

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES ACHAYA, MANCO
CAPAC, CONDE DE LEMUS, ARICA Y PUNO DE LA
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CAMINACA-
AZÁNGARO”**

TESIS

PRESENTADO POR:

Calla Mamani Efraín Albert

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANOFACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y
URBANISMO

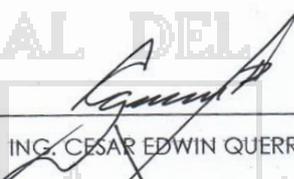
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:**“PAVIMENTACION DE LOS JIRONES ACHAYA, MANCO
CAPAC, CONDE DE LEMUS, ARICA Y PUNO DE LA
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CAMINACA-AZANGARO”**

PRESENTADO POR EL BACHILLER EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CIVIL: **EFRAIN ALBERT
CALLA MAMANI**, A LA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
CIVIL, ARQUITECTURA Y URBANISMO PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADO POR:

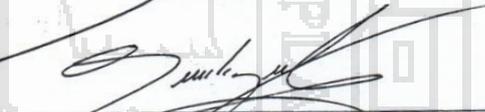
PRESIDENTE :


ING. CESAR EDWIN QUERRA RAMOS

PRIMER MIEMBRO :


ING. NESTOR LEODAN SUCA SUCA

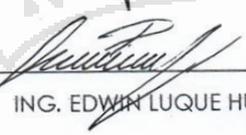
SEGUNDO MIEMBRO :


ING. GINO FRANK LAQUE CORDOVA

DIRECTOR DE TESIS :


ING. EMILIO CASTILLO ARONI

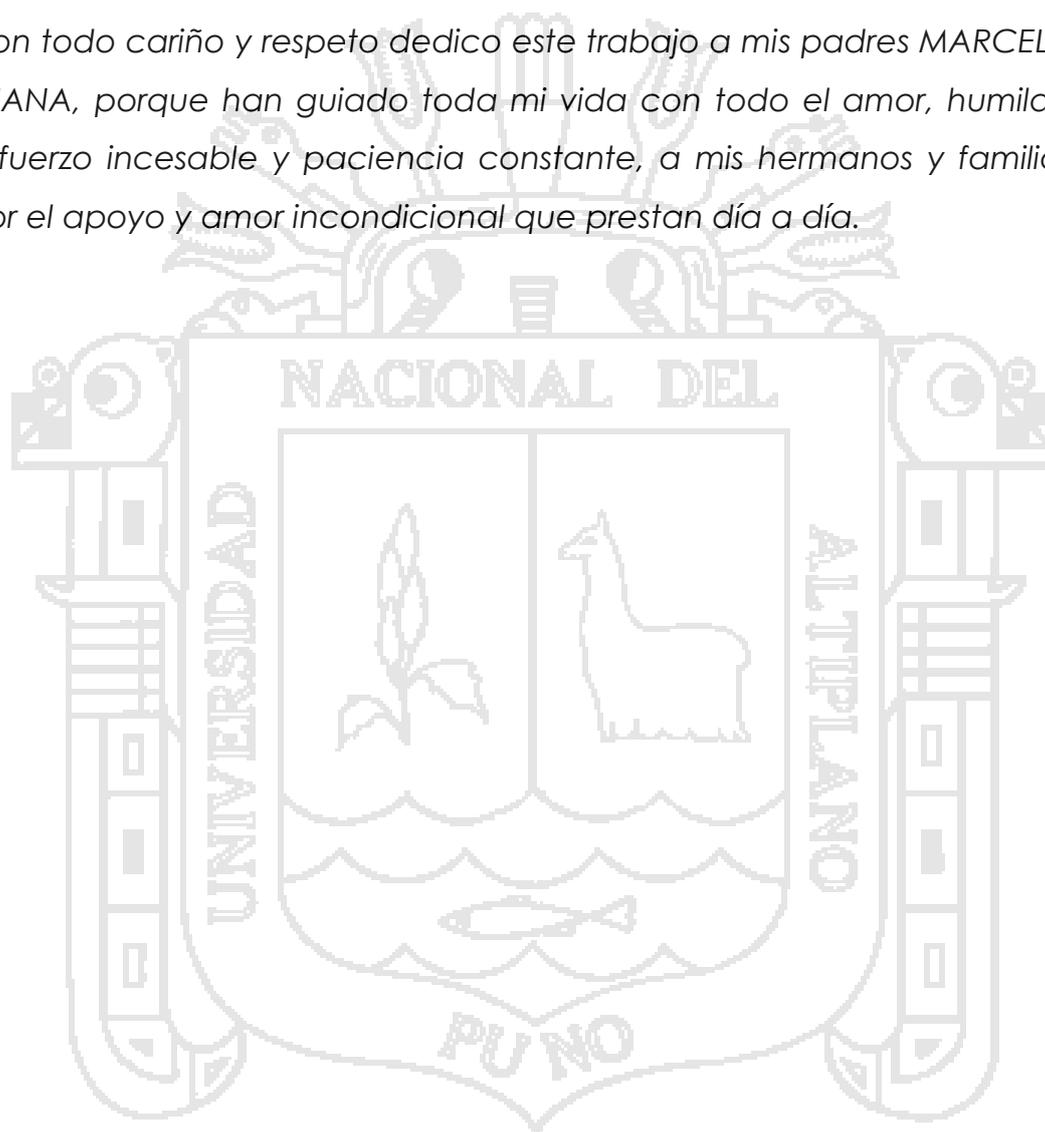
ASESOR DE TESIS :


ING. EDWIN LUQUE HUANCA

Área: Transportes
Tema: Diseño de Pavimentos

DEDICATORIA

Con todo cariño y respeto dedico este trabajo a mis padres MARCELO y JUANA, porque han guiado toda mi vida con todo el amor, humildad, esfuerzo incesable y paciencia constante, a mis hermanos y familiares por el apoyo y amor incondicional que prestan día a día.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Universidad Nacional del Altiplano Puno por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de pre grado en esta casa superior de estudios. Por haberme permitido culminar con uno de mis objetivos, para servir a la comunidad de mejor manera con mis conocimientos, además un fuerte y profundo agradecimiento y reconocimiento a cada uno de los maestros por su labor desinteresada a la hora de impartir sus conocimientos.



ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICES

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: GENERALIDADES	15
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.1.3. ÁMBITO DEL PROYECTO	16
1.1.4. DELIMITACIÓN	17
1.2. JUSTIFICACIÓN	18
1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	19
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.3.2. OBJETOS ESPECÍFICOS	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	20
2.1. ANTECEDENTES	20
2.2. BASES NORMATIVAS	20
2.3. BASES TEÓRICAS Y CONCEPTUALES	21
2.3.1. PAVIMENTO	21
2.3.2. CARACTERÍSTICAS QUE DEBE REUNIR UN PAVIMENTO	21
2.3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS	22
2.3.3.1. PAVIMENTOS RÍGIDOS	22
2.3.3.2. TIPOS DE PAVIMENTO RÍGIDO	24
2.3.3.3. PAVIMENTOS SEMI - RÍGIDOS	27
2.3.3.4. PAVIMENTOS FLEXIBLES	28
2.3.3.5. PAVIMENTOS ARTICULADOS	28
2.3.4. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS	28
2.3.4.1. MÉTODOS BASADOS EN MEDIDAS ANGULARES	29
2.3.4.2. MÉTODOS BASADOS EN LA MEDIDA DE ÁNGULOS Y DISTANCIAS	29
2.3.4.3. MÉTODOS DE MEDIDA DE DESNIVELES	30
2.3.5.1. DIVISIÓN DE LAS CIENCIAS GEOLÓGICAS	32
2.3.5. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS	33
2.3.6.1. EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA AASHTO	34
2.3.6.2. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	35
2.3.6. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS	36
2.3.7. ESTUDIO DE TRÁFICO	38
2.3.8. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO	39
2.3.9.1. DISEÑO DE PAVIMENTOS - MÉTODO AASHTO - 93	40
2.3.9.2. DISEÑO DE PAVIMENTOS - MÉTODO DEL PCA	42
2.3.9.3. DISEÑO DE JUNTAS	43

2.3.9.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	44
CAPÍTULO III: INGENIERÍA DEL PROYECTO		53
3.1.	ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA	53
3.1.1.	ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS	53
3.1.1.1.	RECONOCIMIENTO DEL TERRENO	53
3.1.1.2.	SEÑALIZACIÓN Y MONUMENTACIÓN	53
3.1.1.3.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	53
3.1.1.4.	PERFIL LONGITUDINAL	54
3.1.1.5.	SECCIONES TRANSVERSALES	55
3.1.1.6.	RESULTADOS DE CAMPO Y GABINETE	55
3.1.2.	ESTUDIOS GEOLÓGICOS	57
3.1.2.1.	GEOLOGÍA LOCAL	57
3.1.2.2.	GEOLOGÍA REGIONAL	58
3.1.3.	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS	59
3.1.3.1.	MUESTREO Y EXPLORACIÓN DE SUELOS	59
3.1.3.2.	ENSAYOS DE SUELOS PARA SU CLASIFICACIÓN	63
3.1.3.3.	ENSAYOS DE SUELOS PARA DETERMINAR SU COMPORTAMIENTO	65
3.1.3.4.	RESUMEN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO	68
3.1.3.5.	DETERMINACIÓN DEL C.B.R. DE DISEÑO	72
3.1.3.6.	MEZCLA DE SUELOS PARA SUB BASE	73
3.1.4.	ESTUDIOS HIDROLÓGICOS	76
3.1.4.1.	ANÁLISIS HIDROLÓGICO	76
3.1.4.2.	CÁLCULO DEL PERIODO DE RETORNO	77
3.1.4.3.	CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	79
3.1.4.4.	CÁLCULO DE INTENSIDAD DE LLUVIA	79
3.1.4.5.	DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE AGUAS PLUVIALES	86
3.2.	ESTUDIO DE CANTERAS	89
3.2.1.	EVALUACIÓN DE CANTERAS	89
3.2.2.	LOCALIZACIÓN DE CANTERAS	89
3.2.3.	TRABAJOS DE CAMPO	90
3.2.4.	ENSAYOS DE LABORATORIO	90
3.2.5.	DESCRIPCIÓN DE CANTERAS	91
3.3.	DISEÑO DE MEZCLAS DE AGREGADOS	93
3.4.	EVALUACIÓN DEL TRANSITO	99
3.4.1.	AFORO DE VOLUMEN VEHICULAR	99
3.4.2.	RESUMEN DEL AFORO VEHICULAR	100
3.4.3.	TRANSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL	101
3.4.4.	TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL	102
3.4.5.	TASA ANUAL DE CRECIMIENTO DE TRÁFICO	105
3.4.6.	FACTOR CAMIÓN	106
3.4.6.1.	FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGA	106
3.4.6.2.	CÁLCULO DEL FACTOR CAMIÓN	107
3.4.7.	NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES	107
3.5.	DISEÑO DE LA VÍA	110
3.5.1.	DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA	110
3.5.2.1.	PARÁMETROS VINCULADOS A LA CLASIFICACIÓN DE VÍAS URBANAS	110
3.5.2.2.	CRITERIOS BÁSICOS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO	110
3.5.2.3.	DISEÑO GEOMETRICO LONGITUDINAL	111
3.5.2.4.	SEÑALIZACIÓN, MARCAS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO	113
3.5.2.	DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO	123

