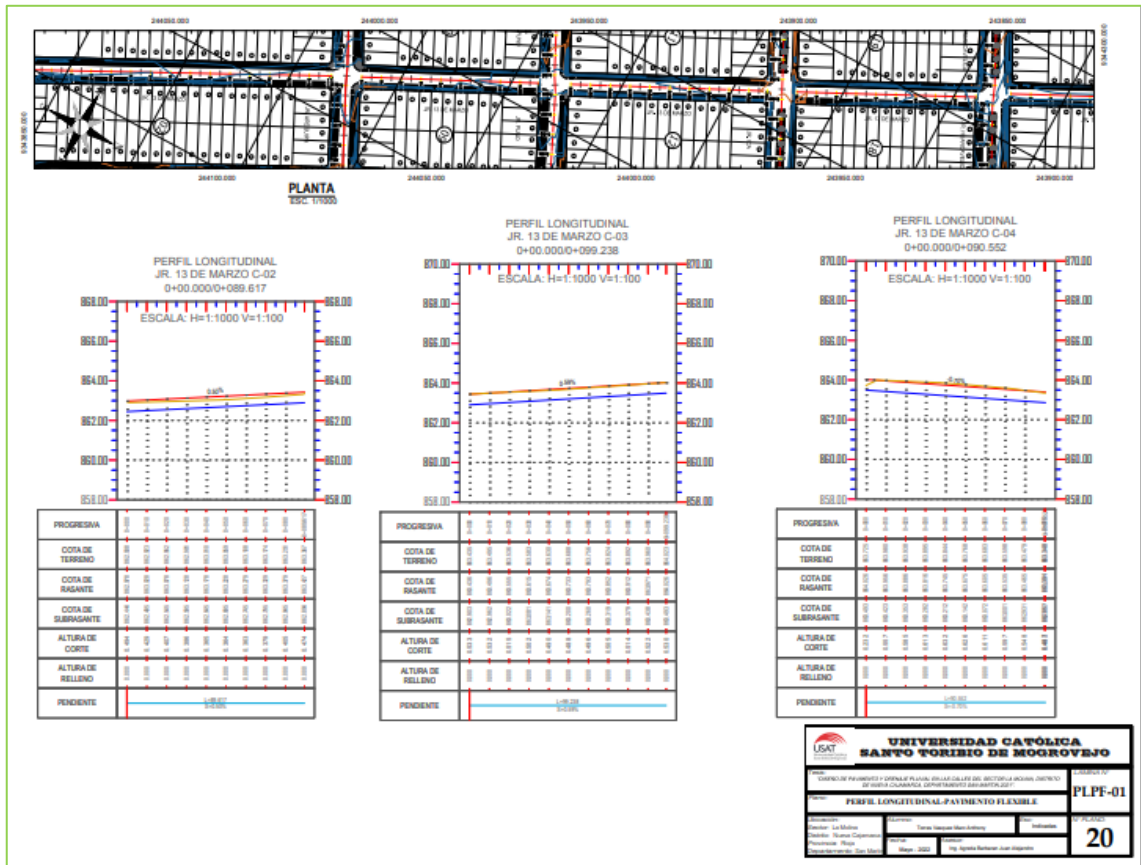


Figura N°14. Perfil Longitudinal Jr. 13 de marzo

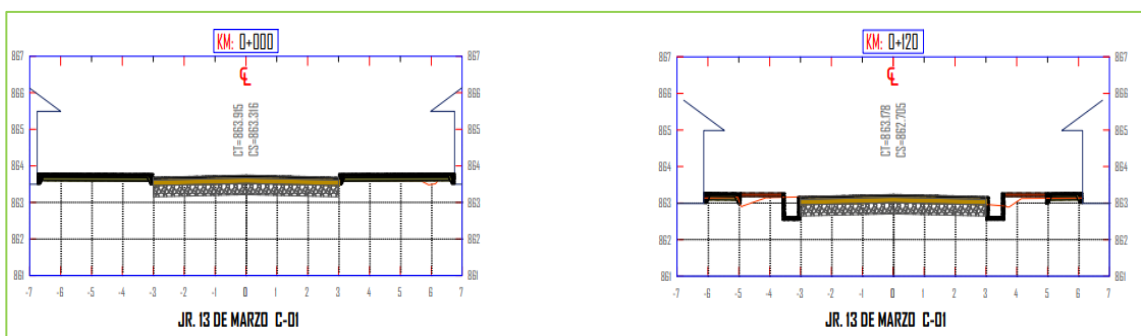


Figura N°15: Secciones transversales Jr. Ica.

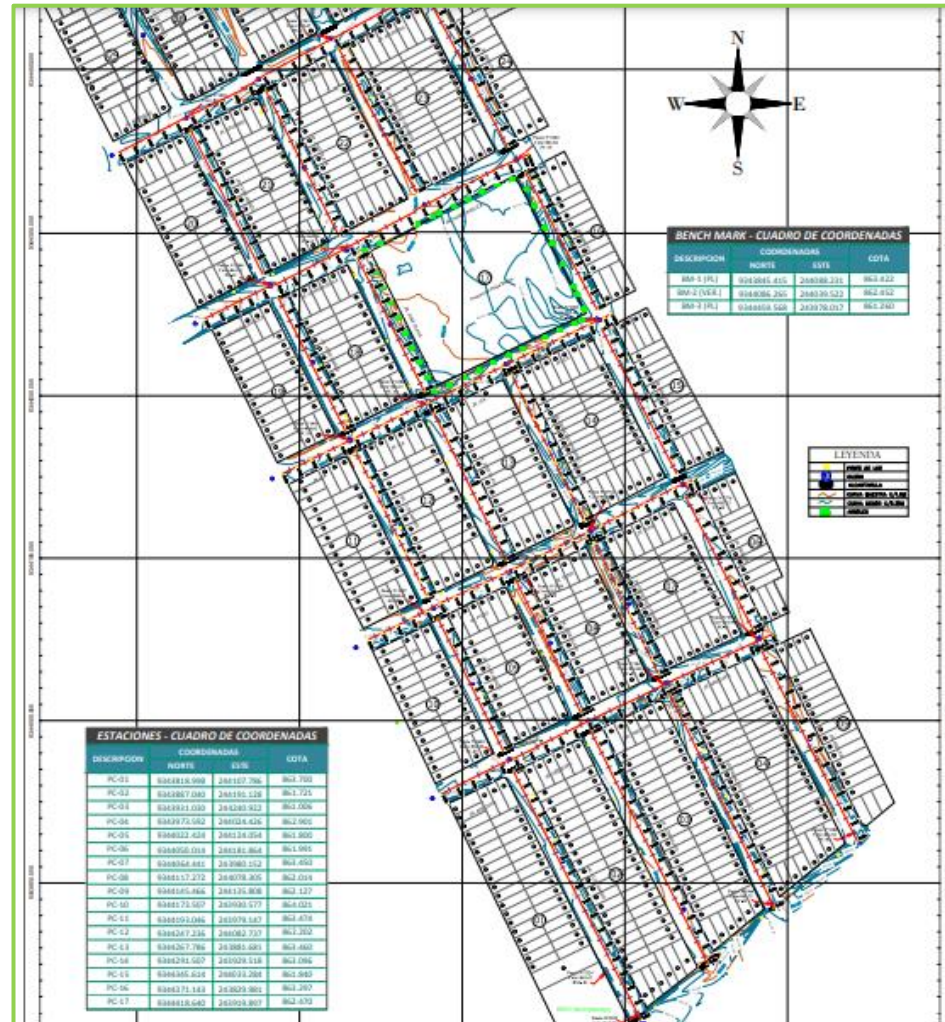


Figura N°16: Planta Topografía.

Estudio de mecánica de suelos

Los trabajos de campo se han dirigido a obtener la información necesaria para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, mediante un programa de exploración directa, con diez sondeos (10 calicatas) a cielo abierto ejecutados de forma que cubran toda la zona de estudio y permitan obtener la conformación litológica de los suelos con suficiente aproximación.

Con el fin de desarrollar la estructura de pavimento rígido y flexible, se recogieron muestras de cada pozo de prueba para realizar ensayos de laboratorio, así como muestras para ensayos C.B.R. (California Bearing Ratio). Con la ayuda de una retroexcavadora, se alcanzaron 1,50 metros de profundidad en los 10 pozos de prueba.

Cada una de las calicatas se codificó de la siguiente manera: C-1, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6, C-7, C-8, C-9 y C-10; representando a las diez calicatas realizadas en la zona del proyecto.

Calicatas:

- C-1: Jr. José Olaya
- C-2: Jr. Ica 01
- C-3: Jr. Amauta
- C-4: Jr. Huancavelica 01
- C-5: Jr. Huancavelica 02
- C-6: Jr. Ica 02
- C-7: Jr. Puno
- C-8: Jr. Arequipa
- C-9: Jr. 13 de marzo
- C-10: Jr. Francisco Pizarro

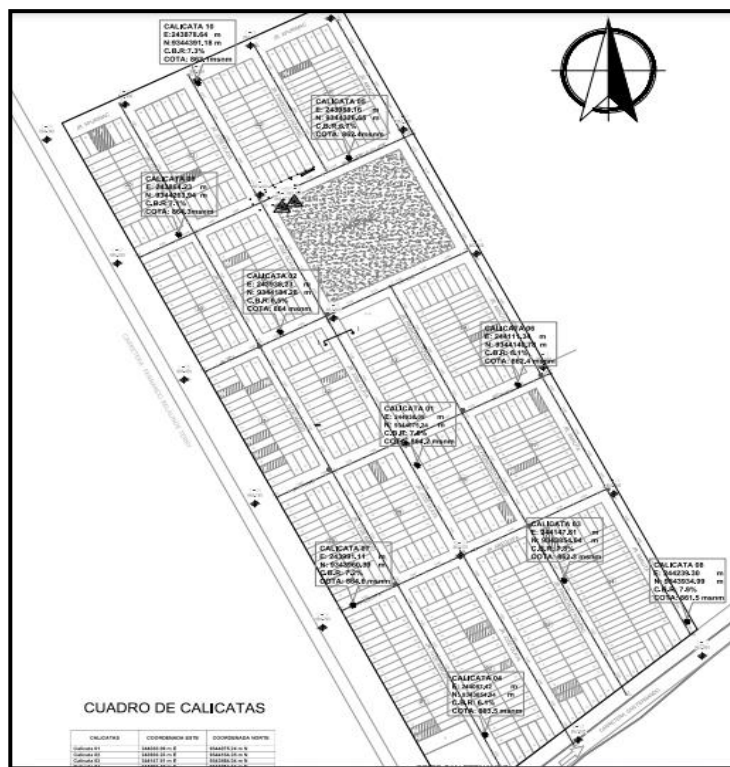


Figura N°17: Ubicación de calicatas.

A continuación, se detalla la localización exacta de las calicatas realizadas, es decir coordenadas este y norte.

<u>CALICATAS</u>	<u>COORDENADA ESTE</u>	<u>COORDENADA NORTE</u>
Calicata 01	244038.09 m E	9344075.24 m N
Calicata 02	243938.23 m E	9344184.28 m N
Calicata 03	244147.81 m E	9343854.04 m N
Calicata 04	244087.42 m E	9343854.04 m N
Calicata 05	243988.16 m E	9344326.65 m N
Calicata 06	244111.34 m E	9344140.78 m N
Calicata 07	243991.11 m E	9343960.39 m N
Calicata 08	244239.30 m E	9343934.99 m N
Calicata 09	243864.23 m E	9344263.94 m N
Calicata 10	243878.64 m E	9344391.18 m N

Tabla N°08: Calicatas y sus coordenadas.

Instrumentos de medición: Tamices, hornos, balanzas, moldes de Proctor y CBR, equipo de límites de Atterberg.

Ensayos en laboratorio

Las muestras de exploración se llevan al laboratorio de ensayos, donde se realizan pruebas para determinar las características físicas y químicas de los suelos o las rocas. Los resultados se describen en el "Informe de pruebas":

- Análisis de granulometría mediante el tamizado
- Límites de Atterberg
- Clasificación del tipo de Suelo
- Humedad Natural
- Proctor Modificado
- California Bearing Ratio (CBR)

Estudio de tráfico vehicular

El estudio de tráfico se hizo teniendo en cuenta la identificación de la calle más transitada, en este caso el Jr. Huancavelica resulta ser el más transitado. Los conteos serán

volumétricos y clasificados por el tipo de vehículo, durante 7 días en horarios de más tráfico vehicular. Mediante una ficha de control del MTC.

Estación de control

A fin de establecer en el sector la Molina, el punto de control del volumen vehicular, se ha determinado que el jirón a analizar es el Jr. Huancavelica que se ubica en el sector la Molina.

Código	Tramo	Ubicación	Periodo (días)	Horas	29	30	31	01	02	03	04
					L	M	M	J	V	S	D
E	Jr. Huancavelica	Sector la Molina	7	24							

Tabla N°09: Tramo desarrollado – Estación de Control.



Figura N°18: Punto de aforo para la medición de tráfico.

Fuente: Google Maps.

Coordenadas del Punto de Aforo
5°55'38.8"S
77°18'47.3"W

Tabla N°10: Coordenadas del Punto de Aforo

Trabajo en gabinete

Se halla el promedio diario anual (IMD), a partir de la masa clasificada promedio de vehículos contados en una semana y el factor de corrección correspondiente al mes en el que se efectuó el conteo y aforado.

El factor de corrección estacional se calcula a partir de la serie anual de datos de tráfico de una unidad de peaje (la unidad de peaje más cercana a la zona) para corregir las variaciones estacionales provocadas por las distintas actividades sociales que se pueden presentar a lo largo del tiempo, como pueden ser, el clima, las vacaciones, las temporadas de cosecha, las celebraciones, las vacaciones escolares y otros acontecimientos que se producen a lo largo del año.

Para el cálculo de factor de corrección mensual (FCm), se obtuvo de la información proporcionada por Provias Nacional-Gerencia de operaciones Zonales, del promedio de los años 2010-2016, de la Unidad de Peaje Aguas Claras (provincia Rioja, departamento San Martín).

La Unidad de Peaje Aguas Claras, se encuentra ubicado en la Carretera Fernando Belaunde Terry KM: 403 + 305, Rioja, dicha Unidad de Peaje es la más distintiva para el sector de estudio.

Checkpoint	Unidad de Peaje Determinada	Código de Checkpoint	Mes	F.C. Vehi. Ligeros	F.C. Vehi. Pesado
Jr. Huancavelica	Aguas Claras	E	Setiembre	1.0069	0.9819

Tabla N°11: Factor de Corrección del mes de Setiembre- Año 2010-2016.

Entran en esta clasificación los siguientes tipos de vehículos: carros-camiones, motocicletas con cabina (mototaxis), camionetas rurales, autobuses de 2 ejes, autobuses de 3 ejes, semirremolques (trylers) y camiones de 3 o más ejes.

Luego con esta información se determina el tipo de pavimento por diferentes metodologías: AASHTO-93, PCA, INSTITUTO DEL ASFALTO, para posteriormente comparar y dar la mejor solución al problema propuesto.

Estudio Hidrológico

Determinamos valores de precipitación de la estación más cercana a la zona del proyecto, en este caso es Naranjillo, que determina el año (1975-2014), mes, día y la precipitación que se llevan a cabo en dicho lugar.

Año	P(máx.) 24h
1991	21.00
1984	25.00
1990	25.00
1992	28.00
1988	30.00
2000	39.00
2004	40.40
2014	41.40
1987	44.00
1986	45.00
2006	47.40
1976	48.00
1999	50.70
1983	53.50
1980	54.00
1982	56.30
1975	58.00
1997	61.00
2012	66.40
2001	67.40
1996	68.00
1998	68.50
2005	68.50
1977	69.50
1995	69.50
1989	70.00
1985	70.30
2011	70.50
2013	71.20
2003	77.70
2009	81.50
1994	82.00
1993	82.50
2002	83.50

2010	85.40
1979	89.00
1978	94.50
2007	101.20
1981	130.50
2008	134.80

Tabla N°12: Estación Naranjillo con sus Precipitaciones.

Fuente: Senamhi.

Distribución de Gumbel de la probabilidad pluviométrica, para luego con estos valores determinar las intensidades máximas(mm/hr).