3.5.1.1.	DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO POR EL MÉTODO AASHTO 93	124
3.5.1.2.	DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO POR EL MÉTODO PCA	132
3.5.3.	DISEÑO DE JUNTAS Y REFUERZO DEL PAVIMENTO RIGIDO	142
3.6.	DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE	144
3.6.1.	DISEÑO DE CUNETAS.....	144
3.6.1.1.	ECUACIÓN DE MANNING PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES.....	144
3.6.1.2.	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	145
3.6.1.3.	RESUMEN DE RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	145
3.6.1.4.	PARÁMETROS DE DISEÑO	146
3.6.1.5.	SECCIÓN FINAL DE LA CUNETA.....	147
3.7.	EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	148
3.7.1.	UBICACIÓN POLÍTICA.....	148
3.7.2.	ACTIVIDADES RELEVANTES DEL PROYECTO	148
3.7.2.1.	ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	148
3.7.2.2.	ETAPA DE ABANDONO DE OBRA.....	149
3.7.2.3.	ETAPA DE FUNCIONAMIENTO	149
3.7.2.4.	MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES	150
3.7.3.	MEDIOS DE MANEJO	153
3.7.3.1.	PLAN DE ACCIÓN PREVENTIVO Y/O CORRECTIVO	153
3.7.3.2.	PLAN DE VIGILANCIA Y CONTROL AMBIENTAL	157
3.7.3.3.	IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE ABANDONO Y RESTAURACIÓN	158
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		159
4.1.	LOGROS Y OBJETIVOS	159
4.1.1.	LOGROS OBTENIDOS	159
4.1.1.1.	ESTUDIO BÁSICOS DE INGENIERÍA	159
4.1.1.2.	EVALUACIÓN DEL TRANSITO.....	161
4.1.1.3.	DISEÑO DE LA VÍA.....	162
4.1.1.4.	DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE	163
4.1.1.5.	EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	164
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		165
BIBLIOGRAFÍA		153
ANEXOS.....		154

LISTA DE CUADROS

Cuadro 2. 1: Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO	35
Cuadro 3. 1: Número de Puntos de Investigación	60
Cuadro 3. 2: Resumen de los Resultados de los Ensayos de Laboratorio.	68
Cuadro 3. 3: Límites para selección de resistencia (CBR de diseño).	72
Cuadro 3. 4: Determinación del CBR de diseño (Terreno de Fundación).	72
Cuadro 3. 5: Requerimientos de Ensayos Especiales para sub base granular. EG-2013	73
Cuadro 3. 6: Requerimientos granulométricos para sub base granular.	74
Cuadro 3. 7: Resultados de la Mezcla de Suelos para Sub Base.	76
Cuadro 3. 8: Resultados de la Mezcla de Suelos para Sub Base.	76
Cuadro 3. 9: Años de precipitaciones extremas, estación Juliaca.	78
Cuadro 3. 10: Registro de Precipitación Máxima en la estación meteorológica.	81
Cuadro 3. 11: Desarrollo del cálculo de intensidad de lluvia	83
Cuadro 3. 12: Aplicación de la LEY DE GUMBEL	84
Cuadro 3. 13: Lluvias Máximas en (mm) para la estación meteorológica de Juliaca.	84
Cuadro 3. 14: Intensidades Máximas en mm/hora para la estación meteorológica Juliaca	85
Cuadro 3. 15: Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el Método Racional	86
Cuadro 3. 16: Hallando el coeficiente de escorrentía (C)	86
Cuadro 3. 17: Determinación de las áreas tributarias.	87
Cuadro 3. 18: Determinación de caudales para las áreas tributarias	88
Cuadro 3. 19: Requerimiento de la EG-2013	93
Cuadro 3. 20: Requerimiento para concreto hidráulico EG-2013.	93
Cuadro 3. 21: Características de los materiales.	93
Cuadro 3. 22: Diseño de mezclas para concreto de 210kg/cm ²	97
Cuadro 3. 23: Diseño de mezclas para concreto de 175kg/cm ²	98
Cuadro 3. 24: Aforo De Vehículos del 10 al 16 de febrero del 2014	100
Cuadro 3. 25: Resumen de Aforo Vehicular de la Vía	101
Cuadro 3. 26: Cálculo del Tránsito promedio diario Semanal.	101
Cuadro 3. 27: Datos para el cálculo de “s” (Desviación Estándar)	103
Cuadro 3. 28: TPDA por tipo de vehículo.	104
Cuadro 3. 29: Proyecciones del Parque Vehicular estimado, según Departamento.	105
Cuadro 3. 30: Cálculo del Factor Camión	107
Cuadro 3. 31: Factor de Distribución por carril.	108
Cuadro 3. 32: Cálculo del ESAL de diseño valor tomado para el proyecto	109
Cuadro 3. 33: Cálculo del Ejes equivalentes de diseño según Manual de Carreteras, sección Suelos y Pavimentos. R.D.N°10-2014-MTC/14. Lima, 09 de abril del 2014.	109
Cuadro 3. 34: Parámetros de Diseño vinculados a la Clasificación de Vías Urbanas.	110
Cuadro 3. 34: Distancia de Visibilidad de Parada respecto a la Velocidad de diseño	111
Cuadro 3. 35: Ancho de Carril.	112
Cuadro 3. 36: Bombeo de la Calzada.	113
Cuadro 3. 37: Resumen Del Diseño Geométrico.	113
Cuadro 3. 38: Periodos de diseño a adoptar en función del tipo de carretera.	125
Cuadro 3. 39: Valores de Zr en función de la confiabilidad	126

Cuadro 3. 40: Niveles de confiabilidad a adoptar en función del tipo de carretera.	126
Cuadro 3. 41: Valores de desviación estándar.....	127
Cuadro 3. 42: Valores de serviciabilidad inicial y final para pavimentos rígidos.....	127
Cuadro 3. 43: Valores de coeficiente de drenaje de acuerdo a la calidad de drenaje.....	128
Cuadro 3. 44: Valores de coeficiente de transmisión de cargas, J.....	128
Cuadro 3. 45: Proceso de cálculo por el Método AASHTO.....	131
Cuadro 3. 46: Tasas anuales de crecimiento con sus factores de proyección.....	133
Cuadro 3. 47: Índice Medio Diario Anual o Tránsito Promedio Diario Anual.....	135
Cuadro 3. 48: Configuración de las cargas de los vehículos comerciales.....	136
Cuadro 3. 49: Distribución del número de los vehículos comerciales.	136
Cuadro 3. 50: Distribución de los VC por día y carril de diseño, por cada 1,000 VC.....	136
Cuadro 3. 51: Número de ejes esperados por cada 1,000 VC.....	137
Cuadro 3. 52: Número esperado de ejes en el carril de diseño para el periodo.	137
Cuadro 3. 53: Requisitos de los Pavimentos Especiales.	143
Cuadro 3. 54: Coeficiente de rugosidad de Manning para Cunetas.	145
Cuadro 3. 55: Determinación de caudales para las áreas tributarias	146
Cuadro 3. 56: determinación de caudal aplicando la ecuación de Manning.	147
Cuadro 3. 57: características finales de la cuneta.....	147
Cuadro 3. 58: Disposiciones del RNE OS.060.....	148
Cuadro 3. 59: valores para matriz de iteración	150
Cuadro 3. 60: Matriz de identificación de impactos relevantes	151
Cuadro 3. 61: Evaluación de impactos ambientales relevantes.....	151
Cuadro 4. 1: Resultados obtenidos de los ensayos de suelos.	160
Cuadro 4. 2: Requerimientos de calidad para sub base granular.....	160
Cuadro 4. 3: Resultados obtenidos del conteo de vehículos.....	161
Cuadro 4. 4: Resultados obtenidos del cálculo de TDPA.	161
Cuadro 4. 5: Resultados obtenidos del cálculo de ESAL.	162
Cuadro 4. 6: Resultados obtenidos del cálculo del caudal soportado por la cuneta.....	163
Cuadro 4. 7: Disposiciones del RNE OS. 0.60.....	164

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1: Ubicación del Lugar de proyecto	16
Figura 1. 2: Ubicación del Lugar de proyecto	17
Figura 2. 1: Carta de Plasticidad	36
Figura 3. 1: Cálculo del CBR de Diseño.....	73
Figura 3. 2: Método cuadrado para la mezcla de dos suelos.	75
Figura 3. 3: Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)	85
Figura 3. 4: Áreas Tributarias.....	87
Figura 3. 5: Ubicación de la Cantera rio Coata (Material Hormigón para Sub Base).....	89
Figura 3. 6: Ubicación de la Cantera Moro Pacco-Caminaca (Material para Sub Base).....	90
Figura 3. 7: Peso máximo por Eje o conjunto de Ejes (Valores de P1)	107
Figura 3. 8: Sección Transversal.....	112
Figura 3. 9. Líneas de carril.....	118
Figura 3. 10 Ejemplo de Marcado de Línea de Pare	119
Figura 3. 11 Marcado de línea de paso peatonal en zonas no controladas Por semáforos. ...	120
Figura 3. 12: Porcentaje de camiones en el carril de diseño.	134
Figura 3. 13: Presentación del programa BS PCA.....	138
Figura 3. 14: Transito de ejes simple en carril de diseño	139
Figura 3. 15: Transito de ejes tándem en carril de diseño.....	139
Figura 3. 16: Resumen tanteos con los diferentes espesores.....	140
Figura 3. 17: Datos de entrada y resultados.	141
Figura 3. 18: Reporte final del programa BS – PCA	141
Figura 3. 20: Cuneta de Sección Transversal: Triangulo Rectángulo	144
Figura 4. 1: Resultados obtenidos del diseño por el método AASHTO 93.....	162
Figura 4. 2: Resultados obtenidos en la iteración para diferentes espesores.....	163
Figura 4. 3: Comparación de los impactos ambientales positivos y negativos.....	164



RESUMEN

El presente proyecto de tesis titulado: “PAVIMENTACION DE LOS JIRONES ACHAYA, MANCO CAPAC, CONDE DE LEMUS, ARICA Y PUNO DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CAMINACA-AZANGARO” tiene como principal objetivo brindar adecuadas condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal en los jirones Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica, y Puno de la municipalidad distrital de Caminaca, proponiendo el estudio definitivo que permita la construcción de la Pavimentación de los jirones en mención.