Cálculo variables probabilísticas	Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias																																								
Promedio $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 64.25 \text{ mm}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Periodo Retorno</th> <th>Variable Reducida</th> <th>Precip. (mm)</th> <th>Prob. de ocurrencia</th> <th>Precip. Corregida (mm)</th> </tr> <tr> <th>Años</th> <th>Y</th> <th>X(mm)</th> <th>F(x)</th> <th>X(mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2</td><td>0.3665</td><td>60.0525</td><td>0.6259</td><td>67.8593</td></tr> <tr><td>5</td><td>1.4999</td><td>82.6470</td><td>0.8779</td><td>93.3911</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.2504</td><td>97.6066</td><td>0.9458</td><td>110.2954</td></tr> <tr><td>25</td><td>3.1985</td><td>116.5080</td><td>0.9811</td><td>131.6540</td></tr> <tr><td>50</td><td>3.9019</td><td>130.5301</td><td>0.9914</td><td>147.4990</td></tr> <tr><td>100</td><td>4.6001</td><td>144.4487</td><td>0.9961</td><td>163.2271</td></tr> </tbody> </table> $F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$	Periodo Retorno	Variable Reducida	Precip. (mm)	Prob. de ocurrencia	Precip. Corregida (mm)	Años	Y	X(mm)	F(x)	X(mm)	2	0.3665	60.0525	0.6259	67.8593	5	1.4999	82.6470	0.8779	93.3911	10	2.2504	97.6066	0.9458	110.2954	25	3.1985	116.5080	0.9811	131.6540	50	3.9019	130.5301	0.9914	147.4990	100	4.6001	144.4487	0.9961	163.2271
Periodo Retorno		Variable Reducida	Precip. (mm)	Prob. de ocurrencia	Precip. Corregida (mm)																																				
Años		Y	X(mm)	F(x)	X(mm)																																				
2		0.3665	60.0525	0.6259	67.8593																																				
5		1.4999	82.6470	0.8779	93.3911																																				
10	2.2504	97.6066	0.9458	110.2954																																					
25	3.1985	116.5080	0.9811	131.6540																																					
50	3.9019	130.5301	0.9914	147.4990																																					
100	4.6001	144.4487	0.9961	163.2271																																					
Desviación estandar $s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 25.57 \text{ mm}$																																									
$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s = 19.93 \text{ mm}$																																									
$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 52.75 \text{ mm}$																																									

Figura N°19: Cálculo de Gumbel de la precipitación diaria máxima para varias frecuencias.

Determinamos la constante de regresión (K) y el coeficiente de regresión (m), para realizar las curvas IDF.

Donde:

I: precipitation intensity (mm/hr)

T: Return period (years)

T: Precipitation duration time

$$i = \frac{135.3537 * T^{0.2181}}{t^{0.5375}}$$

Ecuación N°13: Ec. de la Intensidad.

Frecuencia	Tiempo Retorno	Duración en minutos											
	años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
50	2	66.28	45.67	36.72	31.46	27.91	25.30	23.29	21.68	20.35	19.23	18.27	17.43
20	5	80.95	55.77	44.85	38.42	34.08	30.90	28.44	26.47	24.85	23.48	22.31	21.29
10	10	94.16	64.87	52.17	44.69	39.64	35.94	33.08	30.79	28.90	27.31	25.95	24.76
4	25	114.99	79.22	63.71	54.58	48.41	43.89	40.40	37.60	35.30	33.35	31.69	30.24
2	50	133.75	92.15	74.10	63.49	56.31	51.05	46.99	43.74	41.06	38.80	36.86	35.17
1	100	155.58	107.19	86.20	73.85	65.50	59.39	54.66	50.88	47.76	45.13	42.87	40.91

Tabla N°13: Tiempo de duración vs Tabla de Intensidades.

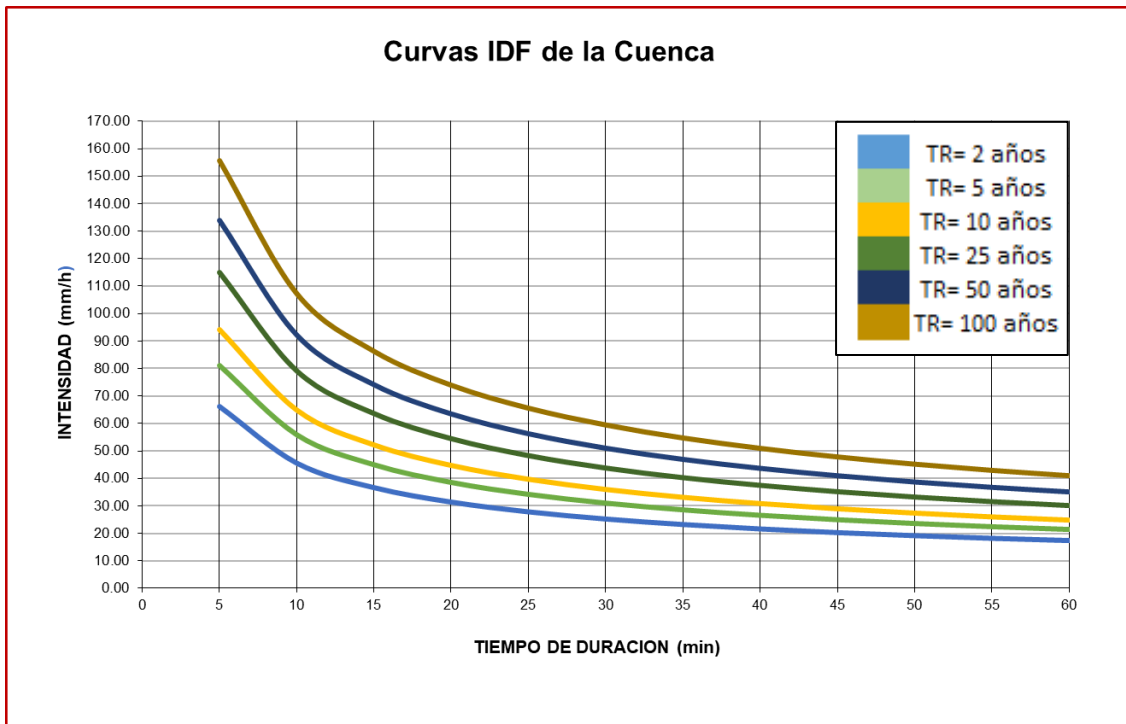


Figura N°20: Curvas I – D – F de la cuenca.

Luego determinamos la Intensidad Máxima a partir del tiempo de concentración y el periodo de retorno.

Realizamos un estudio de cuencas a partir de la delimitación en el Google Earth pro, para luego mediante el programa global Mapper, determinar si aporta caudales al área de estudio.

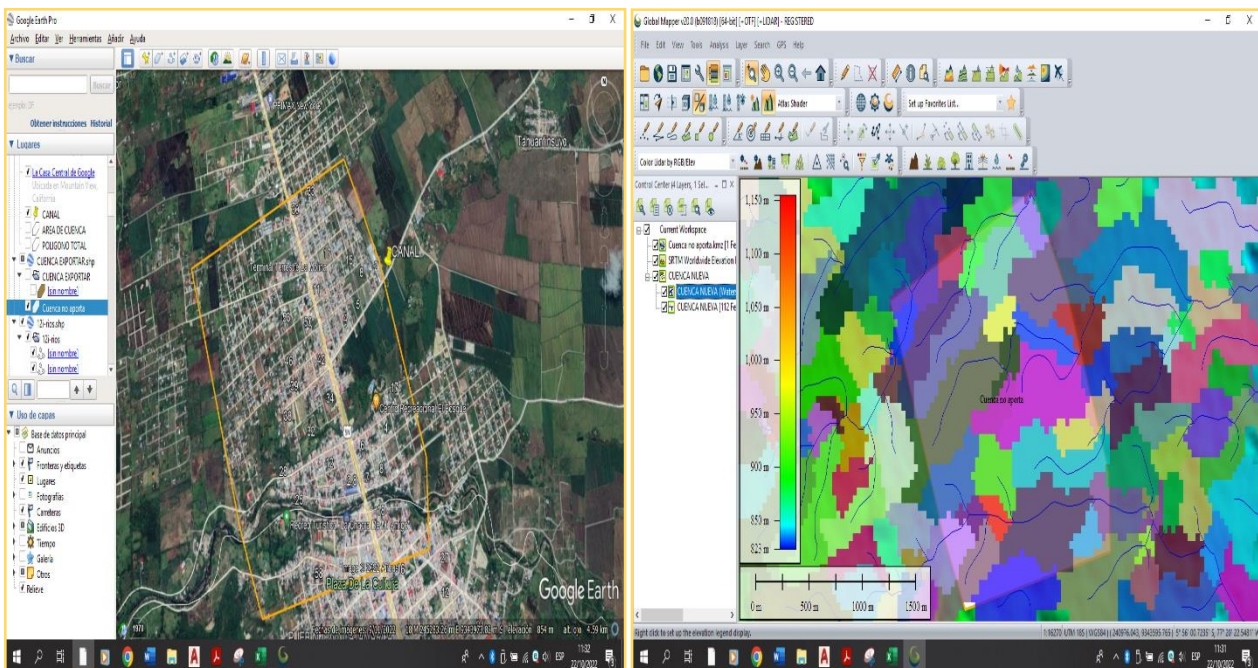


Figura N°21: Aportación de aguas a la zona de proyecto.

Determinamos los caudales de diseño y secciones mediante el método racional.

Evaluación Económica

Realizamos el metrado para cada sección de vía de acuerdo al tipo de pavimento a utilizar. Dentro de esto está incluir el flete terrestre, movilización y desmovilización, desagregado mitigación ambiental, para luego determinar el presupuesto teniendo en cuenta los precios unitarios.

Estudio de Impacto Ambiental

Se hizo el análisis mediante la matriz de Leopold para determinar la magnitud e importancia, partiendo de las acciones que se van a realizar durante la ejecución del proyecto y así poder determinar cuál es su consecuencia dentro de los diferentes factores.

Consideraciones éticas

Las consideraciones éticas en la presente investigación están relacionadas a los valores y principios que caracteriza al investigador como persona y profesional, las cuales cumple con los valores éticos y morales que nos forma la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo a lo largo de la carrera universitaria. Asimismo, es importante mencionar los valores más resaltantes como la responsabilidad, respeto, sinceridad y la honradez, garantizando así el respeto a los aportes de otros investigadores mediante un correcto citado IEEE, así como brindando resultados únicos, las cuales no han pasado alteración alguna.

- Todos los datos son confiables.
- Se ha cumplido con los criterios establecidos por el diseño de investigación de la USAT.

RESULTADOS

Para evaluar el relieve de la zona, se realizó un levantamiento topográfico del sector La Molina del distrito de Nueva Cajamarca (ver Anexos). Además de las cumbres de cada calle, la elevación promedio de la zona sobre el nivel del mar es de 863,24 metros:

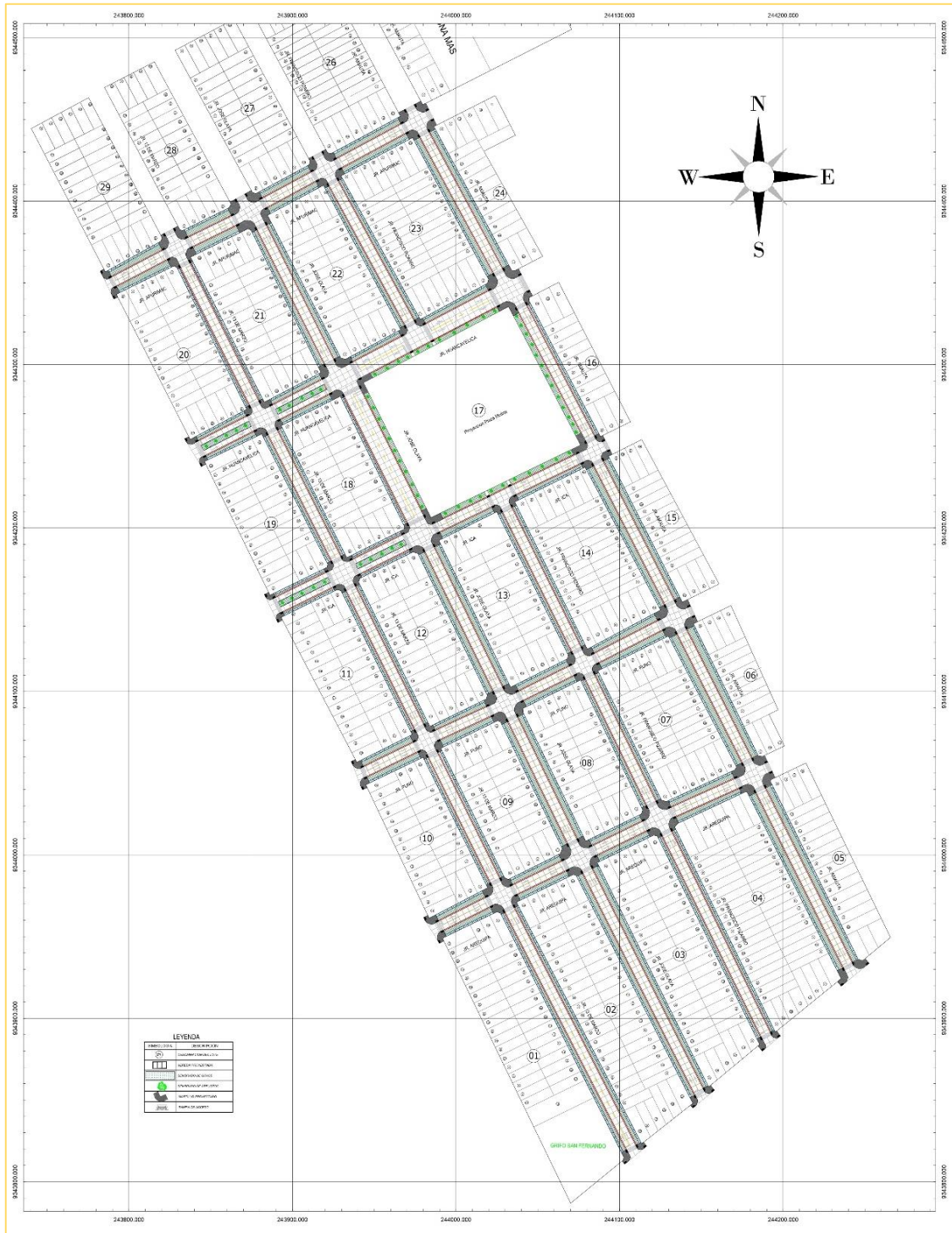


Figura N°22: Planta de la zona de Estudio.

Calles con sus respectivas cotas:

Jr. Apurímac:

Cota más Arriba: 864.30 msnm. Cota menos elevada: 861.84 msnm.

Jr. Huancavelica:

Cota más Arriba: 864.60 msnm. Cota menos elevada: 862.2 msnm.

Jr. Ica:

Cota más Arriba: 864.50 msnm. Cota menos elevada: 862.20 msnm.

Jr. Puno:

Cota más Arriba: 864.40 msnm. Cota menos elevada: 862.13 msnm.

Jr. Arequipa:

Cota más Arriba: 864.40 msnm. Cota menos elevada: 861.99 msnm.

Jr. 13 de marzo:

Cota más Arriba: 863.40 msnm. Cota menos elevada: 862.90 msnm.

Jr. José Olaya:

Cota más Arriba: 863.00 msnm. Cota menos elevada: 862.83 msnm.

Jr. Francisco Pizarro:

Cota más Arriba: 862.43 msnm. Cota menos elevada: 862.12 msnm.

Jr. Amauta:

Cota más Arriba: 861.84 msnm. Cota menos elevada: 861.00 msnm.

A continuación, cotas y coordenadas de los cambios de estaciones:

DESCRIPCION	NORTE	ESTE	COTA
BM-1(PL)	9343845.415	244088.231	863.422
BM-3(VER.)	9344086.265	244039.522	862.452
BM-3(PL)	9344459.568	243978.017	861.260
PC-01	9343818.998	244107.786	863.700
PC-02	9343887.040	244191.128	861.721
PC-03	9343931.030	244240.922	862.006
PC-04	9343973.592	244024.426	862.901
PC-05	9344022.424	244124.054	861.800
PC-06	9344050.014	244181.864	861.991
PC-07	9344064.441	243980.152	863.450
PC-08	9344117.272	244078.305	862.014
PC-09	9344145.466	244135.808	862.127
PC-10	9344173.507	243930.577	864.021
PC-11	9344193.046	243979.147	863.474
PC-12	9344247.236	244082.737	862.202

PC-13	9344267.786	243881.681	863.096
PC-14	9344291.507	243929.518	863.096
PC-15	9344345.614	244033.284	861.840
PC-16	9344371.143	243829.981	863.297
PC-17	9344418.640	243919.897	862.470

Tabla N°14: Cotas y Coordenadas de los Cambios de Estaciones.

Del Análisis de la Mecánica del Suelo (Ver Anexos) relativo al sector La Molina (10 calicatas de metro y medio) se obtuvieron los siguientes datos:

RESULTADO DE LABORATORIO

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	C.B.R (95%)	ANALISIS GRANULOMETRICO		LIMITES ATTTERBERG			CLASIFICACION	
			Pasa 40	Pasa 200	LL	LP	IP	SUCS	AASHTO
C-1	0.30-1.50	7.6	94.47	43.30	33.11	15.82	17.29	SC	A - 6(4)
C-2	0.20-1.50	6.5	79.20	63.72	27.14	18.46	8.68	CL	A - 4(6)
C-3	0.30-1.50	7.8	96.75	49.37	32.82	16.97	15.85	SC	A - 6(5)
C-4	0.40-1.50	6.1	93.71	55.47	18.38	12.77	5.61	CL-ML	A - 4(4)
C-5	0.30-1.50	6.7	96.76	86.99	37.09	22.63	14.46	CL	A - 6(10)
C-6	0.30-1.50	8.1	84.83	38.74	27.98	16.09	11.89	SC	A - 6(1)
C-7	0.40-1.50	7.2	73.94	42.11	20.61	15.11	5.50	SC-SM	A - 4(1)
C-8	0.20-1.50	7.9	59.77	28.25	27.75	14.07	13.68	SC	A - 2 - 6(1)
C-9	0.50-1.50	7.1	81.87	62.39	27.63	18.41	9.22	CL	A - 4(5)
C-10	0.40-1.50	7.3	69.33	42.85	20.15	15.50	4.65	SC-SM	A - 4(2)

Tabla N°15: Cotas y Coordenadas de los Cambios de Estaciones.

A continuación, se detallan la ubicación de las diez calitas realizadas en la zona de proyecto:

CALICATAS

- C-1: Jr. José Olaya
- C-2: Jr. Ica 01
- C-3: Jr. Amauta
- C-4: Jr. Huancavelica 01
- C-5: Jr. Huancavelica 02
- C-6: Jr. Ica 02
- C-7: Jr. Puno
- C-8: Jr. Arequipa
- C-9: Jr. 13 de marzo
- C-10: Jr. Francisco Pizarro

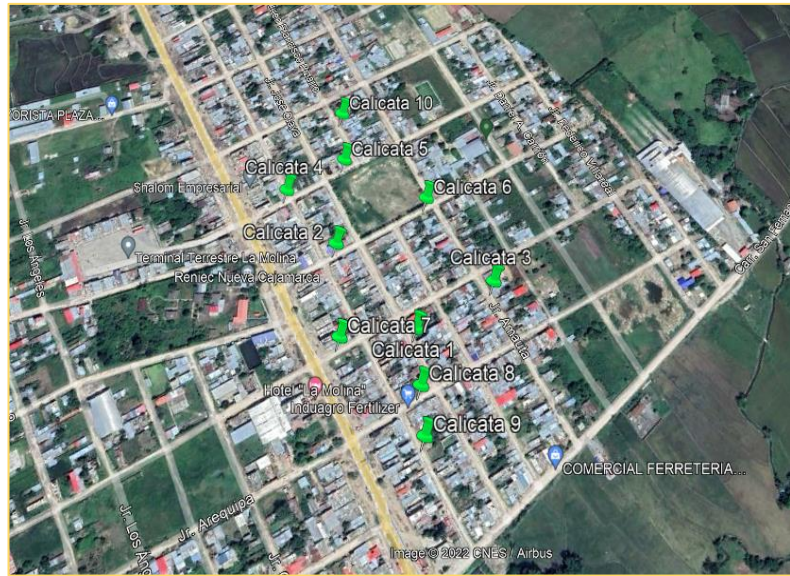


Figura N°23: Calicatas realizadas.

Fuente: Google Earth.

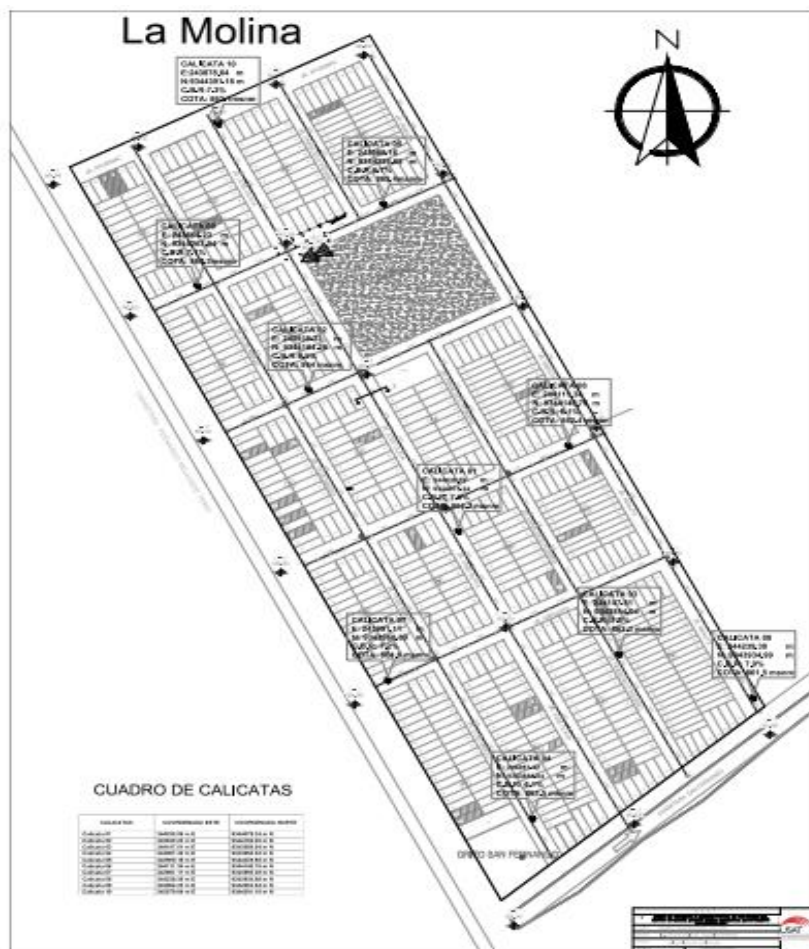


Figura N°24: Plano del posicionamiento de las calicatas realizadas

El estudio de tráfico fue realizado por el estudiante para posteriormente obtener un IMDA a través de los formatos dados por el MTC. Se trabajó por una semana, se hicieron

los conteos en las horas con más flujo vehicular. Teniendo como resultado un ESAL de **1 416 158** vehículos.

Los estudios de tráfico le permiten determinar las calles más transitadas, en este caso mostró que el Jr. Huancavelica es la más activa. Durante 7 días de tráfico de vehículos serán contados en la hora de mayor demanda. Usando el MTC styrebordet.

A fin de establecer el punto de control del volumen vehicular, se ha determinado que el jirón a analizar es el Jr. Huancavelica que se ubica en el sector la Molina.

Código	Tramo	29	30	31	01	02	03	04
		L	M	M	J	V	S	D
E	Jr. Huancavelica							

Tabla N°16: Estación de Control.



Figura N°25: Ubicación del aforo para la medición de tráfico.

Coordenadas del Punto de Aforo

5°55'38.8"S
77°18'47.3"W

En la siguiente tabla se muestra la ficha del conteo de tráfico que se realizó:

Día	Automóvil	Mototaxi	Camionetas			Micro	Omnibus			Camion			Semitrayers						Traylers			
			Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
Lunes 29/03/2021	E	44.00	66.00	99.00	0.00	33.00	0.00	0.00	0.00	33.00	22.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	S	33.00	50.00	72.00	0.00	17.00	0.00	0.00	0.00	17.00	11.00	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Total	77.00	116.00	171.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	50.00	33.00	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Martes 30/03/2021	E	50.00	88.00	50.00	0.00	17.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	S	22.00	72.00	49.00	0.00	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Total	72.00	160.00	99.00	0.00	28.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Miercoles 31/03/2021	E	44.00	77.00	44.00	0.00	11.00	0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	S	28.00	182.00	23.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Total	72.00	259.00	67.00	0.00	11.00	0.00	0.00	0.00	5.00	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Jueves 01/04/2021	E	33.00	132.00	49.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	38.00	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	S	23.00	72.00	23.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	12.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Total	56.00	204.00	72.00	0.00	11.00	0.00	0.00	0.00	50.00	28.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Viernes 02/03/2021	E	38.00	170.00	55.00	0.00	11.00	0.00	0.00	0.00	66.00	22.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	S	28.00	88.00	28.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	22.00	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Total	66.00	258.00	83.00	0.00	17.00	0.00	0.00	0.00	88.00	33.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Sábado 04/04/2021	E	33.00	115.00	38.00	0.00	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	S	6.00	320.00	23.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	28.00	17.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Total	39.00	435.00	61.00	0.00	17.00	0.00	0.00	0.00	28.00	17.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Domingo 05/04/2021	E	33.00	154.00	38.00	0.00	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	S	5.00	320.00	23.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	28.00	17.00	11.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Total	38.00	474.00	61.00	0.00	17.00	0.00	0.00	0.00	28.00	17.00	11.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
IMDs	E	39	115	53	0	14	0	0	0	21	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	S	21	158	34	0	7	0	0	0	15	11	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	60	272	88	0	22	0	0	0	36	20	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
IMDa	E	43	126	59	0	16	0	0	0	21	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	S	23	174	38	0	8	0	0	0	15	11	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total	66	300	97	0	24	0	0	0	36	20	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
2022	Total vehículos	66	300	97	0	24	0	0	0	36	20	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tasa anual de crecimiento Vehiculos livianos	r:	1.49%	$T_n = T_0(1+r)^{n-1}$ <small>T_n = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día T₀ = Tránsito actual (año base) en veh/día n = año futuro de proyección r = tasa anual de crecimiento de tránsito</small>
Tasa anual de crecimiento Vehiculos pesados	r:	3.84%	
Tiempo que pasa del estudio de proyecto hasta la ejecución (años)	n:	1	

Tabla N°17: Ficha del MTC – Jr, Huancavelica.

TIPO DE VEHÍCULO		IMDA	TIPO	NUMERO	CARGA	"f" P.	f. IMDA
		2023	EJE	LLANTAS	EJE Tn		
VEHICULOS LIGEROS	Autos	66.00	S	2	1	0.00052702	0.03478309
		66.00	S	2	1	0.00052702	0.03478309
	Mototaxi	300.00	S	2	1	0.00052702	0.15810497
		300.00	S	2	1	0.00052702	0.15810497
	Pick Up	97.00	S	2	1	0.00052702	0.05112061
		97.00	S	2	1	0.00052702	0.05112061
	Panel	0.00	S	2	1	0.00052702	0
		0.00	S	2	1	0.00052702	0
	Rural	24.00	S	2	1	0.00052702	0.0126484
		24.00	S	2	1	0.00052702	0.0126484
	Micros	0.00	S	2	1	0.00052702	0
		0.00	S	2	1	0.00052702	0
OMNIBUS	2E	0.00	S	2	7	1.26536675	0
		0.00	S	4	11	3.23828696	0
	3E	0.00	S	2	7	1.26536675	0
		0.00	TA	6	16	1.36594455	0
	4E	0.00	TA	4	14	2.19644727	0
		0.00	TA	6	16	1.36594455	0
CAMIÓN	2E	36.00	S	2	7	1.26536675	45.553203
		36.00	S	4	11	3.23828696	116.578331
	3E	20.00	S	2	7	1.26536675	25.307335
		20.00	TA	8	18	2.01921345	40.3842691
	4E	2.00	S	2	7	1.26536675	2.5307335
		2.00	TRID	10	23	1.5081836	3.01636719
SEMITRAYLERS	2S1	4.00	S	2	7	1.26536675	5.06146699
		4.00	S	4	11	3.23828696	12.9531478
		4.00	S	4	11	3.23828696	12.9531478
	2S2	0.00	S	2	7	1.26536675	0
		0.00	S	4	11	3.23828696	0
		0.00	TA	8	18	2.01921345	0
	2S3	0.00	S	2	7	1.26536675	0
		0.00	S	4	11	3.23828696	0
		0.00	TRID	12	25	1.70602625	0
	3S1	0.00	S	2	7	1.26536675	0
		0.00	TA	8	18	2.01921345	0
		0.00	S	4	11	3.23828696	0
	3S2	0.00	S	2	7	1.26536675	0
		0.00	TA	8	18	2.01921345	0
		0.00	TA	8	18	2.01921345	0
	>=S3	0.00	S	2	7	1.26536675	0
		0.00	TA	8	18	2.01921345	0
		0.00	TRID	12	25	1.70602625	0
TRAYLERS	2T2	0.00	S	2	7	1.26536675	0
		0.00	S	4	11	3.23828696	0
		0.00	S	4	11	3.23828696	0
		0.00	S	4	11	3.23828696	0
	2T3	0.00	S	2	7	1.26536675	0
		0.00	S	4	11	3.23828696	0
		0.00	S	4	11	3.23828696	0
		0.00	TA	8	18	2.01921345	0
	3T2	0.00	S	2	7	1.26536675	0
		0.00	TA	8	18	2.01921345	0
		0.00	S	4	11	3.23828696	0
		0.00	S	4	11	3.23828696	0
	>=3T3	0.00	S	2	7	1.26536675	0
		0.00	TA	8	18	2.01921345	0
		0.00	S	4	11	3.23828696	0
		0.00	TA	8	18	2.01921345	0

Tabla N°18: Tabla de Factores para Camiones Pesados.

Con todos los valores anteriores se calcula el ESAL que se utilizará en el diseño del pavimento:

Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados	r:	3.84%
Tiempo de vida útil de pavimento (años)	n:	20
Factor Fca vehículos pesados	Fca	29.30
N° de calzadas, sentidos y carriles por sentido		1 calzada, 2 sentidos, 1 carril por sentido
Factor direccional*Factor carril (Fd*Fc)	Fc*Fd	0.50
Número de ejes equivalentes (ESAL) $\#EE = 365 * (\Sigma f \cdot IMDa) * Fd * Fc * Fca$	ESAL	1 416 158

Tabla N°19: Cálculo del Esal.

Teniendo como resultado final un ESAL de **1 416 158** ejes equivalentes.

Después de realizar los cálculos de diseño de pavimento rígido y flexible por el método AASHTO 93 obtenemos los siguientes resultados:

Para el pavimento flexible mediante metodología Aashto 93, tenemos el siguiente espesor de acuerdo con el CBR que presentan las calles:

Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento		ESAL(W18)=	1416158
Suelo de la Subrasante	$Mr (psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$	CBR=	7.37%
Módulo de resiliencia de la subrasante	$Mr (psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$	MR(psi)=	9171.58
Módulo de resiliencia de la subbase	$Mr (psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$	MR(psi)=	16500.00
Módulo de resiliencia de la base		MR(psi)=	28500.00
Tipo de tráfico		Tipo:	Tp5
Número de etapas		Etapas:	1
Nivel de confiabilidad		Conf:	85.00%
Coficiente estadístico de desviación estandar normal		Z _R =	-1.036
Desviación estandar combinado		So=	0.45
Indice de serviciabilidad inicial según rango de tráfico		Pi=	4
Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico		Pf=	2.5
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico		ΔPSI=	1.5

Tabla N°20: Datos para el diseño del Pavimento Asfalto.

Se ve la representación gráfica de los espesores de los componentes del pavimento flexible:

Asfáltica	3	in
Granular Base	6	in
Granular Sub-base	12	in

Figura N°26: Dimensiones del Pavimento Asfáltico por AASTHO.

Los resultados obtenidos teniendo en cuenta el mínimo CBR de 7.37%, da valores de 12'' para subbase granular, 6'' para base granular y 3'' de capa asfáltica.

Se realizó el diseño del pavimento flexible mediante el Método del Instituto del Asfalto (ver en Anexos), y como resultados tenemos los siguientes:

Carp. Asfáltica	4	in
Granular Base	6.28	in
Granular Sub-base	10.64	in

Figura N°27: Dimensiones del Pavimento Asfáltico – Instituto del Asfalto.