El estado actual de la vía se encuentra en muy malas condiciones, dado que a la fecha no fue intervenida para su mejoramiento y sumado a esto el deterioro por parte de los agentes climatológicos como la lluvia que son propio de la zona en estudio.

Se plantea la pavimentación de los jirones Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica y Puno para que brinde un adecuado flujo vehicular y de transporte de pobladores de la zona del proyecto y aledaños a la misma, mejorando las condiciones de vida de los moradores de la zona a la cual pertenece el presente estudio definitivo.

El presente proyecto propone que se realice el pavimento rígido la cual se evalúa mediante dos métodos ASSTHO 93 y PCA de los jirones Achaya con una longitud de 76.00m, Manco Capac con una longitud de 71.00m, Conde de Lemus con una longitud de 187.00m, Arica con una longitud de 70.00m y Puno con una longitud de 79.00m, teniendo un total de 483.00 metros, con un ancho de vía promedio igual a 7.8 metros, de concreto hidráulico $f'c=210$ kg/cm², veredas de concreto frotachado coloreado con una calidad de $f'c=175$ kg/cm².

El presente proyecto aporta una mejora en la integración de sus calles y jirones a través de un estudio de pavimentación de sus vías, proponiendo una alternativa que cumple y satisface los requisitos técnicos exigidos por normas y reglamentos vigentes. Se presenta para esto a la Municipalidad Distrital de Caminaca con el objeto de proponer su ejecución.

ABSTRACT

The present titled thesis Project: "PAVING OF THE SHERDS ACHAYA, MANCO CAPAC, CONDE DE LEMUS, ARICA AND PUNO OF THE MUNICIPALITY DISTRICTAL OF CAMINACA- AZANGARO" takes as a main target to offer suitable conditions of transport and pedestrian transitivity in the shreds Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica and Puno of the municipality districtal of Caminaca, proposing the definitive study that allows the construction of the paving of the shreds in mention.

The current state of the route is in very bad conditions, since to the date it was not taken control for its improvement and added to this the deterioration on the part of the climatological agents like the rain that are proper of the area in study.

There appears the paving of the shreds Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica and Puno so that it offers a suitable transport flow and of settlers' transport and area of the project and outskirts to be some one, improving the living conditions of the inhabitants of the area to which the present definitive study belongs.

The present project proposes to realize the rigid which Conde de Lemus evaluates by means of two methods AASTHO 93 and PCA of the shreds Achaya with a length of 76.00m, Manco Capac with a length of 71.00m, Conde de Lemus with a length of 187.00m, Arica with a length of 70.00m and Puno with a length of 79.00m, having a 483.00 meters whole, with a route breadth equal average to 7.8 meters, of concrete hydraulically $f'c=210\text{kg/cm}^2$, paths of concrete frotachado colored with a quality of $f'c=175\text{kg/cm}^2$.

The present project contributes a progress in the integration of its streets and shreds across as a study of paving of its routes, proposing an alternative that fulfills and satisfies the technical requisites demanded by norms and current regulations. It appears for this to the municipality Districtal de Caminaca in order to propose its execution.

INTRODUCCION

El presente proyecto de tesis titulado: “PAVIMENTACION DE LOS JIRONES ACHAYA, MANCO CAPAC, CONDE DE LEMUS, ARICA Y PUNO DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CAMINACA-AZANGARO” tiene como principal objetivo brindar adecuadas condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal en los jirones Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica, y Puno de la municipalidad distrital de Caminaca, proponiendo el estudio definitivo que permita la construcción de la Pavimentación de los jirones en mención.

El estado actual de la vía se encuentra en muy malas condiciones, dado que a la fecha no fue intervenida para su mejoramiento y sumado a esto el deterioro por parte de los agentes climatológicos como la lluvia que son propio de la zona en estudio.

Se plantea la pavimentación de los jirones Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica y Puno para que brinde un adecuado flujo vehicular y de transporte de pobladores de la zona del proyecto y aledaños a la misma, mejorando las condiciones de vida de los moradores de la zona a la cual pertenece el presente estudio definitivo.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad la superficie de rodadura es de tierra natural, con secciones longitudinales y transversales irregulares y sin veredas peatonales.

En la vía, los vehículos transitan con dificultad, debido a que su superficie de rodadura presenta ondulaciones, situación que se agrava en épocas de precipitaciones pluviales.

Los jirones de la Municipalidad Distrital de Caminaca se encuentran en pésimas condición de transitabilidad, y tiene la presencia de charcos de aguas, lodos de tierra y focos de contaminación ambiental que ocasiona el daño a la salud de las personas, esto debido al encausamiento de aguas pluviales, situación que se agrava en épocas de lluvia, quedando intransitable e imposibilita un adecuado flujo vehicular, peatonal incrementando mayores costos de transporte así mismo como hay presencia de vientos se genera polvareda en suspensión presentando incidencia de enfermedades respiratorias y transmisibles, entre otras enfermedades incrementando el gasto en la salud de la población.

1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las condiciones inadecuadas de transitabilidad vehicular y peatonal, así también las vías en mal estado y sin mantenimiento de los jirones Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica y Puno hacen necesario realizar la “Pavimentación de los jirones Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica y Puno de la localidad de Caminaca”.

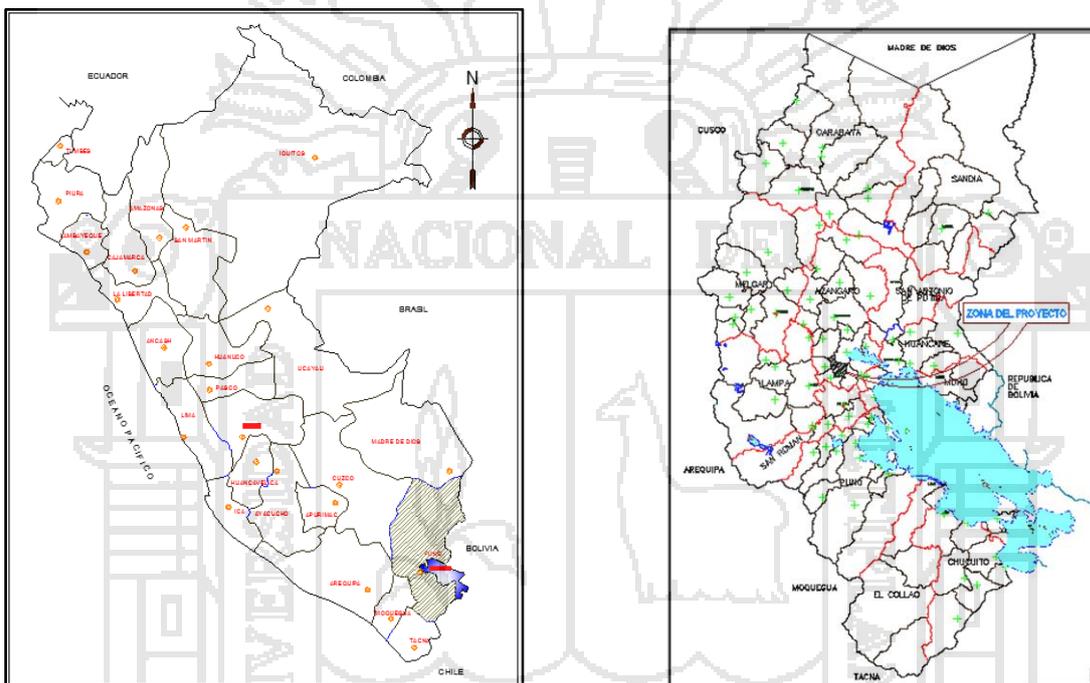
1.1.3. ÁMBITO DEL PROYECTO

El ámbito del proyecto comprende los jirones Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica y Puno de la Municipalidad Distrital de Caminaca.

Ubicación Geográfica:

Departamento : PUNO
 Provincia : AZÁNGARO
 Distrito : CAMINACA
 Localidad : CAMINACA

República del Perú Departamento de Puno



Provincia de Puno



Figura 1. 1: Ubicación del Lugar de proyecto



Figura 1. 2: Ubicación del Lugar de proyecto

Fuente: Catastro de Caminaca

1.1.4. DELIMITACIÓN

Delimitación Espacial

El proyecto se encuentra ubicado en los jirones Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica, y Puno de la municipalidad distrital de Caminaca. Provincia de Azángaro Departamento de Puno

Delimitación Temporal

El proyecto se realizará en cuatro meses de acuerdo al cronograma de actividades del desarrollo del proyecto de tesis.