De la misma manera para el pavimento rígido mediante metodología Aashto 93, tenemos los siguientes espesores

Cargas de tráfico de vehículos sobre el pavimento	ESAL(W18)	1 416158	
CBR de la subrasante (%)	CBR	7.37 %	
Resistencia a la compresión del c° (Kg/cm2)	(F'c)	280	
Módulo de elasticidad del c° (PSI)	$E = 57000x(fc)^2 ; (fc \text{ en PSI})$	Ec	3597112.797
Resistencia media del concreto a flexo tracción a los 28 días (Kg/cm2)	Mr	40	
Módulo de reacción de la subrasante (Mpa/m)	Ko	48.00	
CBR mínimo de la subbase (%)	CBR(subB.)	40.0 %	
CBR mínimo de la subbase - definido (%)	CBR DEF.	60.0 %	
Módulo de reacción de la subbase granular (Mpa/m)	K1(subB.)	160.00	

Grosor de la subbase granular indicado por el MTC (cm)	h	15.00
Coefficiente de reacción combinado (Mpa)	Kc	55.72
Tipo de tráfico	Tipo:	TP6
Índice de servicio inicial según rango de tráfico	Pi	4.3
Índice de servicio final según rango de tráfico	Pt	2.5
Diferencial de capacidad de servicio según el rango de tráfico	Δ PSI	1.8
Desviación estándar combinado	So	0.35
Nivel de confiabilidad	conf.	85.0 %
Coefficiente estadístico de desviación estándar normal	ZR	-1.036
Coef de drenaje	cd	1.0
Coefficiente de transmisión de carga en las juntas	J	2.8
Concreto hidráulico con pasadores		

Tabla N°21: Datos para el diseño del Pavimento Rígido – AASTHO.

Se obtuvieron 18cm para la losa de concreto y 15 cm para la subbase granular.

D-0	D-1
18 cm	15 cm
Capa superficial (Losa de concreto)	SubBase Granular

Figura N°28: Dimensiones del Pavimento de Concreto – AASTHO.

En anexos se pueden ver los detalles del diseño realizado.

También se realizó el diseño mediante PCA (ver en Anexos) del pavimento rígido, teniendo estos resultados mostrados a continuación:

Axle load (KIPS)	Multiplied by LSF	Expected repetitions	Fatigue Analysis		Erosion analysis	
			Allowed repetitions	Fatigue percentage	Allowed repetitions	Percentage of damage
1	2	3	4	5	6	7
8. Esfuerzo equivalente		200.71		10. Factor de erosión		2.21
9. Factor de relación de esfuerzos		0.31				
Ejes sencillos						
2.20	2.43	2272.68	Indeterminado	0.00%	Indeterminado	0.00%
15.43	16.98	421961.85	Indeterminado	0.00%	Indeterminado	0.00%
24.25	26.68	784576.98	4000000	19.61%	Indeterminado	0.00%
Ejes tandem						
11. Esfuerzo equivalente		175.85		13. Factor de erosión		2.32
12. Factor de relación de esfuerzos		0.27				

30.86	33.95	0.00	Indeterminado	0.00%	Indeterminado	0.00%
35.27	38.80	0.00	Indeterminado	0.00%	Indeterminado	0.00%
39.68	43.65	369798.56	Indeterminado	0.00%	Indeterminado	0.00%
14. Esfuerzo equivalente		134.57		16. Factor de erosión		2.40
15. Factor de relación de esfuerzos		0.21				
Ejes triden						
50.71	18.59	39411.11	Indeterminado	0.00%	Indeterminado	0.00%
55.12	20.21	0.00	Indeterminado	0.00%	Indeterminado	0.00%
TOTAL				19.61%		0.00%
Verificación				CUMPLE		CUMPLE

Tabla N°22: Datos para el diseño del Pavimento Rígido – PCA.

D-0		D-1	
8.00	pulg	20.32	cm
Capa superficial (Losa de concreto)		SubBase Granular	

Figura N°29: Dimensiones del Pavimento de Concreto – PCA.

Los resultados conseguidos del diseño de pavimento rígido mediante el uso del PCA, da espesores para la Losa de Concreto y la subbase granular de 20.50 y 22.50 centímetros.

Dado que el pavimento necesita una estructura capaz de drenar todas las aguas pluviales que amenazan la zona, el estudio hidrológico de la zona es crucial. Las conclusiones del estudio hidrológico se muestran en la tabla siguiente.

Periodo Retorno	Variable Reducida	Precip. (mm)	Prob. de ocurrencia	Precip. Corregida (mm)
Años	Y	X(mm)	F(x)	X(mm)
2	0.3665	60.0525	0.6259	67.8593
5	1.4999	82.6470	0.8779	93.3911
10	2.2504	97.6066	0.9458	110.2954
25	3.1985	116.5080	0.9811	131.6540
50	3.9019	130.5301	0.9914	147.4990
100	4.6001	144.4487	0.9961	163.2271

Tabla N°23: Cálculo de la precipitación máxima diaria probable para diferentes frecuencias.

Se obtienen resultados de las precipitaciones máximas probables para los distintos periodos de retorno, por ejemplo, una precipitación corregida de 147.499mm para un periodo de retorno de 50 años.

También se obtuvieron intensidades máximas de lluvia según el periodo de retorno y en un cierto tiempo de duración.

Td		Intensidad de las precipitaciones (mm /hr) por periodo de retorno					
Hr	min	2	5	10	25	50	100
24 hr	1440	2.8275	3.8913	4.5956	5.4856	6.1458	6.8011
18 hr	1080	3.3930	4.6696	5.5148	6.5827	7.3750	8.1614
12 hr	720	4.4674	6.1483	7.2611	8.6672	9.7104	10.7458
8 hr	480	5.4287	7.4713	8.8236	10.5323	11.7999	13.0582
6 hr	360	6.3335	8.7165	10.2942	12.2877	13.7666	15.2345
5 hr	300	6.7859	9.3391	11.0295	13.1654	14.7499	16.3227
4 hr	240	7.4645	10.2730	12.1325	14.4819	16.2249	17.9550
3 hr	180	8.5955	11.8295	13.9708	16.6762	18.6832	20.6754
2 hr	120	10.5182	14.4756	17.0958	20.4064	22.8623	25.3002
1 hr	60	16.9648	23.3478	27.5739	32.9135	36.8748	40.8068

Tabla N°24: Intensidades Máximas.

El desarrollo de las curvas IDF es de suma importancia porque muestran que los cambios en la intensidad de la precipitación dependen de diferentes duraciones dependiendo de la probabilidad de cada ocurrencia. Es útil porque la escorrentía en pequeñas cuencas impermeables se puede estimar indirectamente dependiendo de la cantidad de precipitación.

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Tiempo Retorno años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	66.28	45.67	36.72	31.46	27.91	25.30	23.29	21.68	20.35	19.23	18.27	17.43
5	80.95	55.77	44.85	38.42	34.08	30.90	28.44	26.47	24.85	23.48	22.31	21.29
10	94.16	64.87	52.17	44.69	39.64	35.94	33.08	30.79	28.90	27.31	25.95	24.76
25	114.99	79.22	63.71	54.58	48.41	43.89	40.40	37.60	35.30	33.35	31.69	30.24
50	133.75	92.15	74.10	63.49	56.31	51.05	46.99	43.74	41.06	38.80	36.86	35.17
100	155.58	107.19	86.20	73.85	65.50	59.39	54.66	50.88	47.76	45.13	42.87	40.91

Tabla N°25: Tabla de Intensidades.

Recorrido	L(m)	Cotas		Desnivel	Tiempo de Concentración	
		Inicial	Final		Kirpich	Corrección (0.4* T_c)
JR. JOSE OLEYA	618	862.78	862.00	0.781	35.83	14.33

Tabla N°26: Datos para la máxima intensidad.

$$i = \frac{135.3537 * T^{0.2181}}{t^{0.5375}}$$

Aplicando el Método de Gumbel la Int. Máx. de diseño tuvo valor 64.87 mm/hr.

Se construyó el hietograma para un periodo de retorno de 10 años, con los siguientes datos:

HIETOGRAMA (RETURN PERIOD T=10 YEARS)

Storm duration (h)	0.17
Rainfall intensity (mm/h)	64.87
Precipitation in 24 hours (mm)	10.81
Time intervals (min)	5

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Intervalo (min)	I (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
5	94.16	7.85	7.85	0.98	11.72
10	64.87	10.81	2.97	1.08	12.99
15	52.17	13.04	2.23	1.23	14.75
20	44.69	14.90	1.86	1.45	17.44
25	39.64	16.52	1.62	1.86	22.27
30	35.94	17.97	1.45	2.97	35.58
35	33.08	19.30	1.33	7.85	94.16
40	30.79	20.53	1.23	2.23	26.76
45	28.90	21.68	1.15	1.62	19.43
50	27.31	22.76	1.08	1.33	15.93
55	25.95	23.78	1.03	1.15	13.79
60	24.76	24.76	0.98	1.03	12.31

Tabla N°27: Datos para el Hietograma.

Finalmente se graficaron los datos y se obtuvo el siguiente hietograma con un pico de 94.16 mm en el instante de 35 min.

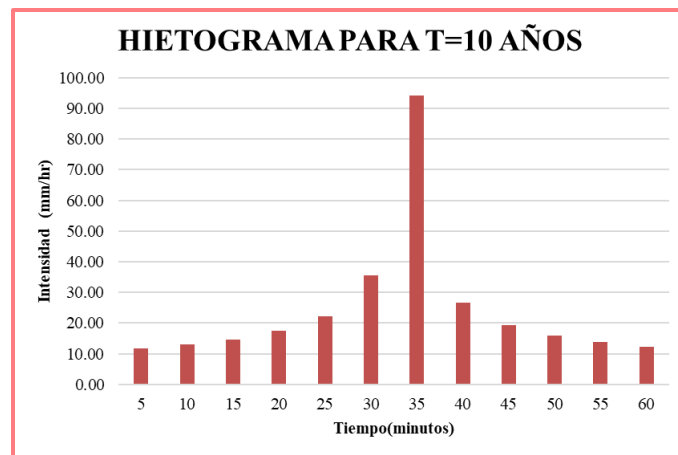


Figura N°30: Hietograma.

Se utilizó el Método de Gumbel para examinar los datos del SENAMHI como antecedente para el análisis de diseño del sistema de drenaje pluvial urbano de la zona, arrojando una Intensidad Máxima de Diseño de 64.87 mm/hr. Para que estos fluidos

lleguen a detenerse finalmente en el canal Michuco, situado a una altitud de 859.55 m sobre el nivel del mar, se estimaron los caudales circulantes potenciales por pavimento, con un valor máximo de 0.3393 m³/s.

A continuación, tenemos el cálculo de caudales circulantes mediante Método Racional:

Tenemos como resultado, el diseño de las cunetas rectangulares:

Dividimos el área de estudio en cuatro zonas: Zona A, B,C y D; cada una de ellas es una microcuenca y se analiza sus distintas propiedades y se diseñan las dimensiones de las cunetas.

Zona B												
Cuenca (N°)	Calle	Techos		Calle Impermeable		Calle Permeable		Área Verde		Área Total	C Promedio	S (%)
		Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C			
01	Huancavelica C-1	2507.80	0.83	1501.83	0.83	1597.19	0.55	61.19	0.15	5668.01	0.74	2.56
02	Ica C-1	2408.05	0.83	1394.33	0.83	1516.28	0.81	64.91	0.15	5383.57	0.82	1.26
03	13 De Marzo C-4	2421.43	0.83	1240.69	0.83	0.00	0.81	0.00	0.15	3662.12	0.83	0.70
04	Huancavelica C-2	1210.33	0.83	770.29	0.83	0.00	0.81	60.37	0.15	2040.98	0.81	0.83
05	Ica C-2	1195.24	0.83	654.70	0.83	0.00	0.81	60.68	0.15	1910.63	0.81	1.21
06	Jose Olaya C-4	1214.98	0.83	1171.50	0.83	2208.75	0.37	451.57	0.15	5046.79	0.57	0.46
07	Ica C-3	1324.10	0.83	1146.26	0.83	2257.50	0.37	481.51	0.15	5209.36	0.57	1.14
08	Huancavelica C-3	1474.00	0.83	1718.60	0.83	2195.15	0.37	471.93	0.15	5859.68	0.60	0.86
09	Amauta C-4	1241.05	0.83	1155.49	0.83	2257.52	0.37	458.59	0.15	5112.65	0.57	0.19

Tabla N°28: Propiedades Físicas de las Microcuencas.

ZONA C									
Cuenca (N°)	Calle	Área Total	C Promedio	S (%)	Caudal (m ³ /s)	Q Cuneta (m ³ /s)	Q Cuneta (m ³ /s)	Sección Interna De Cuneta	
								H(m)	B(m)
01	HUANCAVELICA C-1	5668.01	0.74	2.56	0.0760	0.0760	0.0760	0.20	0.40
02	ICA C-1	5383.57	0.82	1.26	0.0792	0.0792	0.0792	0.20	0.40
03	13 DE MARZO C-4	3662.12	0.83	0.70	0.0548	0.0548	0.0548	0.20	0.40
04	HUANCAVELICA C-2	2040.98	0.81	0.83	0.0298	0.0298	0.1057	0.30	0.40
05	ICA C-2	1910.63	0.81	1.21	0.0278	0.0278	0.1070	0.30	0.40
06	JOSE OLAYA C-4	5046.79	0.57	0.5	0.0516	0.0516	0.0516	0.20	0.40
07	ICA C-3	5209.36	0.57	1.14	0.0533	0.0533	0.1603	0.30	0.40
08	HUANCAVELICA C-3	5859.68	0.60	0.86	0.0637	0.0637	0.2210	0.50	0.40

09	AMAUTA C-4	5112.65	0.57	0.5	0.0521	0.0521	0.2124	0.50	0.40
----	------------	---------	------	-----	--------	--------	--------	------	------

Tabla N°29: Diseño de cunetas de concreto.

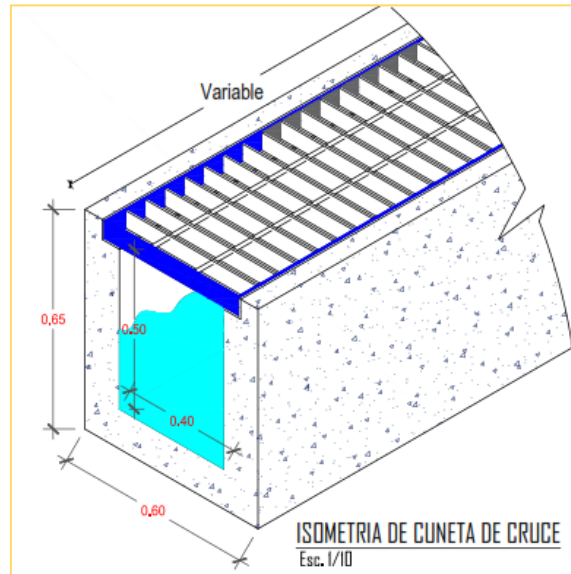


Figura N°31: Dimensionamiento de Cunetas.

Se procedió con el diseño estructural de las cunetas teniendo en cuenta datos como el tirante del agua, la sobrecarga, las dimensiones y el peso propio de estas. Se obtuvieron resultados de aceros de 3/8” tanto como para el acero principal y el de temperatura, ya que los momentos no son demasiado grandes.

RESUMEN DE ACEROS EN CUNETETA	
Tipo de Acero	Muros y Losa
Acero principal	Ø 3/8" @ 0.22.5cm
Acero Temperatura	Ø 3/8" @ 0.275cm

Tabla N°30: Aceros en cunetas de concreto.

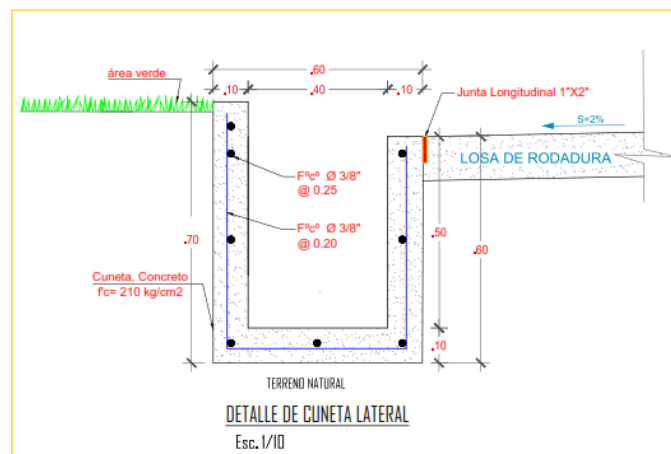


Figura N°32: Refuerzo de Acero en Cunetas.

Se muestran los resultados de los Metrados, Presupuesto, ACU, Insumos que se realizó para el Pavi. Flexible y el Pavi. Rígido:

PLANILLA DE METRADOS SUSTENTADOS - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO :	DISEÑO DE PAVIMENTO Y DRENAJE PLUVIAL EN LAS CALLES DEL SECTOR LA MOLINA, DISTRITO NUEVA CAJAMARCA, DEPARTAMENTO SAN MARTIN 2021
UBICACION :	DISTRITO DE NUEVA CAJAMARCA
FECHA :	2022
RESPONSABLE :	TORRES VASQUEZ MARC ANTHONY
ASESOR :	Ing. AGREDA BARBARAN JUAN ALEJANDRO

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO
01.00.	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, S.S.		
02.00.	DRENAJE PLUVIAL Y PAVIMENTACIÓN		
02.01.00	DRENAJE PLUVIAL		
02.02.00	PAVIMENTACIÓN FLEX.		
02.03.00	VEREDAS		
02.04.00	MARTILLOS		
02.05.00	RAMPAS		
02.06.00	OTROS		
03.00.00.	OBRAS COMPLEMENTARIAS		
04.00.00.	MITIGACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL		

Tabla N°31: Metrados – Pavimento Flexible.

Presupuesto

Presupuesto	2201001	DISEÑO DE PAVIMENTO Y DRENAJE PLUVIAL EN LAS CALLES DEL SECTOR LA MOLINA, DISTRITO NUEVA CAJAMARCA, DEPARTAMENTO SAN MARTIN 2021			
Subpresupuest	002	PAVIMENTO FLEXIBLE			
Cliente	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE NUEVA CAJAMARCA			Costo al	26/05/2023
Lugar	SAN MARTIN - RIOJA - NUEVA CAJAMARCA				

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD				79,820.87
01.01	OBRAS PROVISIONALES				38,904.46
01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS				21,100.00
01.02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS	gib	1.00	21,100.00	21,100.00
01.03	SEGURIDAD Y SALUD				19,816.41
02	DRENAJE PLUVIAL Y PAVIMENTACIÓN				5,915,156.01
02.01	DRENAJE PLUVIAL				2,185,030.50
02.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				20,749.44
02.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				243,517.33
02.01.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				1,920,763.73
02.02	PAVIMENTACIÓN FLEXIBLE				2,622,973.09
02.02.01	TRABAJOS PRELIMINARES				89,488.98
02.02.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				440,678.80
02.02.03	PAVIMENTO FLEXIBLE				2,059,082.87
02.02.04	PINTURA				33,722.44
02.03	VEREDAS				737,928.16
02.03.01	TRABAJOS PRELIMINARES				737,928.16
02.03.01.03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				184,017.50
02.03.01.04	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				528,434.34
02.04	MARTILLOS				242,901.42
02.04.01	TRABAJOS PRELIMINARES				12,216.32
02.04.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				88,239.71
02.04.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				142,445.39
02.05	RAMPAS				46,580.85
02.05.01	TRABAJOS PRELIMINARES				1,396.99
02.05.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				6,129.79
02.05.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				39,054.07
02.06	OTROS				79,741.99
02.06.01	CURADO DE CONCRETO				77,369.11
02.06.02	SEÑALIZACIÓN				2,372.88
03	OBRAS COMPLEMENTARIAS				43,941.06
04	MITIGACIÓN AMBIENTAL				17,500.00
	COSTO DIRECTO				6,056,417.94
	GASTOS GENERALES (10%)				605,641.79
	UTILIDAD (7%)				423,949.26
	=====				=====
	SUB TOTAL				7,086,008.99
	IGV (18%)				1,275,481.62
	PRESUPUESTO TOTAL				8,361,490.61

SON : OCHO MILLONES TRESCIENTOS SESENTIUN MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y 61/100 SOLES

Figura N°33: Presupuesto del Pavimento Flexible.

Se obtuvo un presupuesto de OCHO MILLONES TRESCIENTOS SESENTIUN MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y 61/100 SOLES, para el pavimento flexible.

Partida	02.02.03.03	CARPETA ASFÁLTICA					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m2			36.66
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.0107	26.22	0.28	
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0107	20.60	0.22	
0101010005	PEON	hh	8.0000	0.0427	18.65	0.80	
1.30							
Materiales							
0201050005	MEZCLA ASFALTICA	m3		0.0650	420.00	27.30	
0201050007	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA A OBRA	m3		0.0650	85.00	5.53	
32.83							
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.30	0.04	
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7- 9 ton	hm	1.0000	0.0053	180.00	0.95	
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0053	140.00	0.74	
03013900020003	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 58-70 HP	hm	1.0000	0.0053	150.00	0.80	
2.53							

Figura N°34: Análisis de Costos Unitarios del Pavimento Flexible

CALCULO DE FLETE TERRESTRE				
“DISEÑO DE PAVIMENTO Y DRENAJE PLUVIAL EN LAS CALLES DEL SECTOR LA MOLINA, DISTRITO NUEVA CAJAMARCA, DEPARTAMENTO SAN MARTIN 2021”				
UBICACIÓN:				
LOCALIDAD	:		PROVINCIA	: RIOJA
DISTRITO	:	NUEVA CAJAMARCA	DEPARTAMENTO	: SAN MARTÍN
A.- POR PESO				
MATERIALES	UND.	CANTIDAD	PESO UNIT.	PESO TOTAL
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg	2,053.66	1.00	2,053.66
CLAVOS	kg	2,060.16	1.00	2,060.16
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL	16,384.69	42.50	696,349.30
PINTURA	gln	59.58	4.00	238.32
MADERA TORNILLO	p2	53,329.10	0.50	26,664.55
YESO	Bol	872.24	28.00	24,422.81
REJILLA METALICA	m	4,454.10	25.42	113,223.22
ASFALTO LIQUIDO MC-30	gln	6,954.59	8.92	62,034.91
OTROS	kg	1,000.00	1.00	1,000.00
PESO TOTAL				928,046.94
COSTO DE FLETE RURAL POR KG				0.03 S/.
COSTO DE FLETE RURAL POR PESO				27,841.41
1- FLETE TERRESTRE				
TIPO DE CAMION	PESO/ VOLUMEN	COSTO TRASLADO	FLETE	
FLETE TERRESTRE POR PESO	928,046.94	0.03	27,841.41	
FLETE TERRESTRE			27,841.41	

Figura N°35: Cálculo del Flete Pavimento Flexible.

PLANILLA DE METRADOS SUSTENTADOS - PAVIMENTO RIGIDO	
PROYECTO :	DISEÑO DE PAVIMENTO Y DRENAJE PLUVIAL EN LAS CALLES DEL SECTOR LA MOLINA, DISTRITO NUEVA CAJAMARCA, DEPARTAMENTO SAN MARTIN 2021

UBICACION :	DISTRITO DE NUEVA CAJAMARCA
FECHA :	2022
RESPONSABLE :	TORRES VASQUEZ MARC ANTHONY
ASESOR :	Ing. AGREDA BARBARAN JUAN ALEJANDRO

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO
01.00.	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD		
02.00.	DRENAJE PLUVIAL Y PAVIMENTACIÓN		
02.01.00	DRENAJE PLUVIAL		
02.02.00	PAVIMENTACIÓN RÍGIDA		
02.03.00	VEREDAS		
02.04.00	MARTILLOS		
02.05.00	RAMPAS		
02.06.00	OTROS		
03.00.00.	OBRAS COMPLEMENTARIAS		
04.00.00.	MITIGACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL		

Tabla N°32: Metrados – Pavimento Rígido.

Presupuesto

Presupuesto	2201001	DISEÑO DE PAVIMENTO Y DRENAJE PLUVIAL EN LAS CALLES DEL SECTOR LA MOLINA, DISTRITO NUEVA CAJAMARCA, DEPARTAMENTO SAN MARTIN 2021			
Subpresupuest	001	PAVIMENTO RÍGIDO			
Cliente	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE NUEVA CAJAMARCA			Costo al	26/05/2023
Lugar	SAN MARTIN - RIOJA - NUEVA CAJAMARCA				

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD				78,120.87
01.01	OBRAS PROVISIONALES				38,904.46
01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS				19,400.00
01.03	SEGURIDAD Y SALUD				19,816.41
02	DRENAJE PLUVIAL Y PAVIMENTACIÓN				7,631,831.54
02.01	DRENAJE PLUVIAL				2,185,030.50
02.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				20,749.44
02.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				243,517.33
02.01.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				1,920,763.73
02.02	PAVIMENTACIÓN RÍGIDA				4,339,648.62
02.02.01	TRABAJOS PRELIMINARES				89,488.98
02.02.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				1,733,250.93
02.02.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				2,483,186.27
02.02.04	PINTURA				33,722.44
02.03	VEREDAS				737,928.16
02.03.01	TRABAJOS PRELIMINARES				737,928.16
02.03.01.03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				184,017.50
02.03.01.04	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				528,434.34
02.04	MARTILLOS				242,901.42
02.04.01	TRABAJOS PRELIMINARES				12,216.32
02.04.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				88,239.71
02.04.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				142,445.39
02.05	RAMPAS				46,580.85
02.05.01	TRABAJOS PRELIMINARES				1,396.99
02.05.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				6,129.79
02.05.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				39,054.07
02.06	OTROS				79,741.99
02.06.01	CURADO DE CONCRETO				77,369.11
02.06.02	SEÑALIZACIÓN				2,372.88
03	OBRAS COMPLEMENTARIAS				90,124.06
04	MITIGACIÓN AMBIENTAL				17,500.00
04.01	MITGACIÓN AMBIENTAL	glb	1.00	17,500.00	17,500.00
	COSTO DIRECTO				7,817,576.47
	GASTOS GENERALES (10%)				781,757.65
	UTILIDAD (7%)				547,230.35
	=====				=====
	SUB TOTAL				9,146,564.47
	IGV (18%)				1,646,381.60
	PRESUPUESTO TOTAL				10,792,946.07

SON : DIEZ MILLONES SETECIENTOS NOVENTIDOS MIL NOVECIENTOS CUARENTISEIS Y 07/100 SOLES

Figura N°36: Presupuesto del Pavimento Rígido.

Se obtuvo un presupuesto de DIEZ MILLONES SETECIENTOS NOVENTIDOS MIL NOVECIENTOS CUARENTISEIS Y 07/100 SOLES, para el pavimento rígido.

CALCULO DE FLETE TERRESTRE				
“DISEÑO DE PAVIMENTO Y DRENAJE PLUVIAL EN LAS CALLES DEL SECTOR LA MOLINA, DISTRITO NUEVA CAJAMARCA, DEPARTAMENTO SAN MARTIN 2021”				
UBICACIÓN:				
LOCALIDAD	:		PROVINCIA	: RIOJA
DISTRITO	:	NUEVA CAJAMARCA	DEPARTAMENTO	: SAN MARTÍN
A.- POR PESO				
MATERIALES	UND.	CANTIDAD	PESO UNIT.	PESO TOTAL
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg	2,324.50	1.00	2,324.50
ACERO LISO DE 3/4"	kg	27,678.84	1.00	27,678.84
ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60	kg	3,679.20	1.00	3,679.20
CLAVOS	kg	2,120.76	1.00	2,120.76
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL	53,004.13	42.50	2,252,675.44
PINTURA	gln	59.58	4.00	238.32
MADERA TORNILLO	p2	55,147.10	0.50	27,573.55
YESO	Bol	872.24	28.00	24,422.81
REJILLA METALICA	m	4,454.10	25.42	113,223.22
ASFALTO LIQUIDO MC-30	gln	1,518.34	8.92	13,543.59
PESO TOTAL				2,467,480.25 KG
COSTO DE FLETE RURAL POR KG				0.03 S/.
COSTO DE FLETE RURAL POR PESO				74,024.41
1- FLETE TERRESTRE				
TIPO DE CAMION	PESO/ VOLUMEN	COSTO TRASLADO	FLETE	
FLETE TERRESTRE POR PESO	2,467,480.25	0.03	74,024.41	
FLETE TERRESTRE			74,024.41	

Figura N°37: Cálculo del Flete Pavimento Rígido.

Partida	02.02.03.01 CONCRETO EN PAVIMENTO RÍGIDO, F'C=210 KG/CM						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 14.0000	EQ. 14.0000	Costo unitario directo por : m3			493.60
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.1429	26.22	29.97	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.5714	20.60	11.77	
0101010005	PEON	hh	10.0000	5.7143	18.65	106.57	
							148.31
Materiales							
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3		0.5300	55.00	29.15	
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.5200	72.03	37.46	
0207070002	AGUA	m3		0.1860	4.24	0.79	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.7300	24.58	239.16	
							306.56
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	148.31	4.45	
03012900010008	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP-2.40"	hm	1.0000	0.5714	30.00	17.14	
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.5714	30.00	17.14	
							38.73

Figura N°38: Análisis de Costos Unitarios del Pavimento Rígido.

La duración de la construcción para el pavimento rígido es de 211 días calendario.

Se elaboraron los planos de la pavimentación a realizar teniendo en cuenta la topografía y los criterios de diseño adecuados para el proyecto.

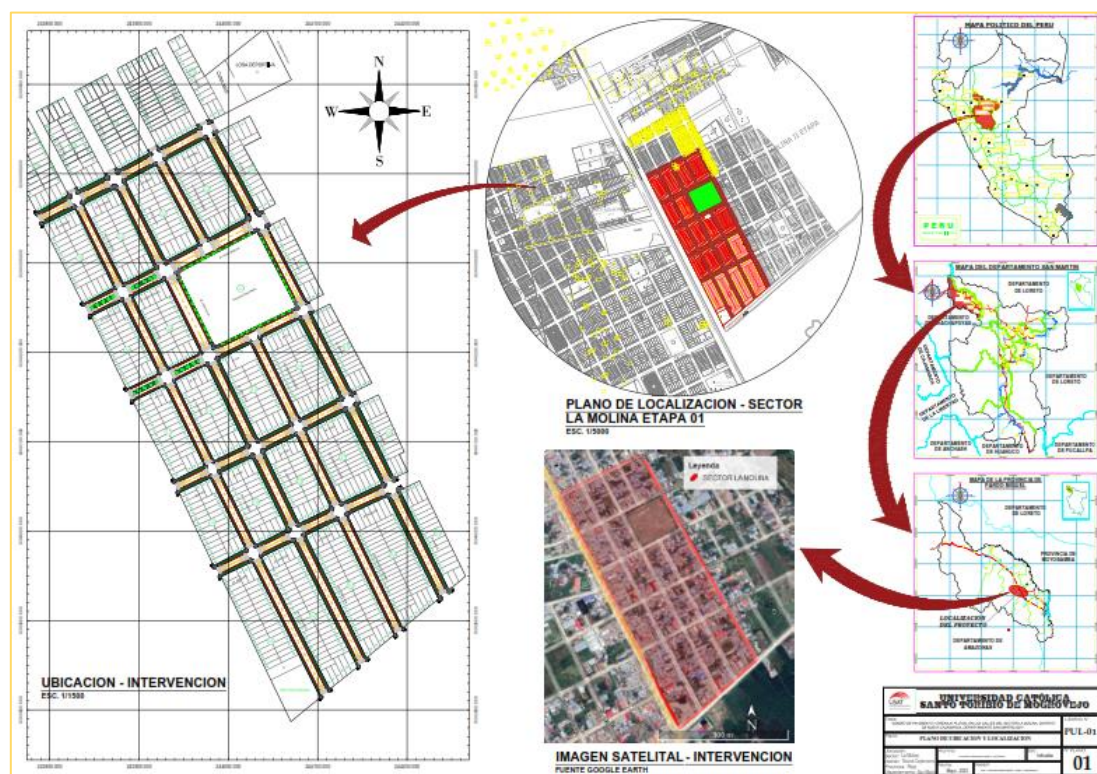


Figura N°39: Plano de Ubicación del Proyecto.

Así mismo también se desarrollaron todos los planos de topografía correspondientes y los planos de perfiles longitudinales y cortes respectivos para todas y cada una de las calles a pavimentar, tanto en pavimento rígido como en pavimento flexible.