Delimitación Temática

La delimitación temática del presente trabajo de investigación de tesis, está limitada al contenido de la ingeniería del proyecto.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Con la realización del proyecto, se mejorara la calidad de vida de la población de Caminaca es decir, que los transeúntes cuenten con suficiente seguridad, comodidad y orden para su desplazamiento, así como el mejoramiento en el tránsito vehicular es decir, los vehículos circularan en forma ordenada y básicamente el mejoramiento del ornato de la localidad de Caminaca.

Hoy en día, la práctica común para el diseño de pavimentos rígidos considera dos metodologías, uno el método PCA y el método AASHTO. En ambos casos el procedimiento de diseño se realiza empleando una serie de tablas y gráficas, las cuales se utilizan conociendo previamente ciertas características del pavimento como la resistencia de los materiales a emplear y el análisis de tráfico al cual el sistema será sometido para obtener como respuesta el espesor de pavimento requerido.

Para diseños de pavimentos más reales, se debe realizar por lo menos por dos métodos, y de esta manera poder hacer una comparación de resultados, ya que la idea fundamental es la de poder garantizar el desempeño del pavimento a lo largo de su vida de proyecto. Esto significa garantizar que los niveles de agrietamiento, deformación permanente, escalonamiento, regularidad superficial, etc., se mantendrán dentro de un rango ideal, que dependerá de la importancia de la red vial de que se trate.

De conformidad con lo expuesto anteriormente y siendo el estudio una alternativa de solución a la problemática de la población del distrito de Caminaca; se justifica la realización del proyecto como tema de tesis de grado; mediante el cual se contribuye al desarrollo de dicho sector de nuestra región como parte de la extensión social de la Facultad de Ingeniería Civil y nuestra Universidad.

1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar el estudio definitivo de pavimentación en los jirones Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica, y Puno de la Municipalidad Distrital de Caminaca para brindar adecuadas condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal.

1.3.2. OBJETOS ESPECÍFICOS

Realizar los estudios, técnicos y normativos para elaborar el presente proyecto.

Efectuar el estudio topográfico, con el objetivo de conocer características geométricas en la longitud de la calle, siendo estos la base para la realización del diseño geométrico.

Verificar las condiciones del suelo mediante los estudios correspondientes para luego diseñar la estructura del pavimento.

Determinar el volumen de tránsito que presenta actualmente los jirones Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica, y Puno, mediante la realización de un aforo, para después utilizarlo como parámetro de diseño.

Efectuar el diseño vial

Realizar el estudio hidrológico y drenaje superficial

Realizar el estudio de impacto ambiental

Formular el expediente técnico

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. ANTECEDENTES

Existen estudios anteriores cercanos a la zona del proyecto como son:

-PROYECTO CON CODIGOSNIP196404“Creación de veredas peatonales en los jirones Conde de Lemus y Dos de Mayo Distrito de Caminaca-Azángaro”, Estado inactivo, perfil aprobado.

-TESIS

“Mejoramiento de la infraestructura vial a nivel de pavimento flexible en la Av. SimónBolívar de la ciudad de Arapa-Provincia de Azángaro”.

“Diseño de la infraestructura vial del pavimento urbano del jr. Arequipa en la ciudad de Azángaro”

2.2. BASES NORMATIVAS

La elaboración de éste proyecto se realizará en base a la normatividad siguiente:

2.2.1. DG-2013

El Manual de Carreteras “Diseño Geométrico”, forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio, por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

El Manual de Carreteras “Diseño Geométrico”, es un documento normativo que organiza y recopila las técnicas y procedimientos para el diseño vial, en función a su concepción y desarrollo, y acorde a determinados parámetros. Abarca la información necesaria y los diferentes procedimientos, para la elaboración del diseño geométrico de los proyectos, de acuerdo a su categoría y nivel de servicio, en concordancia con la demás normativa vigente sobre la gestión de la infraestructura vial.

2.2.2. EG-2013

El Manual de “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de

cumplimiento obligatorio por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

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

2.2.3. RNE-NORMA TÉCNICA CE. 010 - PAVIMENTOS URBANOS

Aprobado por D.S. N°001-2010-VIVIENDA. Esta Norma tiene por objeto establecer los requisitos mínimos para el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimientos, rotura y reposición de pavimentos urbanos, desde los puntos de vista de la mecánica de suelos y de la ingeniería de pavimentos, a fin de asegurar la durabilidad, el uso racional de los recursos y el buen comportamiento de aceras, pistas y estacionamientos de pavimentos urbanos, a lo largo de su vida de servicio.

2.3. BASES TEÓRICAS Y CONCEPTUALES

2.3.1. PAVIMENTO¹

Un pavimento de concreto o pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una sub base. La losa, debido a su rigidez y al módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la sub base y sub rasante. Todo lo contrario sucede en los pavimentos flexibles, que al tener menor rigidez, transmiten los esfuerzos hacia las capas inferiores lo cual trae como consecuencia mayores tensiones en la sub rasante y las capas superiores.

2.3.2. CARACTERÍSTICAS QUE DEBE REUNIR UN PAVIMENTO

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.

¹ MONTEJO FONSECA, Alfonso; Ingeniería de Pavimentos, pag. 2

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

2.3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS²

En nuestro medios los pavimentos se clasifican en: Pavimentos rígidos, pavimentos semirígidos, pavimentos flexibles y pavimentos articulados.

2.3.3.1. PAVIMENTOS RIGIDOS

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.

Los elementos que conforman un pavimento rígido son: la sub rasante, sub base y la superficie de rodadura - losa de concreto. A continuación se hará una breve descripción de cada uno de los elementos que conforman la estructura del pavimento rígido. En la Figura 2.1. Se muestra los tipos de composición de un pavimento rígido convencional de mejor aplicación para la región y como las alternativas de solución del deterioro precipitado del pavimento rígido frente a las solicitudes externas.

² MONTEJO FONSECA, Alfonso; Ingeniería de Pavimentos.

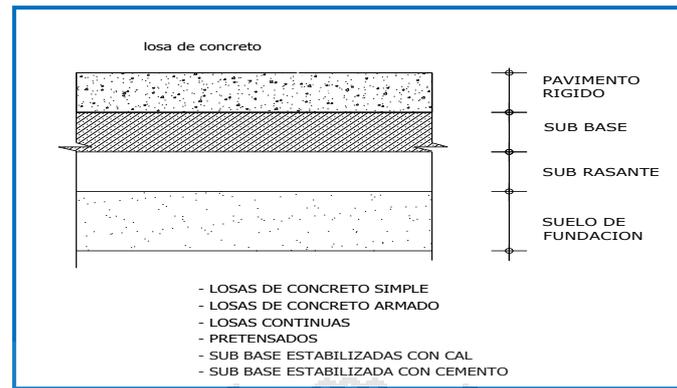


Figura 2. 1: Pavimento rígido y opciones de composición estructural. Fuente: <http://www.duravia.com.pe/category/conoce-el-pavimento/page/8/>.

Además, dentro del mismo contexto para la determinación de una estructura de pavimento, existen algunos aspectos que forman parte del diseño de una estructura de pavimento rígido que en algunos casos no se les presta la debida atención y son obviadas, tales como: la forma de la losa (ancho y largo); los cuales pueden tener una incidencia notable en el adecuado desempeño de la estructura de pavimento rígido frente a las solicitaciones externas, principalmente del tránsito vehicular pesado.

SUB RASANTE

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la muestra de suelo de la sub rasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento rígido es esencialmente el ajuste de la carga de diseño como por rueda a la capacidad de la sub rasante.

SUB BASE

La capa de sub base es la porción de la estructura del pavimento rígido, que se encuentra entre la sub rasante y la losa pavimento rígida. Consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la función principal de la sub base es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. Es la capa de la

estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura del pavimento rígido, de tal manera que la capa de sub rasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo. La sub base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el estructura de pavimento rígido. Se utiliza además como capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua contaminante, el bombeo de granos finos y protegiendo así a la estructura del pavimento rígido, por lo que generalmente se usan materiales granular compactado. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una sub rasante o sub base adecuada, sirviendo como material de transición se produce fallas en la superficie de rodadura.

SUPERFICIE DE RODADURA.

Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto, simple o reforzado, por lo que debido a su rigidez y el módulo de elasticidad, asientan la capacidad soporte de tránsito y otros en la losa de concreto, más que en la capacidad de la sub rasante, dado que no se usa capa de base. En general, se puede indicar que el concreto distribuye mejor y de manera uniforme las cargas hacia la sub estructura de pavimento rígido.

CONCRETO.

El concreto es conformado por una mezcla homogénea de cemento portland, agua, agregados finos y gruesos, aditivos y algún tipo de refuerzo (Acero, Varillas de acero de transferencia de cargas y/o Fibras acero o elásticas) si existiera la necesidad.

2.3.3.2. TIPOS DE PAVIMENTO RIGIDO.

Los diferentes tipos de pavimento rígido son determinados según Ing. Alonso Montejo Fonseca.

2.3.3.2.1 PAVIMENTO RÍGIDO DE CONCRETO SIMPLES.

Se construyen sin acero de refuerzo y preferentemente sin varillas de acero de

transferencia de cargas en las juntas. La transferencia de carga en las juntas se obtiene a través del trabazón de los agregados entre las caras de las juntas.

Están constituidos por losas de dimensiones relativamente pequeñas, en general menores de 4.5 m de longitud entre juntas. Los espesores varían de acuerdo al uso previsto y de la clasificación de calles urbanas, es por ello las juntas no deben estar muy espaciadas con el fin de producir una eficiente transferencia de carga.

En pavimento rígido simple con varillas de transferencia de cargas son pequeñas barras de acero liso, que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción. Su función estructural es un dispositivo para transmitir las cargas de una losa a la losa continua, mejorando así las condiciones de deformación en las juntas. De esta manera, se evitan los desplazamientos verticales diferenciales (escalonamientos).

2.3.3.2.2 LOS PAVIMENTOS RÍGIDO REFORZADOS.

Los pavimentos reforzados contienen acero de refuerzo y pasadores en juntas de construcción para la transmisión de carga entre las losas. Estos pavimentos se construyen con espaciamientos mayores que los no reforzados; entre las juntas se desarrollarán una o más grietas transversales que serán unidas por el acero de refuerzo (malla de varillas de acero y/o mallas electro soldadas) proveyéndose una buena transferencia de carga, por ende como objetivo principal de la armadura es mantener las grietas que se pudieran formarse bien unidas, y de esta manera conseguir que el pavimento se comporte como una unidad estructural durante todo el periodo de diseño.