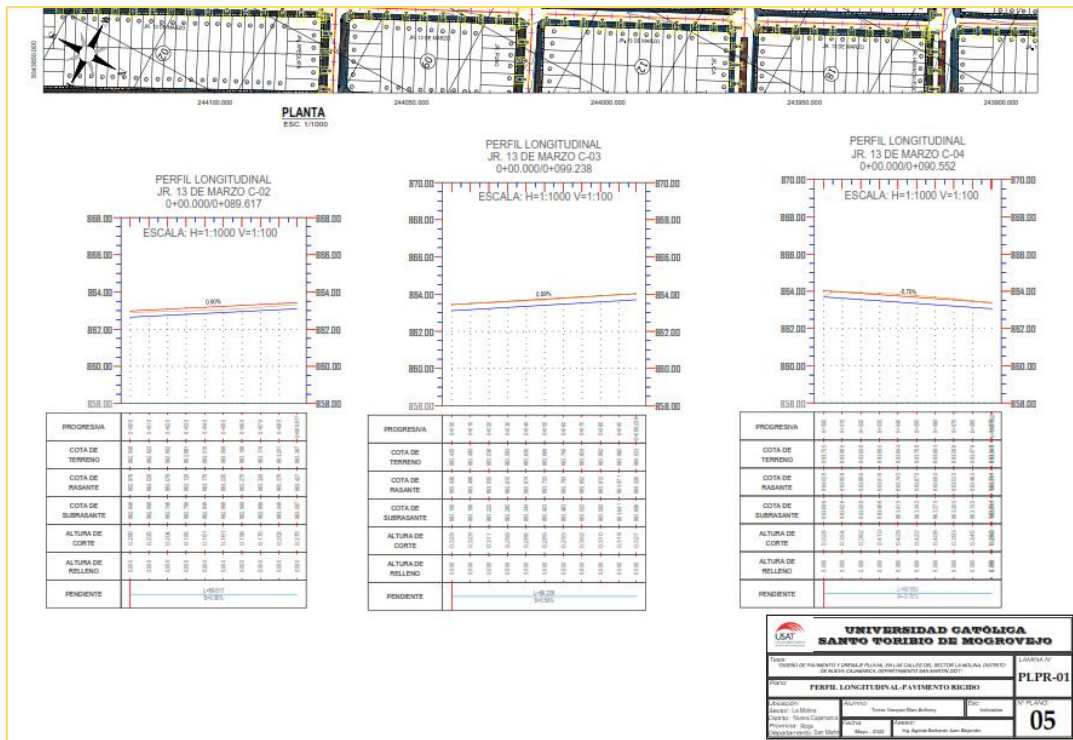


Figura N°40: Plano de Perfiles Longitudinales al Pavimento.

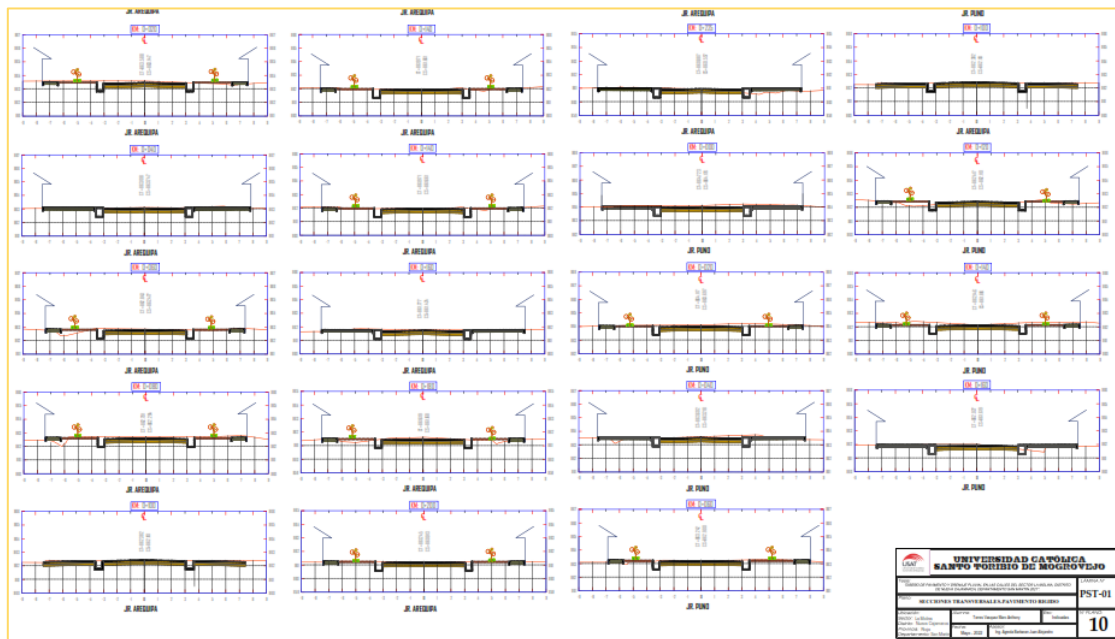


Figura N°41: Plano de Secciones Transversales.

Así mismo se desarrolló el plano de drenaje pluvial, o como también lo podemos llamar el plano de cunetas, donde se muestra detalles de cómo irán y sus dimensiones y materiales componentes.

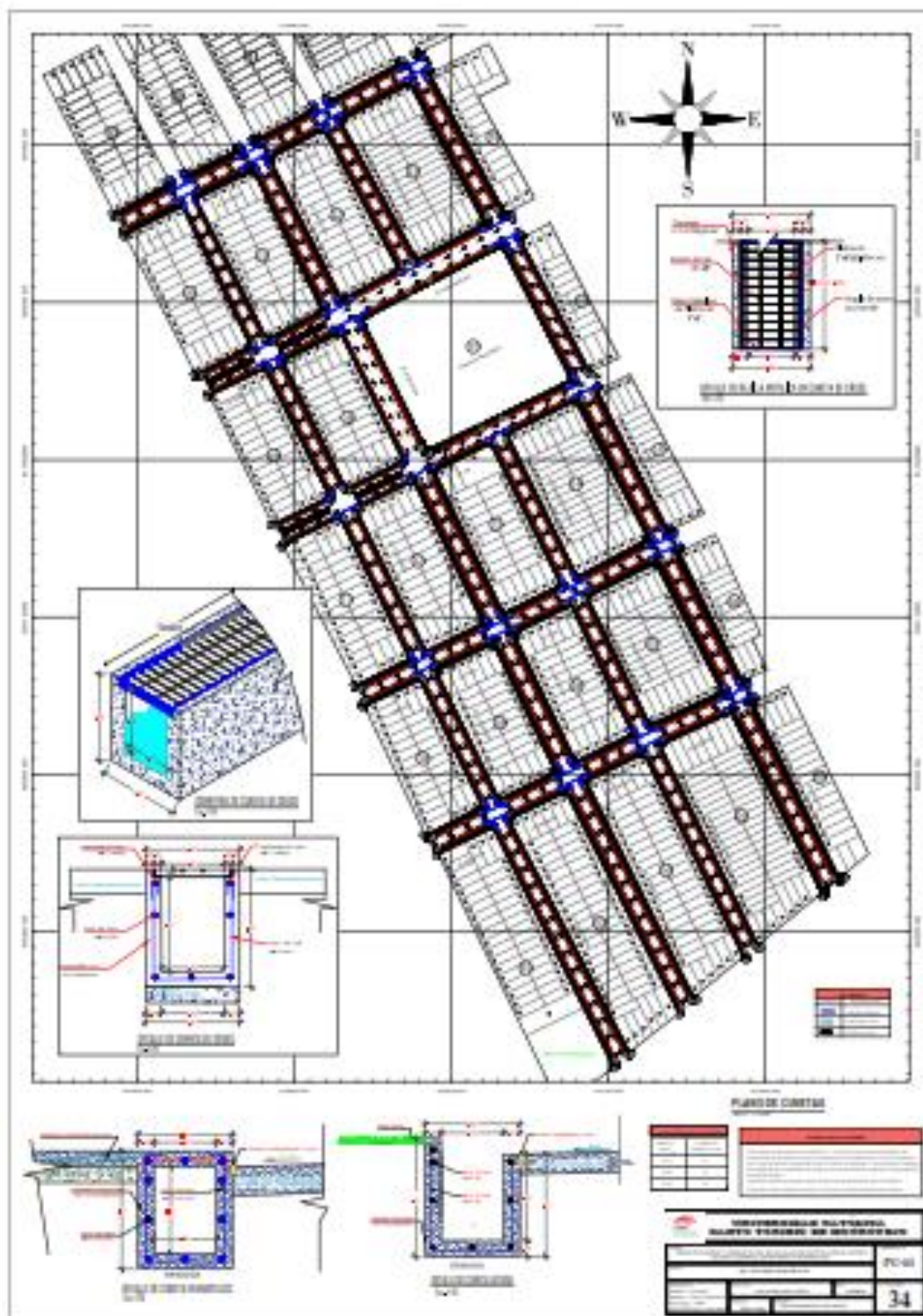


Figura N°42: Plano de Cunetas.

Se muestra el resultado del plano de detalle de pavimento, donde incluyen especificaciones técnicas correspondientes al pavimento rígido, detalles de las juntas y los bastones que llevara, su dimensionamiento y calidad.

Figura N°44: Matriz de Leopold de la etapa de construcción del Pavimento Flexible y Rígido.

Discusión de Resultados

Del estudio topográfico, podemos deducir que la cota más alta en el sector La Molina, Nueva Cajamarca tiene un valor de 865.45 metros ubicado en el Jirón Ica, perteneciente a la cota C-7 y la cota de menor altitud se encuentra a 861.00 metros sobre el nivel del mar ubicado en el Jirón Amauta, perteneciente a la cota C-13.

Se utilizaron dos BMs, el BM-01 y el BM-02, cuyas altitudes están a 862.873 y 862.50 m.s.n.m. respectivamente.

Del Soil Mechanics Study (EMS) realizado, podemos deducir y corroborar lo que nos dice el autor [8], que los suelos del departamento de San Martín poseen valores de CBR mayores a 6.0, tal es el caso de esta investigación en la que el mínimo valor de CBR al 95% fue de 6.1 determinado en la calicata C-4, de este modo también se halló el mayor valor de CBR al 95%, dando un valor de 8.1 en la calicata C-6.

El tipo de suelo que más se ha repetido en las distintas calicatas realizadas es más conocido como SC, seguido del tipo de suelo CL, en porcentajes el 40 % de las calicatas dio un tipo de suelo SC y el 30% para un tipo de suelo CL.

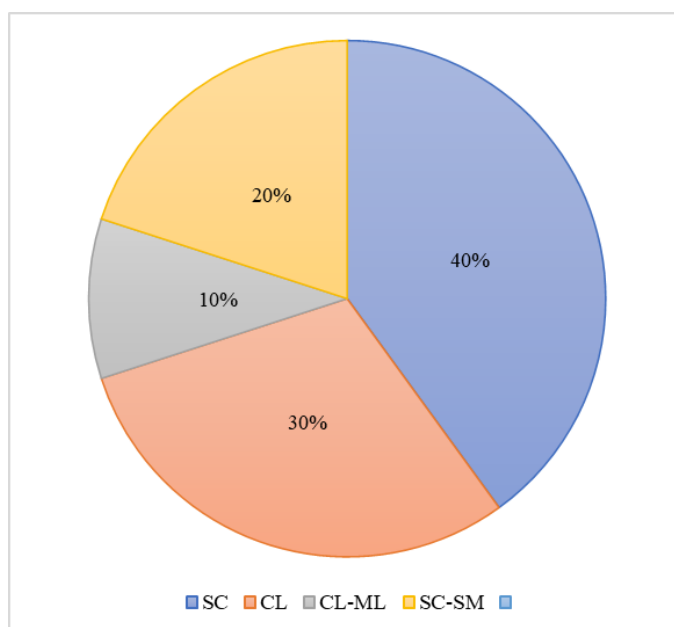


Figura N°45: Tipos de Suelo en La Molina.

Cabe resaltar que del EMS el tipo de suelo que menos se ha repetido en las distintas calicatas realizadas es más conocido como SC-SM, siendo solo el 10% de las calicatas, seguido del tipo de suelo CL-ML, en porcentajes el 20 % de las calicatas.

El CBR dado en la calicata uno, cuyo tipo de suelo es SC es de valor de 7.6 al noventa y cinco por ciento, el estudio de granulometría muestra una cantidad que atraviesa el tamiz 40 de 94.47 y que atraviesa el tamiz 200 de 43.30, los Atterberg limits or consistency limits para el liquid and plastic limit y el IP obtuvimos valores de 33.11, 15.82 y 17.29 respectivamente; el CBR dado en la calicata dos, cuyo tipo de suelo es CL es de valor de 6.5 al noventa y cinco por ciento, el estudio de granulometría muestra una cantidad que atraviesa el tamiz 40 de 79.20 y que atraviesa el tamiz 200 de 63.72, los Atterberg limits or consistency limits para el liquid and plastic limit y el IP obtuvimos valores de 27.14, 18.46 y 8.68 respectivamente; el CBR dado en la calicata tres, cuyo tipo de suelo es SC es de valor de 7.8 al noventa y cinco por ciento, el estudio de granulometría muestra una cantidad que atraviesa el tamiz 40 de 96.75 y que atraviesa el tamiz 200 de 49.37, los Atterberg limits or consistency limits para el liquid and plastic limit y el IP obtuvimos valores de 32.82, 16.97 y 15.85 respectivamente; el CBR dado en la calicata cuatro, cuyo tipo de suelo es CL-ML es de valor de 6.1 al noventa y cinco por ciento, el estudio de granulometría muestra una cantidad que atraviesa el tamiz 40 de 93.71 y que atraviesa el tamiz 200 de 55.47, los Atterberg limits or consistency limits para el liquid and plastic limit y el IP obtuvimos valores de 18.38, 12.77 y 5.61 respectivamente; el CBR dado en la calicata cinco, cuyo tipo de suelo es CL es de valor de 6.7 al noventa y cinco por ciento, el estudio de granulometría muestra una cantidad que atraviesa el tamiz 40 de 96.76 y que atraviesa el tamiz 200 de 86.99, los Atterberg limits or consistency limits para el liquid and plastic limit y el IP obtuvimos valores de 37.09, 22.63 y 14.46 respectivamente; el CBR dado en la calicata seis, cuyo tipo de suelo es SC es de valor de 8.1 al noventa y cinco por ciento, el estudio de granulometría muestra una cantidad que atraviesa el tamiz 40 de 84.83 y que atraviesa el tamiz 200 de 38.74, los Atterberg limits or consistency limits para el liquid and plastic limit y el IP obtuvimos valores de 27.98, 16.09 y 11.89 respectivamente; el CBR dado en la calicata siete, cuyo tipo de suelo es SC-SM es de valor de 7.2 al noventa y cinco por ciento, el estudio de granulometría muestra una cantidad que atraviesa el tamiz 40 de 73.94 y que atraviesa el tamiz 200 de 42.11, los Atterberg limits or consistency limits para el liquid and plastic limit y el IP obtuvimos valores de 20.61, 15.11 y 5.50 respectivamente; el CBR dado en la calicata ocho, cuyo

tipo de suelo es SC-SM es de valor de 7.9 al noventa y cinco por ciento, el estudio de granulometría muestra una cantidad que atraviesa el tamiz 40 de 59.77 y que atraviesa el tamiz 200 de 28.25, los Atterberg limits or consistency limits para el liquid and plastic limit y el IP obtuvimos valores de 27.75, 14.07 y 13.68 respectivamente; el CBR dado en la calicata nueve, cuyo tipo de suelo es CL es de valor de 7.1 al noventa y cinco por ciento, el estudio de granulometría muestra una cantidad que atraviesa el tamiz 40 de 81.87 y que atraviesa el tamiz 200 de 62.39, los Atterberg limits or consistency limits para el liquid and plastic limit y el IP obtuvimos valores de 27.63, 18.41 y 9.22 respectivamente; el CBR dado en la última calicata, cuyo tipo de suelo es SC-SM es de valor de 7.3 al noventa y cinco por ciento, el estudio de granulometría muestra una cantidad que atraviesa el tamiz 40 de 69.33 y que atraviesa el tamiz 200 de 42.85, los Atterberg limits or consistency limits para el liquid and plastic limit y el IP obtuvimos valores de 20.15, 15.50 y 4.65 respectivamente.

Del Soil Mechanics Study (EMS) realizado, podemos deducir y corroborar lo que nos dice el autor [8], que los suelos del departamento de San Martín poseen valores de CBR mayores a 6.0, tal es el caso de esta investigación en la que el mínimo valor de CBR al 95% fue de 6.1 determinado en la calicata C-4, de este modo también se halló el mayor valor de CBR al 95%, dando un valor de 8.1 en la calicata C-6.

El tipo de suelo que más se ha repetido en las distintas calicatas realizadas es más conocido como SC, seguido del tipo de suelo CL, en porcentajes el 40 % de las calicatas dio un tipo de suelo SC y el 30% para un tipo de suelo CL.

Del estudio de tráfico podemos afirmar que el día en el que más transita los vehículos ligeros como mototaxis y autos es el domingo, también podemos decir que los días lunes y viernes son más transitados por vehículos como los pick-up y los camiones 2E, 3E y semitrailers, cabe resaltar que el tráfico fue medido en Jirón Huancavelica y se contó minuciosamente cada uno de los vehículos que pasaban por dicha zona durante las zonas de mayor movimiento, es decir las horas punta en las mañanas, las horas punta en las tardes y las horas punta en la noche, todo esto durante siete días del 29 de marzo al 04 de abril del 2021.

El ESAL resultante luego del estudio de tráfico es de 1 416 158 y se tuvo en cuenta para el diseño del pavimento, también se tuvo en cuenta que la pista sería de dos sentidos y de un carril por sentido y diseñado con una vida útil de 20 años.

Se diseñó tanto un pavimento flexible como un pavimento rígido ambos por el método de AASTHO, y las dimensiones resultantes de estos son: para el pavimento flexible una carpeta asfáltica con 3 pulgadas de espesor, una base granular de 15 centímetros y una subbase granular de 30 centímetros; para el pavimento rígido una losa de concreto f'c 280kg de 18 centímetros y una subbase granular de 15 cm.

Se realizó los metrados de ambos pavimentos, dándonos valores de movimiento de tierras similares tanto para la pavimentación flexible como para la pavimentación rígida de 12 545.18 m³ de corte con maquinaria, 20 908.64 m² de perfilado, compactado y conformado de la subrasante, 15 054.22 m³ de eliminación de material excedente, de esta manera muchos de los metrados fueron muy similares ya que la zona de estudio no cambia, sin embargo lo más notable es para el pavimento flexible un área de 20 908.64 m² en la constitución de la subbase granular, base y la carpeta asfáltica, y para el pavimento rígido es que la misma cantidad en área vista en la pavi. asfáltica será multiplicada por el espesor de 0.18 dando un valor de 3 763.56 m³ de concreto f'c 280 kg/cm² que será usado.

Se realizaron los ACU's de cada una de las 67 subpartidas específicas del diseño para el pavimento rígido, y de las 58 subpartidas específicas del diseño para el pavimento flexible. De la misma manera se realizaron los aportes unitarios de algunas subpartidas necesarias de ambos pavimentos, se puede ver en anexos toda la información mencionada.

Se realizó los presupuestos de ambos pavimentos, dando valores de S/.8,361,490.61 (ocho millones trescientos sesenta y un mil cuatrocientos noventa y 61/100 soles) para el pavimento flexible y de S/.10,792,946.07 (diez millones setecientos noventidos mil novecientos cuarenta y seis y 07/100 soles) para el pavimento rígido, habiendo una diferencia de S/.2,431,455.46 (dos millones cuatrocientos treinta y un mil cuatrocientos cincuenta y cinco y 79/100 soles).

El pavimento flexible tiene como insumo en mano de obra 1,361,735.72 de soles (un millón trescientos sesenta y un mil setecientos treinta y cinco y 72/100 soles), mientras que para el pavimento rígido se tiene 2,083,767.51 de soles (dos millones ochenta y tres

mil setecientos sesenta y siete y $51/100$ soles), podemos deducir que para la creación de un pavimento rígido se requiere de más mano de obra tanto que sea capaz como no local o no capacitada.

El pavimento flexible tiene como insumo en materiales S/. 3,616,052.94 (tres millones seiscientos dieciséis mil cincuenta y dos y $94/100$ de soles), mientras que para el pavimento rígido se tiene S/. 4,439,433.40 (cuatro millones cuatrocientos treinta y nueve mil cuatrocientos treinta y tres y $40/100$ de soles), podemos deducir que para la creación de un pavimento flexible se requiere de menos materiales y/o materiales más baratos, la gran diferencia con el pavimento rígido es el concreto.

El pavimento flexible tiene como insumo en equipos y herramientas S/. 1,078,211.08 (un millón setenta y ocho mil doscientos once y $8/100$ soles), mientras que para el pavimento rígido se tiene la cantidad de S/. 1,294,375.53 (un millón doscientos noventa y cuatro mil trescientos setenta y cinco y $53/100$ soles), podemos deducir que en estos insumos la diferencia no es tan notoria como en los insumos ya mencionados anteriormente.

Con relación a los mayores insumos de mano de obra, materiales y equipos y maquinarias para el pavimento flexible tenemos los siguientes valores: S./ 884,778.15 para peones, S/. 679,441.14 para rejillas metálicas y S/. 250,067.33 para motoniveladora de 125 HP.

Con relación a los mayores insumos de mano de obra, materiales y equipos y maquinarias para el pavimento rígido tenemos los siguientes valores: S./ 1,324,038.87 para peones, S/. 1,302,829.83 para cemento portland tipo I y S/. 250,067.33 para motoniveladora de 125 HP.

Cabe resaltar que en ambos diseños de pavimentos los insumos de maquinaria en motoniveladora tienen el mismo valor puesto que el proceso de aplanamiento es el mismo, sin embargo, notamos cambios tanto en los valores de la mano de obra y en los materiales, esto es obvio puesto que se requerirá mayor mano de obra en el pavimento rígido y también se requerirá una gran cantidad de cemento para la creación de la losa de dieciocho centímetros de espesor.

La movilización y desmovilización de maquinaria en la que se contemplan diversos factores como por ejemplo el lugar más cercano de donde partirán los agregados, maquinarias entre otros, en este caso desde Moyobamba, el tipo de vía que se usa, si está o no pavimentada, el estado de la vía, la distancia y el tiempo en el que demora en llegar, teniendo todo eso en cuenta nos da un valor de 21,100.00 soles

Para el cálculo del flete se tiene en cuenta el lugar de partida, que se mencionó anteriormente que es Moyobamba, el lugar de llegada que sería Nueva Cajamarca, entre ellos hay una distancia de 44.7 kilómetros, se tendrán en cuenta parámetros como el tipo de vehículo en este caso es el camión, su capacidad, su velocidad, el tiempo para descargar y cargar, el costo del alquiler del vehículo, el costo por viaje y el costo del flete por kg, luego lo que se realiza es el cálculo del metrado en peso de aquellos materiales en los que se tiene que tener flete sí o sí. El valor del flete terrestre tanto para el pavimento flexible como para el pavimento rígido tiene valores de 27,841.41 y 74,024.41 soles respectivamente, esto se debe a las grandes cantidades de cemento y acero que se requerirá para el pavimento rígido a diferencia del pavimento flexible que solo requerirá asfalto líquido MC-30.

De acuerdo a la pluviometría de la zona de La Molina la cual abarca los años desde 1975 – 2014, la menor precipitación fue de 21.00 mm en el año de 1991 y la máxima fue en el año 2008 la cual llegó al valor de 134.80 mm.

Respecto al diseño hidrológico la intensidad máxima de diseño calculada es de 64.87mm/hr y es con esta intensidad que se trabajó para el cálculo de las dimensiones de las cunetas de concreto que se utilizará como sistema de drenaje de nuestro pavimento. Las dimensiones variaron y se homogenizó al valor de base B de 0.40 metros y un tirante máximo H de 0.50 metros; los espesores de las paredes de las cunetas y el acero de refuerzo también fue calculado, dándonos resultados de espesores de paredes de 0.10 metros y acero de refuerzo de diámetro de 3/8” teniendo en cuenta su respectiva separación la cual se puede observar en el plano de cunetas (ver anexos).

Respecto al impacto ambiental, se realizó la matriz de Leopold como fue mencionado en los resultados anteriores, se hizo una matriz para cada uno de los dos pavimentos, cabe resaltar que se evalúa en la etapa de proceso de construcción, tenemos valores de magnitud e intensidad de -265 para el pav. flexible y de -119 para el pav. rígido, esto

quiere decir que en la construcción del pavi. rígido es más el beneficio que tendrá respecto al pavi. flexible. Otras de las acotaciones que podemos apreciar en la Matriz de Leopold del Pavi. Rígido es el mayor valor negativo, que es de -311 correspondiente al Factor Ambiental del Aire en el Nivel de Ruido y el máximo valor positivo, que es de 511 correspondiente al Factor Socioeconómico del Empleo. De la misma manera ambos factores ambientales toman protagonismo en la Matriz de Leopold del Pavi. Flexible, sin embargo, poseen valores más bajos, valores de -243 y 398 para nivel de ruido y empleo respectivamente.

Se realizaron un total de 35 planos dentro de los cuales tenemos un plano de ubicación, un plano de microcuencas, un plano topográfico, quince planos para el pavi. rígido dentro de los cuales 01 es de planteamiento general, 05 son planos de perfiles longitudinales y 09 son planos de cortes de secciones transversales, quince planos para el pavi. flexible dentro de los cuales 01 es de planteamiento general, 05 son planos de perfiles longitudinales y 09 son planos de cortes de secciones transversales, un plano de cunetas y por último un plano de detalles de pavimento.

Económicamente, el pavimento flexible resulta más barato en un inicio y tiene mayor costo de mantenimiento, pero el pavimento rígido tiene un mayor tiempo de vida útil; además de que este último está constituida por menos capas y tiene menor drenabilidad.

Conclusiones

- La implementación del diseño de pavimentos y la creación del sistema de drenaje pluvial en el sector de La Molina, departamento de San Martín, es de gran importancia ya que facilitará el transporte y el traslado de los habitantes y adyacentes, solucionaría los problemas relacionados con el tráfico y permitiría el desarrollo económico de la población.
- Se concluye que según el estudio topográfico la cota más alta en el sector La Molina, Nueva Cajamarca tiene un valor de 865.45 metros y la cota de menor altitud se encuentra a 861.00 metros sobre el nivel del mar, también posee una altitud promedio de 863,24 msnm, también concluimos que dicha zona no cuenta con grandes pendientes.
- Tras realizar diez pozos abiertos y el EMS, llegamos a la conclusión de que el tipo de suelo o material de subrasante más representativo es el SC o A - 6(4), que tiene un CBR mínimo del 95% de 6,1 y un CBR máximo de 8,1 concluyendo que es un suelo de tipo regular. El diseño de la estructura del pavimento se realizó teniendo en cuenta las características originales de la subrasante; es decir, no hubo ninguna mejora sobre la misma.
- Respecto al estudio de tráfico que se realizó en el sector La Molina se concluyó que el ESAL tiene un valor de 1 416 158 Ejes Equivalentes.
- Se concluye que de acuerdo al estudio hidrológico, la intensidad máxima de la lluvia de diseño es de 64.87mm/hr, con este valor se trabajó y se determinó el caudal de diseño para el dimensionamiento de cunetas y el buen desarrollo del sistema de drenaje, es por ello que es de alta importancia realizar un correcto estudio hidrológico y pluviométrico.
- Se realizaron diversos diseños de pavimentos mediante distintas metodologías, sin embargo se adoptaron los resultados correspondientes a la metodología AASTHO, los cuales nos dieron valores de espesores para la capa de asfalto de 3 pulgadas de espesor, una base granular de 15 centímetros y una subbase granular de 30

centímetros para el pavimento flexible; una losa de conc° de 18 centímetros y una subbase granular de 15 centímetros para el pavimento rígido.

- Se concluye que el presupuesto para el pavimento flexible es de S/.8,361,490.61 y de S/.10,792,946.07 para el pavimento rígido, dándonos valores mayores en el pavimento rígido debido a toda la cantidad de concreto que conlleva en su construcción. Cabe resaltar que el pavimento flexible se muestra como una opción más económica.
- Según el estudio de impacto ambiental realizado mediante la Matriz de Leopold se concluye que el pavimento rígido trae un mejor beneficio económico – ambiental.
- Como sistema de drenaje, se construirán cunetas las cuales se encargarán de drenar toda el agua de lluvia, las dimensiones finales de estas son de base interior 40 centímetros y de altura 50 centímetros, con muros de 10 centímetros y acero de refuerzo de diámetro de 3/8 de pulgada.

Recomendaciones

- Se recomienda que los protocolos de calidad de los materiales sean óptimos para el proceso constructivo.
- Se recomienda un plan de mantenimiento post ejecución, para garantizar la vida del pavimento.
- Se recomienda que, a la hora de estimar los distintos espesores de las capas de pavimento, realizar un enfoque más práctico y rentable.
- Se recomienda el pavimento rígido para zona urbana, por tener mayor durabilidad y resistencia, teniendo en cuenta la inversión inicial y el costo de mantenimiento.

Referencias Bibliográficas

- [1] W. D. Ramirez Rojas y R. J. Zavaleta Alvarado, «Estudio comparativo del diseño del pavimento rígido, semirrígido con adoquines de concreto y flexible para las calles del sector VI C - El Milagro Trujillo - La libertad,» Trujillo, 2017.
- [2] J. A. Mendoza Raymundo y G. A. Mnedoza Valdizan, «Diseño estructural del pavimento urbano para mejora de la transitabilidad vehicular en la avenida Las Palmas, Pachacamac, Lima, 2021,» Lima, 2021.
- [3] J. D. Manuel Gómez, «Problemática del drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas y estudio hidráulico de las redes de colectores,» *Portal del coneixement obert de la UPC*, vol. 1, n° 1, p. 12, 1994.
- [4] OCDE, «Brechas y estándares de gobernanza de la infraestructura pública en Chile,» OECD Publishing, Paris, Chile, 2017.
- [5] H. Y. Cano Salazar, «Diseño de un sistema urbano de drenaje sostenible(SUDS) para manejo de escorrentía en la carrera 9 entre calles 108 y 112, sector Usaquèn, Bogotá, Colombia,» 2022.
- [6] J. Camaño y J. L. Arumi, «Desafíos y evaluación del drenaje urbano en Chile,» *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. XI, n° 5, pp. 132-152, 2018.
- [7] M. G. Navarro, «El Impacto de Pavimentra las calles en Mexico,» 2009. [En línea]. Available: <https://www.povertyactionlab.org/es/evaluation/el-impacto-de-pavimentar-las-calles-en-mexico>.
- [8] J. V. Diaz Agip, L. Pezo Pinedo y C. J. Lozano Macalapu, «Estudio definitivo del mejoramiento de la infraestructura vial urbana de los jirones Jr. Manco Cápac cdra. 01 al 06, Jr. Felipe Saavedra cdra. 03 y 06, Jr. Marcos Ríos Mori cdra 01, Jr. Eladio Pashanace Tapullima y Jr Remigio Reátegui cdra 02, en la ciudad,» 2018.
- [9] E. A. P. Corado, «Estudio y diseño para la pavimentacion y drenajes de las calles de Sabana Larga, de la aldea Amberes; y estudio y diseño para la pavimentacion de la entrada a la colonia la Union, que conduce hacia el instituto, ambos proyectos en jurisdiccion de San Rosa,» Guatemala, 2007.
- [10] R. A. Loja Balarezo y J. C. Sarmiento Vargas, «Diseño de pavimento flexible para la reconstrucción de las vías: Av. Samuel Cisneros (1.758km), Av. Principal 5 de Junio (1.240km), Av. Jaime Nebot (1.380km), Av. Juan León Mera (2.620km), Vía

de Acceso 3M (0.247km), de la parroquia Eloy Alfaro cantón,» Quito: UCE, Guayas, 2018.

- [11] J. J. Ferroñan Viera y S. J. García Ramírez, «Diseño de pavimento rígido, veredas y drenaje pluvial de la urbanización progresiva La Tina, del sector Salida sur este de Lambayeque dren 2210, distrito de Lambayeque- Provincia Lambayeque-Región Lambayeque,» Lambayeque, 2017.
- [12] C. M. Quezada Ascate, «Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles y Rígidos en la calle Antisuyo-Sector Pueblo Nuevo, Provincia de Jaen, Regio Cajamarca-Perù 2018.,» 2019.
- [13] M. D. Hernández Jiménez, «Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la ciudad de Piura,» 2018.
- [14] J. W. Ramos Vigilio, «Diseño del Sistema de drenaje pluvial urbano en la avenida 28 de Agosto del distrito de Amarilis, Huanuco-2019,» 2021.
- [15] G. Terrones Campos, «Diseño estructural del pavimento flexible utilizando método aashto 93 en las calles I y J de la cuarta etapa del C.H Micaela Bastidas – Piura,» Piura, 2018.
- [16] J. D. Abau Rojas, «Análisis comparativo del diseño de pavimento rígido y flexible para el asentamiento humano Túpac Amaru, distrito El Porvenir, Trujillo 2021,» Trujillo, 2021.
- [17] A. Burga Marrufo y O. V. J. F. Chavez Villalobos, «Diseño de Pavimento en la Urbanización Santa María Distrito de José Leonardo Ortiz-Chiclayo-Lambayeque,» Chiclayo, 2018.
- [18] F. Tapullima Gálvez, «Diseño del sistema de drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad en la localidad de San Cristobal, Picota,» 2018.
- [19] F. Ruiz Saavedra, H. J. Montenegro Colvaque y I. Lozano Villanueva, «Diseño de pavimento afirmado del camino vecinal Agua Blanca -Shapanao, provincia del Dorado, región de San Martín,» 2018.
- [20] J. Rojas Tapia, «Análisis de alternativas para el diseño de pavimentos en las calles de acceso al mercado mayorista José Olaya, distrito de Nueva Cajamarca, departamento San Martín, 2020,» 2021.