Los espaciamientos o las longitudes entre juntas son mayores que las de un concreto simple (4.5 m) hasta una longitud de 9.00 m. Se han utilizado mayores espaciamientos con resultados negativos como el daño de las juntas y el desarrollo de grietas intermedias.

2.3.3.2.3 LOS PAVIMENTO RÍGIDO CON REFUERZO CONTINUO.

Los pavimentos continuamente reforzados se construyen sin juntas de contracción y/o transversales de la losa de concreto por ello pudiendo solo quedar algunas juntas de construcción y aislantes en la zona de alguna obra de arte.

Debido al refuerzo en acero, relativamente pesado y continuo refuerzo en

dirección longitudinal, estos pavimentos desarrollan grietas transversales en cortos intervalos. En estas grietas se presenta un alto grado de transferencia de carga debido a que están firmemente unidas por el acero de refuerzo (malla de varillas de acero y/o mallas electro soldadas), sin embargo, por la presencia de refuerzo se desarrolla la transferencia de cargas en las caras de las fisuras.

TIPOS DE FALLAS

a) Fisura transversal o diagonal

Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente perpendicular al eje del pavimento, o en forma oblicua a este, dividiendo la misma en dos planos.

b) Fisura Longitudinal

Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente paralela al eje de la carretera, dividiendo la misma en dos planos.

c) Fisura de Esquina.

Es una fisura que intersecta la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 m a cada lado medida desde la esquina. Las fisuras de esquina se extienden verticalmente a través de todo el espesor de la losa.

d) Losas subdivididas.

Fracturamiento de la losa de concreto conformando una malla amplia, combinando fisuras longitudinales, transversales y/o diagonales, subdividiendo la losa en cuatro o más planos.

e) Fisuras en Bloque.

Fracturamiento que subdividen generalmente una porción de la losa en planos o bloque pequeños de área inferior a 1 metro cuadrado.

f) Levantamiento de losas

Sobre-elevación abrupta de la superficie del pavimento, localizada generalmente en zonas contiguas a una junta o fisura transversal.

g) Dislocamiento

Es una falla provocada por el tránsito en la que una losa del pavimento a un lado de una junta presenta un desnivel con respecto a una losa vecina; también puede

manifestarse en correspondencia con fisuras.

h) Hundimiento

Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo; puede estar acompañado de un fisuramiento significativo, debido al asentamiento del pavimento.

i) Descascaramiento y fisuras capilares

Descascaramiento es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de concreto. Por fisuras capilares se refiere a una malla o red de fisuras superficiales muy finas, que se extiende solo a la superficie del concreto. Las mismas que tienden a intersectarse en ángulos de 120°.

j) Pulimiento de la superficie

Superficie de rodamiento excesivamente lisa por efecto del pulimiento de los agregados que la componen.

k) Peladuras

Progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino desprendido de matriz arena cemento del concreto, provocando una superficie de rodamiento rugosa y eventualmente pequeñas cavidades.

l) Bache.

Descomposición o desintegración la losa de concreto y su remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares.

2.3.3.3. PAVIMENTOS SEMI-RÍGIDOS.

Este tipo de pavimento guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas del pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias talque encarecerían notablemente los costos de construcción.

2.3.3.4. PAVIMENTOS FLEXIBLES

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub base. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.

2.3.3.5. PAVIMENTOS ARTICULADOS

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborado con bloques de concreto prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de ésta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circulan por dicho pavimento.

2.3.4. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

La Topografía como ciencia tiene por objeto representar el terreno sobre el papel de la manera exacta posible, permitiéndonos determinar todo el conjunto de particularidades de la configuración de un terreno.

La finalidad de todo trabajo topográfico es la observación en campo de una serie de puntos que permita posteriormente en gabinete la obtención de unas coordenadas para:

- Hacer una representación gráfica de una zona.
- Conocer su geometría.
- Conocer su altimetría.
- Calcular una superficie, una longitud, un desnivel.

Cuando únicamente se desea conocer la planimetría, el levantamiento se llama planimétrico. Cuando sólo interesa la altimetría, se llama altimétrico. Y cuando se toman datos de la geometría y de la altitud, el levantamiento se llama topográfico, taquimétrico o completo.

En todos los trabajos se busca una precisión determinada. Para la elaboración de un plano, la precisión planimétrica y la elección de los elementos del terreno la marca la escala de la representación y el límite de percepción visual de 0,2 mm.

Para la altimetría, los puntos levantados están condicionados por la equidistancia de las curvas de nivel.

En cualquier caso, para llevar a cabo el trabajo se dispondrá de un determinado equipo técnico y humano. Una clasificación de los métodos topográficos en función del instrumental empleado es la siguiente:

- Métodos basados en medidas angulares:
 - Triangulación.
 - Intersecciones (directa e inversa).
- Métodos basados en la medida de ángulos y distancias.
 - Poligonal.
 - Radiación.
- Métodos de medida de desniveles.
 - Nivelación trigonométrica.
 - Nivelación geométrica.

2.3.4.1. MÉTODOS BASADOS EN MEDIDAS ANGULARES

TRIANGULACIÓN

Consiste en determinar las coordenadas de una serie de puntos distribuidos en triángulos partiendo de dos conocidos, que definen la *base*, y midiendo todos los ángulos de los triángulos.

INTERSECCIONES

Las intersecciones son métodos en los que para determinar la posición de un punto sólo se requiere la medida de ángulos. Si las observaciones se hacen desde puntos de coordenadas conocidas se llaman intersecciones directas, y si se hacen desde el punto cuyas coordenadas se quieren determinar, se llaman inversas.

Si además de medir ángulos horizontales se miden los verticales, se puede calcular la coordenada Z.

2.3.4.2. MÉTODOS BASADOS EN LA MEDIDA DE ÁNGULOS Y DISTANCIAS

POLIGONAL

La finalidad de la poligonal es determinar las coordenadas de una serie de puntos, muchas veces a partir de las de otros cuya posición ya ha sido determinada por procedimientos más precisos.

Se define la poligonal como el contorno formado por tramos rectos que enlazan los puntos a levantar. Los puntos a levantar son las bases o estaciones. Los tramos o ejes son los lados de la poligonal, la unión de bases consecutivas.

La observación consiste en medir las longitudes de los tramos y los ángulos horizontales entre ejes consecutivos.

RADIACIÓN

Consiste en estacionar en un punto de coordenadas conocidas y medir coordenadas polares (ángulo y distancia reducida) a los puntos cuya posición se quiere determinar.

La radiación se utiliza para tomar los detalles en torno a un punto conocido. Muchas veces el punto conocido es una estación de la poligonal, y la orientación angular se hará a la base anterior o siguiente.

Es un método adecuado para hacer un levantamiento de una zona con visibilidad desde un punto. Se puede establecer un sistema de coordenadas local teniendo la precaución de elegir unas coordenadas para la estación desde la que se radia suficientemente grande para que no tener coordenadas negativas de los puntos levantados. A veces se intenta situar el eje Y próximo al Norte, operación que se puede hacer con la ayuda de una brújula.

La radiación es en muchas ocasiones un método complementario de la poligonal.

2.3.4.3. MÉTODOS DE MEDIDA DE DESNIVELES

La nivelación tiene por objeto determinar diferencias de cota entre puntos del terreno. Se denomina cota a la distancia entre las superficies de nivel de referencia y la superficie de nivel que contienen al punto. Se llama altitud cuando está referida al nivel del mar. Para distancias pequeñas las superficies de nivel se consideran horizontales y paralelas.

Desnivel es la diferencia de cota o altitud entre dos puntos.

Los métodos de nivelación se basan en la determinación de desniveles entre puntos. La cota de un punto se determina sumando el desnivel medido desde un punto a la cota de éste.

NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

Los desniveles se determinan por procedimientos trigonométricos, mediante la medida de ángulos verticales y distancias.

NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

Consiste en determinar desniveles entre puntos mediante visuales horizontales.

ESTUDIOS GEOLÓGICOS³

Como toda ciencia, la Geología evoluciona constantemente, se replantea conceptos y adopta nuevos paradigmas. Por ejemplo, el desarrollo y consolidación de la Teoría de la Tectónica de Placas ha significado un enorme progreso de las Ciencias de la Tierra porque ha permitido responder muchas interrogantes planteadas por los investigadores a lo largo de varios siglos, aunque también ha abierto nuevas interrogantes.

La Geología es, además, una ciencia que va adquiriendo mayor importancia en la aplicación de soluciones a problemas relativos al uso de los suelos, preservación del medio ambiente y ecología, utilización racional y conservación de recursos naturales, prevención y defensa de desastres por fenómenos naturales, como deslizamientos, inundaciones, erupciones volcánicas, seísmos y terremotos. Asimismo, ha desarrollado con éxito herramientas de búsqueda y prospección de depósitos de minerales, petróleo y gas, mediante la aplicación de conocimientos de otras disciplinas y metodologías de investigación.

En conclusión, la Geología es la Ciencia de la Tierra que estudia el origen, composición, estructura y los fenómenos que se han producido en ella desde su génesis hasta la actualidad. Una definición científica diría que es la combinación

³Compendio Geología General, David R. Rojas Caballero.

matemática, física, química y biológica del estudio de la Tierra tal como hoy existe, y los procesos y estados a través de los cuales ha evolucionado.