- [21] J. L. Torres Burga, «Diseño de pavimento rígido para mejorar la transitabilidad vial del Jr. Santo Toribio CD. 02, 03, 04 y 05, en la localidad de Posic. San Martín, 2020,» 2021.
- [22] C. S. Huaman Torrejon, P. E. Pinedo Diaz y P. J. Campana Vasquez, «Estudio de mecánica de suelos con la finalidad determinar el pavimento a utilizar en el perímetro de la plaza de armas del distrito Nuevo Cuzco Alto Biavo provincia de Bellavista región San Martín,» 2020.
- [23] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción, Lima, 2013, p. 1285.
- [24] A. M. Fonseca, Ingeniería de Pavimentos, Bogotá : Universidad Católica de Colombia , 2002.
- [25] C. Giordani y D. Leone , «PAVIMENTOS,» *Universidad Tecnológica Nacional*, pp. 1-6, 2015.
- [26] A. R. Garcia Morales, Diseño de pavimento asfáltico por el método AASHTO-93 empleando el software DISAASHTO-93, 2015.
- [27] B. G. Cesar, Localización y Diseño Geométrico, Lima: Manual de proyectos, 1997.
- [28] C. A. Bryan Uribe, «Análisis de los criterios de diseño de pavimento rígido bajo la óptica de las condiciones especiales de la isla de San Andrés y especificaciones técnicas de la secretaria de infraestructura de la gobernación departamental,» 2015.
- [29] R. Packard G, Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements.
- [30] P. E. Sánchez Campos, «MÉTODO DE DISEÑO DE LOSAS DE DIMENSIONES SUPERFICIALES OPTIMIZADAS, EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO.,» 2014.
- [31] O. J. Silva, «360 EN CONCRETO,» 2007. [En línea]. Available: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/juntas-en-pavimentos-de-concreto>.
- [32] «CONSTRUNEIC,» 12 09 2021. [En línea]. Available: <https://construneic.com/pavimentos/pavimento-rigido/>. [Último acceso: 10 05 2023].
- [33] Ministerio de Economía y Finanzas, Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras, Lima, 2015.


- [34] AASHTO Guide For Designing Of Pavement Structures, Washintong D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2001.
- [35] M. P. Quintana Ordoñez, «Análisis y diseño de drenaje pluvial para A.H. Los Algarrobos I y II etapa (Piura),» Piura, 2021.
- [36] A. A. Chavez Iglesias y Rioja Diaz, Jorge Isaacs, Artists, *Diseño del drenaje pluvial de la localidad de Pilluana provincia de Picota región San Martin*. [Art]. Universidad Nacional de San Martin, 2010.
- [37] M. Villón Béjar, *HIDROLOGÍA*, Lima: Villón, 2002.
- [38] Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Hidrología.
- [39] Reglamento Nacional de Edificaciones, NORMA TÉCNICA O.S. 060, 2015.
- [40] F. J. Sanchez San Roman, *Hidrologia Superficial y Subterranea*, Salamanca : Universidad de Salamanca , 2022.
- [41] G. Monsalve Sáenz, *Hidrología en la Ingeniería*, Colombia: Alfaomega, 1995.
- [42] M. Kure Bernal, «KuadRantE,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.kuadrante.cl/noticias/2011/10/28/que-es-el-estudio-de-mecanica-de-suelos/>.
- [43] «Weather Spark,» [En línea]. Available: <https://es.weatherspark.com/y/20612/Clima-promedio-en-Nueva-Cajamarca-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Summary>.
- [44] D. A. Vega Pérrigo, «DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS DE LA CARRETERA DE ACCESO AL NUEVO PUERTO DE YURIMAGUAS (KM 1+000 A 2+000),» 2018.
- [45] H. A. Morales Sosa, *Ingenieria Vial I*, Santo Domingo: Instituto Tecnologico de Santo Domingo, 2006.
- [46] L. Paredes Rojas, *Pavimentos*, Tarapoto: 1º Edicion, 2008, p. 55.
- [47] E. Scipion Piñera, *Diseño de Carreteras*, Lima: Manual de Diseño de Carreteras, 2001.
- [48] M. S. Rosales Morales, J. Salas Plata y A. Rodriguez Esparza, «Manejo del drenaje pluvial mediante control de la fuente de escurrimiento superficiales,» *CULCyT*, vol. 12, n° 56, p. 10, Mayo-Agosto 2015.

- [49] R. G. Acha, Artist, *Analisis numerico de la red de drenaje pluvial de la Urb. Angamos*. [Art]. Universidad de Piura, 2013.
- [50] M. G. Valentin, Artist, *Hidrologia Urbana*. [Art]. Flumen, 2007.
- [51] W. E. A. Niquen, Artist, *Diseño del pavimento rigido y sistema de drenaje pluvial para el casco urbano del distrito de Monsefu, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2018*. [Art]. Universidad Catolica Santo Toribio de Mogrovejo, 2018.
- [52] J. D. A. Rojas, Artist, *Analisis comparativo del diseño de pavimento rigido y flexible para el asentamiento humano Túpac Amaru, distrito El Porvenir, Trujillo 2021*. [Art]. Universidad Cesar Vallejo, 2021.
- [53] Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima, 2021.

ANEXOS

ANEXO N°1: Formato del MTC para realizar la clasificación vehicular























FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO



Ministerio de Transportación y Comunicaciones

TRAMO DE LA CARRETERA			
SENTIDO	← →	SENTIDO	← →
UBICACIÓN			
Km			

ESTACION			
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA Y HORA			

HORA	SENTIDO	AUTO	ESTACION	CONDICIONES					BUS			CAMION			OTRO VEHICULO				TOTAL					
				RANGON	PICK UP	PANEL	RURAL	MICRO	2 E	3 E	4 E	2 E	3 E	4 E	2 E	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E	8 E			
00:01	0																							
00:02	0																							
00:03	0																							
00:04	0																							
00:05	0																							
00:06	0																							
00:07	0																							
00:08	0																							
00:09	0																							
00:10	0																							
00:11	0																							
00:12	0																							
00:13	0																							
00:14	0																							
00:15	0																							
00:16	0																							
00:17	0																							
00:18	0																							
00:19	0																							
00:20	0																							
00:21	0																							
00:22	0																							
00:23	0																							
00:24	0																							
PARCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ENCUESTADOR: _____ JEFE DE BRIGADA: _____ ENC. RESPONSA: _____ SUPER. MTC: _____

Fuente: MTC

ANEXO N°2: Toma de puntos con Estación total



Fuente: Propia

Toma de punto poste



Fuente: Propia

Toma de puntos eje central de calle

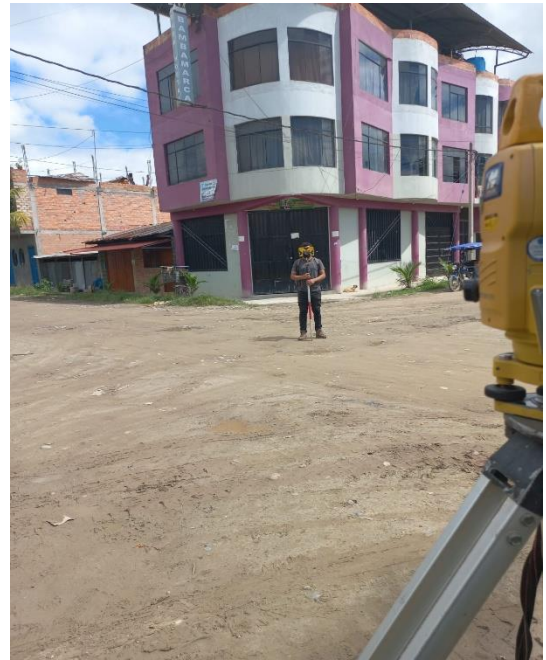


Fuente: Propia

Medición al BM

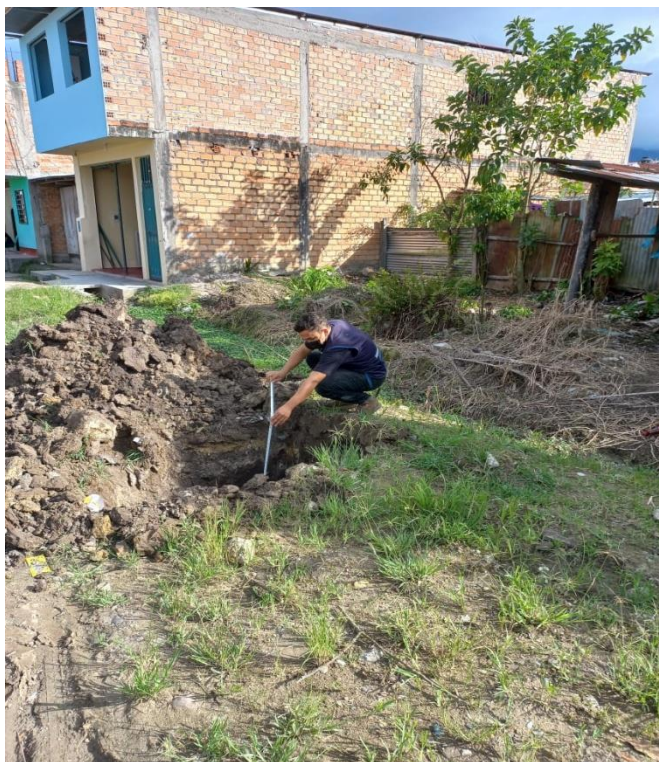


Punto buzón



ANEXO N°3: Calicatas hecha con retroexcavadora

Profundidad de Calicata



Fuente: Propia

Calicata N°10



Fuente: Propia

Calicata N°07



Fuente: Propia

Calicata N°05



Fuente: Propia

Calicata N°04



Fuente: Propia

Calicata N°02



Fuente: Propia

ANEXO 4: Procesamiento de muestra en Laboratorio

Análisis Granulometría



Fuente: Propia

Ensayo Proctor Modifica



Fuente: Propia

California Bearing Ratio



Fuente: Propia

Limites de Atterberg



Fuente: Propia

Muestra procesada



Fuente: Propia

ANEXO 5: Canal para descarga

Canal Michuco

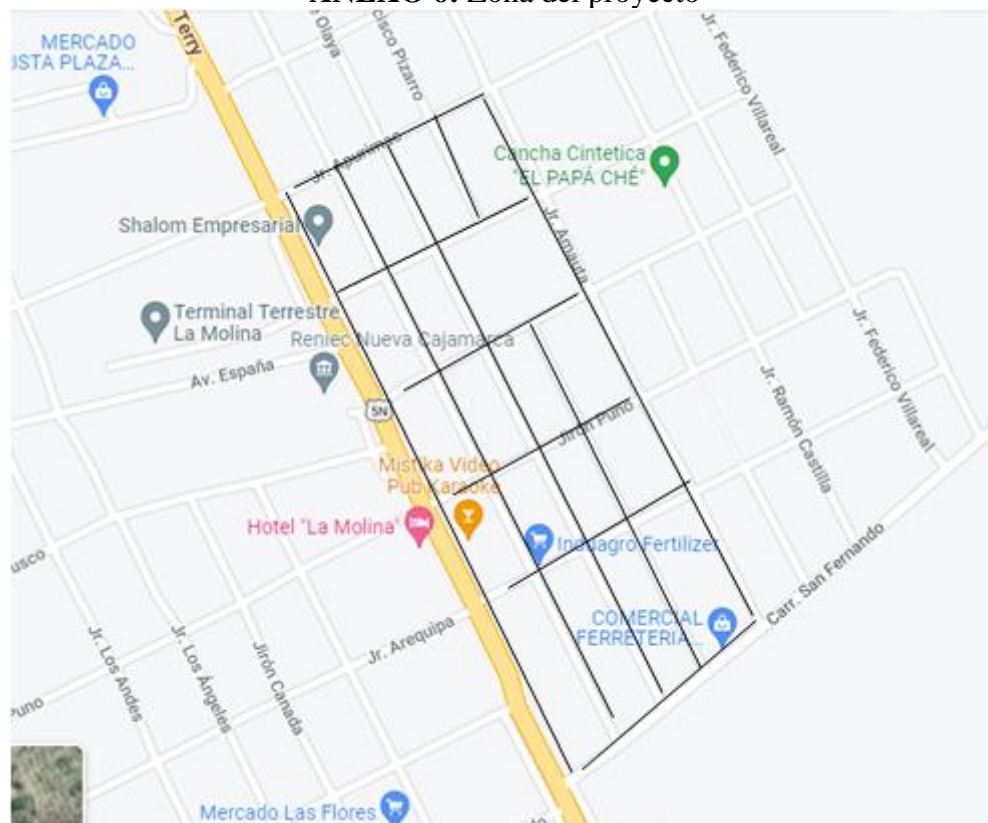


Fuente: Propia

Canal Michuco vista Planta



ANEXO 6: Zona del proyecto



Fuente: Google Maps

ANEXO 7: Medición de tráfico vehicular**Tráfico en Calle Huancavelica**

Fuente: Propia

Observatorio de mototaxi, automóvil y pick Up

Fuente: Propia



REJILLAS INDUSTRIALES ELECTROSOLDADAS O ELECTROFORJADAS

TABLAS DE RESISTENCIA PARA REJILLAS TIPO W19 PESADAS

MODELO DE REJILLA	MEDIDA DE PLATINA EN PULG.	PESO GRATING POR M ² (KG)	MEDIDA DE BARRA EN PULG.	ESPACIO MÁXIMO ENTRE APOYOS EN MM						
				H-20 CAMIÓN	H-15 CAMIÓN	H-10 CAMIÓN	AUTOMÓ VIL	5 TON MONTA CARGAS	3 TON MONTA CARGA	1 TON MONTA CARGA
BL-11	1 x 1/4	49	3/8"	330	254	203	432	203	152	178
BL-12	1 x 3/8	71	1/2"	356	305	254	533	229	203	229
BL-13	1/4 x 1/4	60	3/8"	356	305	254	610	229	203	254
BL-14	1/4 x 3/8	87	1/2"	432	356	305	737	305	254	356
BL-15	1/2 x 1/4	71	3/8"	406	356	305	787	279	254	330
BL-16	1/2 x 3/8	104	1/2"	508	457	406	965	356	330	483
BL-17	2 x 1/4	93	3/8"	559	508	457	1219	406	381	559
BL-18	2 x 3/8	138	1/2"	711	660	635	1397	559	483	838
BL-19	2 1/2 x 1/4	116	3/8"	711	686	635	1524	559	559	864
BL-20	2 1/2 x 3/8	170	1/2"	965	914	914	1753	787	787	1270
BL-21	3 x 1/4	138	3/8"	940	889	889	1829	762	762	1245
BL-22	3 x 3/8	204	1/2"	1270	1245	1270	2108	1092	1118	1549
BL-23	4 x 1/4	182	3/8"	1473	1753	1422	2464	1270	1295	1803
BL-24	4 x 3/8	270	1/2"	1753	1753	1778	2870	1676	1727	2057
BL-25	5 x 1/2	446	1/2"	2388	2413	2464	3886	2311	2362	2845
BL-26	6 x 1/2	534	1/2"	2870	2896	2032	4648	2769	2845	3429

Fuente: Catálogo Blesola Rejillas Industriales Electrosoldadas

Archivos en carpetas anexos

- Anexo 8 TP: Todos los planos (Pdf)
- Anexo 9 ES: Estudios de mecánica de suelos (Pdf)
- Anexo 10 ET: Estudio de tráfico vehicular (Excel y Pdf)
- Anexo 11 DD: Diseño de Drenaje Pluvial (Excel)
- Anexo 12 DP: Diseño de Pavimentos (Excel)
- Anexo 13 P: Presupuesto (Excel y pdf)
- Anexo 14 ET: Estudio Topográfico (Pdf)
- Anexo 15 EIA: Estudio de Impacto Ambiental (Excel y pdf)
- Anexo 16 DMA: Diseño de mezcla Asfáltica (Word)
- Anexo 17 DMC: Diseño de mezcla de concreto (Excel)
- Link de tesis y anexos:

https://drive.google.com/drive/folders/1GELWsPybZ4-7jEydpXuKM9pbl1PVuyUK?usp=share_link