2.3.5.1. DIVISIÓN DE LAS CIENCIAS GEOLÓGICAS

Como toda ciencia, la Geología es compleja, y para fines de estudio se le ha subdividido en varios campos de especialización:

- **Geoquímica:** Estudia la Tierra como un sistema químico; analiza las rocas desde el punto de vista de su composición química; trata de la distribución y migración de los elementos químicos en la corteza terrestre y en el interior del globo terráqueo en función de sus afinidades mutuas y de su misma estructura atómica.
- **Geofísica:** Estudia la Tierra investigando sus propiedades físicas en general, las variaciones de gravedad en la superficie terrestre y la propagación de las ondas sonoras a través de las rocas.
- **Mineralogía:** Es la ciencia de los minerales, que estudia su composición, estructura, propiedades físicas, y el origen y las condiciones de un yacimiento.
- **Petrología:** Estudia la composición química y mineralógica de las rocas, su distribución, propiedades y origen.
- **Estratigrafía:** Es el estudio de las rocas sedimentarias que se depositaron en forma de capas o “estratos” y su correlación con otras.
- **Geomorfología:** Estudia el relieve de la superficie terrestre y los fenómenos que han dado lugar a la actual configuración de la misma.
- **Geología estructural:** Estudia los mecanismos y los resultados de la rotura y deformación de la corteza terrestre. Su objetivo es determinar los fenómenos que originaron esa deformación, por ejemplo: fallas, pliegues y diaclasas.
- **Geología histórica:** Estudia la historia de la tierra, es decir su evolución en el transcurso del tiempo, la distribución de los mares y tierras en periodos geológicos pasados.
- **Hidrogeología:** Se ocupa principalmente del estudio de las aguas continentales, en especial de las aguas subterráneas.
- **Limnología:** Se dedica al estudio geológico de pantanos y lagos.
- **Geología marina:** Estudia la acción de los océanos, sus cuencas, yacimientos y corrientes.

- **Geotecnia:** Es la aplicación de la Geología en la construcción de obras de ingeniería.
- **Sedimentología:** Estudia los sedimentos (gravas, arenas, arcillas, etc.) con la finalidad de determinar su origen, propiedades y efectos.
- **Geología económica:** Su objetivo es la evaluación de la economía de un yacimiento o producto mineralizado, así como la exploración de yacimientos metálicos o no-metálicos.
- **Exploración y prospección:** Es la búsqueda de yacimientos geológicos con valor económico, por medio de la geofísica, la geoquímica, el mapeo, las fotos aéreas y las imágenes satelitales.
- **Geología ambiental:** Se ocupa de hallar sectores contaminados, formas y procesos de contaminación, especialmente de agua, agua subterránea y suelos. Investiga la calidad de agua y suelo.

2.3.5. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS⁴

El estudio determinará las características geotécnicas del terreno a lo largo del trazo definitivo, definiendo las unidades estratigráficas considerando las características geológicas del grado de sensibilidad o la pérdida de estabilidad en relación a la obra a construir.

El análisis de suelo fue realizado de acuerdo a lo exigido por las normas peruanas, el cual tiene como finalidad:

- El reconocimiento e identificación de los materiales de superficie y subsuelo existentes a lo largo de la zona de construcción.
- La determinación y evaluación de las características físico-mecánicas de los suelos presentes en el área que comprende el estudio.

De acuerdo a la necesidad del estudio de mecánica de suelos se puede distribuir el estudio de la siguiente manera:

- a) Clasificación de suelos.
 - Determinación del contenido de humedad.
 - Análisis Granulométrico.
 - Determinación del límite líquido.

⁴ Estudio Geotécnico, en <http://www.protransporte.gob.pe>; Recuperado el 20/10/14

- Determinación del límite plástico.
 - Determinación del Índice de Plasticidad.
 - Peso Específico de la muestra.
- b) Calidad en la construcción de la estructura del pavimento.
- Ensayos de compactación de suelo – Proctor Modificado.
 - Determinación del peso unitario o máxima densidad.
 - Optimo contenido de humedad.
 - Determinación de la densidad del suelo en el terreno compactado.
- c) Capacidad de carga de los suelos.
- Ensayo de California Bearing Ratio (CBR), tanto en campo como en laboratorio.
 - Ensayo de carga directa sobre placa.
 - Ensayo de compresión con muestra no confinada.

2.3.6.1. EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA AASHTO

El sistema de clasificación de suelos de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) es uno de los más utilizados actualmente y se basa en las prestaciones de suelos utilizados en la práctica para construir carreteras.

De acuerdo con este sistema y con base en su comportamiento, los suelos están clasificados en ocho grupos designados por los símbolos del A-1 al A-8. En este sistema de clasificación los suelos inorgánicos se clasifican en 7 grupos que van del A-1 al A-7. Estos a su vez se dividen en un total de 12 subgrupos. Los suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como A-8.

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (Menos del 35% pasa por el tamiz n° 200)						MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS (Más del 35% pasa por el tamiz n° 200)				
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6					A-2-7
Subgrupo										A-7-5 A-7-6	
Análisis granulométrico: % que pasa el tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	
Características de la fracción que pasa por el tamiz n° 40											
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad (1)	6 máx.	6 máx.	No plástico	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice del grupo (2)	0		0	0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de materiales preponderantes	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Valor general como cimiento	Excelente a bueno					Regular a malo					

Cuadro 2. 1: Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO

Fuente: Bowles, Joseph - 1980 – pag. 70

2.3.6.2. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

Está basado en la identificación de los suelos según sus cualidades estructurales y de plasticidad, y su agrupamiento con relación a su comportamiento como materiales de construcción de ingeniería.

Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que lo pasan, de esta forma se considera que un suelo es grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en el tamiz No. 200 y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz.

Los seis principales tipos de suelos y sus respectivos prefijos son los siguientes:

- G : Grava.
- S : Arena.
- M : Limo.
- C : Arcilla.
- O : Limos o arcillas orgánicas.
- Pt : Turba y suelos altamente Orgánicos.

Los sufijos que indican las subdivisiones en dichos grupos son los siguientes:

- H : Alta plasticidad.
- L : Baja plasticidad.
- W : Bien graduado.
- P : Mal graduado.

Suelos Granulares

En este grupo se hallan las gravas, arenas y suelos gravosos o arenosos, con pequeñas cantidades de material fino (limo o arcilla). Estos suelos corresponden en líneas generales a los clasificados como: A - 1, A - 2 y A - 3, por la AASHTO y son designados de la siguiente forma:

- Gravados o suelos gravosos: GW, GC, GP y GM.
- Arenas o suelos arenosos: SW, SC, SP y SM.

Suelos Finos

En este grupo se hallan materiales finos, limosos o arcillosos de baja o alta compresibilidad; son designados de la siguiente forma:

- Suelos de baja o mediana compresibilidad: ML, CL, y OL.
- Suelos de alta compresibilidad: MH, CH y OH.

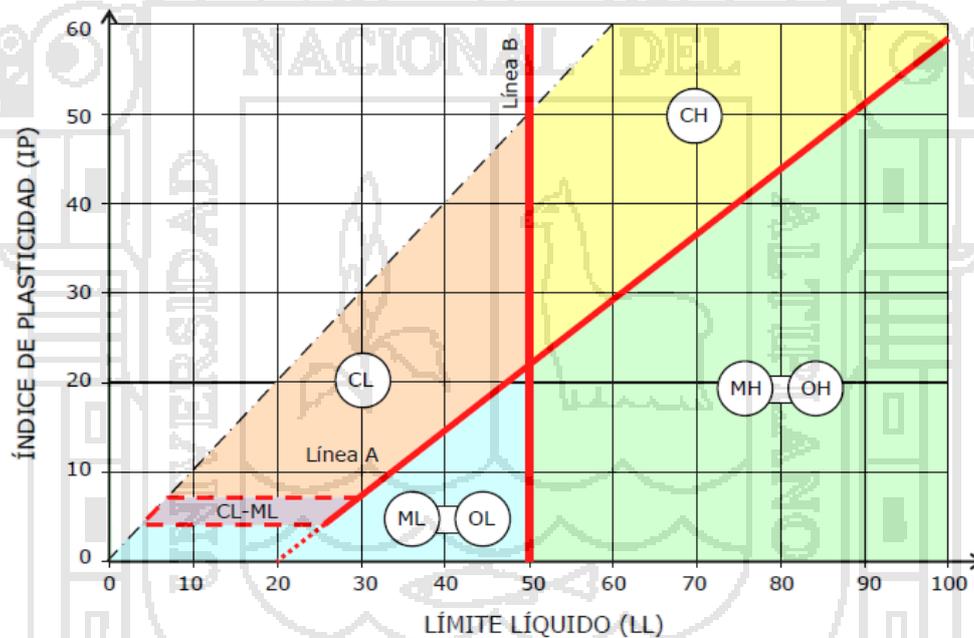


Figura 2.1: Carta de Plasticidad

Fuente: Folletos de mecánica de suelos, Ing. Marvin Blanco

2.3.6. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS⁵

La hidrología es la ciencia que investiga, estudia y analiza la ocurrencia, distribución, circulación y calidad del agua en la tierra, es decir; en la atmósfera, en la superficie terrestre (escorrentía) y en los estratos geológicos (aguas

⁵Wendor Chereque Moran, HIDROLOGÍA

subterráneas) dirigida a establecer la disponibilidad de los recursos de este elemento, para satisfacer las exigencias humanas de supervivencia.

MICRO CUENCA

Se denomina micro cuenca a una pequeña extensión de terreno definida topográficamente, que es drenada por un sistema conectado de cursos de agua a través de drenes naturales como las quebradas, producto de la precipitación, de tal modo que todo el caudal efluente es concentrado y descargado mediante un solo curso común de agua.

PRECIPITACIÓN

La precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tal como granizo. La formación de precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense.

El estudio de precipitación implica determinar el volumen de agua precipitado, que se obtiene conjugando este fenómeno (profundidad de lámina de agua) con la superficie en la cual se produce y el tiempo durante el cual tiene lugar. Para dicho propósito se recurre a observaciones sistemáticas a lo largo de un período de tiempo dado, lo que permite conocer las variaciones sucesivas de la magnitud del fenómeno y las fluctuaciones del área en la cual se produce.

La lluvia como fenómeno fundamental en la precipitación, requiere de un acucioso registro en su medición en las estaciones pluviométricas, pluviográficas o meteorológicas, pues dicha información cuando es completa, consistente y de extensión suficiente tiene como objetivo inmediato y trascendente definir y encarar problemas de escorrentía, dada la estrecha relación que existe entre ambos fenómenos.

A partir de tales datos pluviométricos es posible determinar las características de las aguas superficiales, definiendo razonablemente el régimen y la periodicidad de su ocurrencia.

INTENSIDAD

Se refiere al volumen de agua precipitada en un período de tiempo dado, expresado como una tasa de precipitación, es decir, el volumen (profundidad de la lámina) de

agua que se deposita en el área receptora a lo largo del tiempo durante el cual ocurre la precipitación.

PERÍODO DE RETORNO

Es el período de tiempo promedio, en años, en que un determinado evento extremo, es igualado o superado por lo menos una vez.

FRECUENCIA

Es el número de veces que se repite una precipitación, de características de intensidad y duración definidas en un periodo de tiempo más o menos largo, tomado generalmente en años.

2.3.7. ESTUDIO DE TRÁFICO⁶

Tiene por objeto determinar las incidencias de las cargas y volumen vehicular con la finalidad de obtener el parámetro del tráfico, para lo cual fue necesario la evolución del tráfico actual mediante la realización de un censo vehicular con clasificación.

Debe destacarse el hecho de que la determinación del tráfico es de vital importancia para poder adelantar otras actividades como la de realizar el diseño adecuado de la estructura del afirmado, así como también del pavimento y la evaluación del proyecto, pues gran parte de los beneficios derivados del mismo son debidos a los ahorros en costos de operación vehicular.

A continuación se nombra los factores que influyen la performance del pavimento rígido referentes al tráfico:

- Carga bruta y presión de llanta.
- Propiedades del terreno de fundación y materiales del pavimento.
- Repetición de Carga.
- Velocidad de diseño.
- Eje y configuración de rueda.

Aforo o Conteo Volumétrico de Tráfico

Su principal objetivo es el de determinar la demanda vehicular esperada para la vía nueva a construir. De acuerdo a los requerimientos del estudio, se realizaron los

⁶MONTEJO FONSECA, Alfonso; Ingeniería de Pavimentos, Pag. 17

conteos volumétricos de tráfico que corresponden a la información que permite establecer el TPDA del tráfico para el año base del estudio.

Transito Promedio Diario Anual

El Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), es también conocido como Índice Medio Diario Anual (IMDA), el cual es obtenido a partir del promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año.

Tasa Anual del Crecimiento de Tránsito

Se denomina así al incremento de tránsito vehicular que va aumentando con el transcurso del tiempo, hasta llegar a un punto de saturación en el que se da un incremento mínimo. Este incremento es expresado de manera porcentual, la cual sirve para poder calcular el factor de crecimiento.

2.3.8. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO⁷

Para un diseño completo de un sistema vial necesita del conocimiento de todas las variables que hemos mencionado anteriormente, complementando estas con un excelente diseño de juntas, por lo tanto, existen muchas metodologías de diseño en el mundo y que, se clasifican en tres grupos:

- Teóricas.
- Empíricas.
- Semi Empíricas.

Teóricas

Son aquellas metodologías que asimilan o modelan la estructura del pavimento en función del estudio elástico de sistemas multicapas, sometidos a cargas estáticas. Algunos incluyen propiedades Visco-Elásticas en las capas de la estructura y problemas de carga variable, como el caso del Laboratorio Central de Puentes y Caminos de Francia.

Empíricas

Estas renuncian a la utilización de los resultados de la mecánica y se limitan a una clasificación de suelos y de tipos de pavimentos más usuales experimentales.

Semi Empíricas

⁷Ing. Samuel Mora Q.; PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO; FIC-UNI ASOCEM Pag. 8

Llamadas últimamente “Diseños Mecanicistas-Empíricos” combinan los resultados anteriores y preparan circuitos de ensayos en Laboratorio o Vías de servicio. Estos métodos son los que tienen mayor difusión y son a la vez los más racionales.

Tomando esta última clasificación, la avanzada tecnológica ha desarrollado técnicas que permiten diseñar la estructura del pavimento de forma muy práctica y racional, a través de los llamados catálogos y/o nomogramas de diseño, estos son llevados a sistemas o modelos matemáticos, que están permitiendo muchas alternativas solución.

La ventaja de los “Diseños Mecanicistas-Empíricos”, radica en la confiabilidad del diseño, su habilidad de predecir diferentes tipos de deterioros y la factibilidad de extrapolar datos limitados provenientes de ensayos de laboratorio y observaciones de diseño en su comportamiento en campo.

2.3.9.1. DISEÑO DE PAVIMENTOS - MÉTODO AASHTO - 93⁸

Consideraciones generales

El objetivo del diseño de pavimentos, es contar con una estructura sostenible y económica que permita la circulación de los vehículos de una manera cómoda y segura, durante un periodo fijado por las condiciones de desarrollo. Con respecto a los métodos de diseño de pavimentos, tradicionalmente se han limitado a determinar el espesor de la estructura. En el caso de los pavimentos de concreto, estos métodos se basan exclusivamente en los conceptos de fatiga mecánica para determinar, mediante modelos matemáticos, el espesor y la calidad del concreto.

De acuerdo con el criterio de los métodos mencionados para el diseño de losas soportadas sobre el terreno, como es el caso de pavimentos de concreto, el concreto a emplearse en este tipo de losas será especificado de acuerdo a su resistencia a la flexión por tensión o módulo de ruptura (MR), en vez de la resistencia tradicional a la compresión (f_c) que es comúnmente usada en otro tipo de estructuras de concreto.

Lo anterior se fundamenta al considerar que en una losa de concreto sometida a cargas dinámicas, los esfuerzos de flexión internos se encuentran más cercanos a

⁸ MONTEJO FONSECA, Alfonso; Ingeniería de Pavimentos, Pag. 450

su resistencia ultima a la flexión (MR), que los esfuerzos internos de compresión contra su resistencia ultima a la compresión ($f'c$).

Espesor del pavimento

Para el cálculo del espesor del pavimento de concreto, según el método AASTHO 93, es necesario conocer algunos aspectos del proyecto como los indicados a continuación:

- Periodo de diseño (vida útil).
- Resistencia a la tensión por flexión del concreto a utilizar.
- Módulo de reacción (k) del terreno natural.
- Información del tráfico.

VARIABLES DE DISEÑO

Para satisfacer adecuadamente las condiciones tanto del suelo, como de carga y tráfico a los que van a estar sometidos los pavimentos, para este proyecto en particular, se utiliza el método de la American Association of State Highways and Transportation Officials (Método AASTHO - 93), la cual se presenta como:

$$\log_{10}(ESAL) = ZrSo + 7.35 \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \left[\frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} \right] + (4.22 - 0.32Pt) \log_{10} \left[\frac{S'c \times Cd(D^{0.75} - 1.132)}{215.63J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{Ec}{K}\right)^{0.25}} \right]} \right] \quad (2.1)$$

Dónde:

D: Espesor de la losa del pavimento en (pulg.).

ESAL: Tráfico (Número de ESAL's).

Zr: Desviación Estándar Normal.

So: Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico.

ΔPSI : Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt).

Po: Serviciabilidad Inicial.

Pt: Serviciabilidad Final.

S'c: Módulo de Rotura del concreto en (psi).

Cd: Coeficiente de Drenaje

J: Coeficiente de Transferencia de Carga

Ec: Módulo de Elasticidad de concreto

K: Módulo de Reacción de la Sub Rasante en (psi).

2.3.9.2. DISEÑO DE PAVIMENTOS - MÉTODO DEL PCA⁹

A continuación se describen los lineamientos generales del método del Portland Cement Association (PCA).

Procedimiento de Diseño.

El método descrito en ésta sección es empleado una vez que ya tenemos los datos del tráfico esperado, como lo es el tránsito diario promedio anual, la composición vehicular del tráfico y de esta información obtenemos el número de repeticiones esperadas para cada tipo de eje durante el período de diseño.

En el capítulo de diseño de vía se presenta un formato empleado para resolver el diseño de pavimentos, el cual requiere de conocer algunos factores de diseño, como:

- Resistencia a la flexión del concreto (MR) a 28 días.
- El valor del módulo de reacción K del terreno de apoyo.
- Factor de seguridad de la carga (LSF)
- Número de repeticiones esperadas durante el período de diseño.

El método considera dos criterios de diseño:

- Fatiga
- Erosión

El Análisis por fatiga (para controlar el agrietamiento por fatiga) influye principalmente en el diseño de pavimentos de tráfico ligero (calles residenciales y caminos secundarios).

El análisis por erosión (el responsable de controlar la erosión del terreno de soporte, bombeo y diferencia de elevación de las juntas) influye principalmente el diseño de pavimentos con tráfico mediano a pesado con transferencia de carga por trabazón de agregados (sin pasajuntas) y pavimentos de tráfico pesado con pasajuntas.

⁹ CEMENX CONCRETOS, Capítulo 2-5

Para pavimentos que tienen una mezcla normal de pesos de ejes, las cargas en los ejes sencillos son usualmente más severas en el análisis por fatiga y las cargas en ejes tandem son más severas en el análisis por erosión.

2.3.9.3. DISEÑO DE JUNTAS

Es importante mencionar que el diseño de una estructura de pavimento no se limita únicamente al diseño del espesor de la losa de concreto, sino que también se debe poner especial cuidado en el diseño de los dispositivos de transferencia de cargas entre losas de concreto en las juntas del pavimento.

TIPOS DE JUNTAS EN PAVIMENTOS RIGIDOS

DISEÑO DE JUNTAS.

El diseño de juntas incluye la determinación del espaciamiento de juntas longitudinales y transversales, la transferencia de cargas y los materiales de sellado. Su finalidad es evitar que las grietas inducidas por secado, temperatura y cambios en el contenido de agua se presenten de manera desordenada, sin patrones geométricos. En general se utilizan tres tipos de juntas:

- 1.- Juntas de contracción:** Se diseñan para controlar los movimientos de contracción y dilatación y las tensiones que generan, producidos por los cambios de temperatura, humedad y fricción. Ejercen al mismo tiempo un control sobre las fisuras que ocasionan estas tensiones. Las juntas de contracción pueden ser transversales o longitudinales.
- 2.- Juntas de construcción:** Son aquellas que se construyen por razones constructivas, pueden ser transversales o longitudinales.
- 3.- Juntas de expansión (aislantes):** Se ejecutan en posición transversal al eje de cambio, tiene el fin de permitir el movimiento horizontal del pavimento, con respecto a estructuras existentes, como estribos de puentes, alcantarillas, etc. Se utilizan también en la unión de dos tramos de diferente dirección.

En general el pavimento se construye con juntas, con o sin pasa juntas, de acuerdo al tránsito y las condiciones ambientales. Se recomienda el uso de pasa juntas para tránsito intenso y pesado.

DETERMINACIÓN DE JUNTAS EN EL PAVIMENTO.

Juntas Transversales y Longitudinales:

El espaciamiento entre juntas de contracción de pavimentos de concreto simple depende de factores principalmente locales, como calidad de materiales y condiciones climáticas. La AASHTO 93 recomienda que el espaciamiento entre juntas es en función al espesor de la losa de concreto. Se tiene la relación entre largo y ancho de un tablero de losas debe estar entre los límites de:

$$0.71 < \frac{\text{largo de la losa}}{\text{ancho de losa}} < 1.4$$

De acuerdo a recomendaciones de la PCA la separación entre juntas no debe ser mayor a 6,10 m (20 pies).

Para el caso de pavimentos de concreto armado con juntas, el espaciamiento máximo es de 9,10 m (30 pies).

Las juntas longitudinales que generalmente coinciden con las marcas de carril, deben diseñarse con separaciones de 2,50 a 4,00 metros (8 a 13 pies).

2.3.9. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS¹⁰

ACERA O VEREDA

Parte de la vía urbana ubicada entre la pista y el límite de la propiedad, destinada al uso peatonal. Pueden ser de concreto simples, asfalto, unidades intertrabadas (adoquines), o cualquier otro material apropiado.

AFIRMADO

Capa de material selecto procesado de acuerdo a diseño, que se coloca sobre la subrasante o sub-base de un pavimento. Funciona como capa de rodadura y de soporte al tráfico en vías no pavimentadas. Esta capa puede tener un tratamiento de estabilización.

AGENTE ESTABILIZADOR

Producto adicional diferente al suelo que se le añade con la finalidad de mejorar sus propiedades físico -mecánicas.

ALAMEDA

Calle amplia con arborización intensa.

AÑO BASE

¹⁰Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas - 2005, Pag. 3/1

Es el año para el que se escogen y consideran los datos del tráfico que servirá de base al tráfico de diseño.

APROBACIÓN

Autorización o aceptación escrita del proyecto por parte de la Entidad correspondiente previamente a la ejecución de las obras. Autorización o aceptación escrita de una actividad por parte de la Supervisión.

BASE

Capa generalmente granular, aunque también podría ser de suelo estabilizado, de concreto asfáltico, o de concreto hidráulico. Su función principal es servir como elemento estructural de los pavimentos, aunque en algunos casos puede servir también como capa drenante.

BOMBEO

Es la convexidad dada a la sección transversal de una vía para facilitar el drenaje de las aguas superficiales.

CALLE

En su sentido más genérico es una vía pública en un área urbana entre límites de propiedad, con o sin acera, destinada al tránsito de peatones y/o vehículos.

CALZADA O PISTA

Parte de una vía destinada al tránsito de vehículos.

CAMIONES

Vehículos tipo C2 del Reglamento Nacional de Vehículos, con configuraciones iguales a 2 ejes y 6 llantas. Incluyen minibuses y camiones de 4 llantas de base ancha. No incluyen automóviles camionetas, Pick-Ups, ni paneles.

CAPA ASFÁLTICA DE SUPERFICIE

Es la capa superior de un pavimento asfáltico, llamada también Capa de Desgaste o Capa de Rodadura.

CAPA DE BASE ASFÁLTICA

Es una capa estructural de algunos pavimentos flexibles compuesta de agregados minerales unidos con productos asfálticos. También conocida como Base Negra.

CAPA DE SUB-RASANTE

Porción superior del terreno natural en corte o porción superior del relleno, de 20 cm de espesor compactado en vías locales y colectoras y de 30 cm de espesor compactado en vías arteriales y expresas.

CARGA POR EJE SIMPLE EQUIVALENTE A 80 kn(ESAL por sus siglas en inglés)

Es el efecto sobre el pavimento de cualquier combinación de cargas por eje de magnitud variada, expresada en el número de aplicaciones de un eje simple de 80 kN.

CARRIL

Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos.

CARRIL DE DISEÑO

Es el carril sobre el que se espera el mayor número de aplicaciones de cargas por eje simple equivalente de 80 kn. Normalmente, será cualquiera de los carriles en una vía de 2 carriles en el mismo sentido, o el carril exterior en una vía de carriles múltiples también en el mismo sentido.

CICLOVIA

Espacio dentro de la vía urbana destinado exclusivamente al tránsito de bicicletas.

CONCRETO ASFALTICO

Es una mezcla compuesta de cemento asfáltico y agregados bien graduados, de alta calidad, completamente compactada en una masa densa y uniforme.

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

Proceso físico y/o químico por el que se mejoran las propiedades físico- mecánicas del suelo natural en corte o de los materiales de préstamo en relleno, con el objeto de hacerlos estables.

EJE ESTÁNDAR

Eje simple con ruedas duales con una carga de 80 kn (8,2 t o 18 kips).

ESAL DE DISEÑO

Es el número de aplicaciones de cargas por Eje Estándar, previsto durante el Periodo de Diseño. El procedimiento usado para convertir un flujo de tráfico con diferentes cargas y configuraciones por eje en un número de tráfico para el diseño, consiste en convertir cada carga por eje esperada sobre la vía durante el periodo de diseño, en un número de cargas por eje estándar, sumándolas luego.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Parte del expediente técnico en la que se detallan la descripción de los trabajos, los materiales, los equipos y procedimientos de construcción, el control de calidad, la medición y forma de pago. El **PR**, es el autor y responsable de la emisión de las Especificaciones Técnicas.

ESPESOR DE DISEÑO

Es el espesor de cada capa del pavimento, determinado en el diseño.

ESPESOR EFECTIVO

El espesor efectivo de cada capa de un pavimento existente se calcula multiplicando su espesor real por los correspondientes factores de conversión, según el método de diseño.

ESTACIONAMIENTO

Superficie pavimentada, con o sin techo, destinada exclusivamente al parqueo de vehículos.

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ASFALTICO

Es una estructura de pavimento con todas sus capas de mezclas asfálticas, o de una combinación de capas asfálticas y base granulares, colocadas encima de la subrasante natural o estabilizada.

ESTUDIO DE CARGAS

Es un estudio para determinar el peso transportado por cada eje y el número de ejes para cada tipo de camiones pesados.

FACTOR CAMIÓN

Es el número de aplicaciones de cargas por eje simple equivalentes a 8.2Tn, producidas por una pasada de un vehículo cualquiera del Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Los Factores Camión pueden aplicarse a vehículos de un solo tipo o clase o a un grupo de vehículos de diferentes tipos.

FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGA

Es un factor utilizado para convertir las aplicaciones de cargas por eje de cualquier magnitud, a un número de cargas por eje simple equivalentes a 8.2 Tn.

IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA

Asfalto diluido, aplicado con un rociador de boquilla que permita una distribución uniforme sobre la Base Granular para impermeabilizarla y lograr su adherencia con la Capa Asfáltica de Superficie.

INGENIERO RESIDENTE

Ingeniero Civil Colegiado y habilitado, responsable de la ejecución y dirección de la obra, en representación del Contratista.

INSPECTOR

Ingeniero Civil Colegiado en ejercicio, representante de la Entidad Contratante en quien se ha delegado la responsabilidad de administrar un determinado proyecto.

JUNTAS DE CONTROL

Se denomina así, en un pavimento de concreto de cemento Portland, a las juntas formadas o aserradas, para controlar el agrietamiento.

LABORATORIO

Es una organización que mide, examina, ejecuta los ensayos; o de otra forma, determina las características o el comportamiento de materiales o productos.

LOSA DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND

Superficie de rodadura y principal elemento estructural en los pavimentos rígidos.

LOTE

Es una cantidad medida de material o construcción producidos por el mismo proceso.

MODULO DE RESILIENCIA O MODULO RESILIENTE (Mr.)

Es una medida de la propiedad elástica del suelo, reconociéndole ciertas características no lineales. El módulo de resiliencia se puede usar directamente en el diseño de pavimentos flexibles, pero debe convertirse a módulo de reacción de la sub-rasante (valor k), para el diseño de pavimentos rígidos o compuestos.

MODULO DE ROTURA (MR)

Es una medida de la resistencia a la tracción por flexión del concreto. Se determina mediante el ensayo ASTM C78 de la viga cargada en los tercios.

MUESTRA

Es un segmento de una población seleccionado según la norma correspondiente o un procedimiento estadístico aceptado, para representar a toda la población.

MUESTREO ALEATORIO

Una muestra tomada empleando un plan de muestreo, en el cual cada unidad del lote debe tener la oportunidad de ser elegida.

NIVEL DE SERVICIO PSI

Es un parámetro que califica la serviciabilidad de una vía.

NUMERO ESTRUCTURAL (SN)

Es un número a dimensional abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento, requerida para un número de combinaciones de soporte del suelo

(MR), ESALs, Δ PSI. El SN requerido puede ser convertido a espesores reales de carpeta de rodadura base y sub-base, por medio de coeficientes de capa apropiados que representan la resistencia relativa de los materiales de construcción

PASAJES PEATONALES

Parte de la vía urbana ubicada entre límites de la propiedad, destinada al uso peatonal. Pueden ser de concreto simples, asfalto, unidades intertrabadas (adoquines), o cualquier otro material apropiado.

PAVIMENTO

Estructura compuesta por capas que apoya en toda su superficie sobre el terreno preparado para soportarla durante un lapso denominado Periodo de Diseño y dentro de un rango de Serviciabilidad. Esta definición incluye pistas, estacionamientos, aceras o veredas, pasaje peatonales y ciclo vías

PAVIMENTOS FLEXIBLES (PAVIMENTOS ASFALTICOS)

Clasificación por comportamiento de los pavimentos con superficie asfáltica en cualquiera de sus formas o modalidades (concreto asfáltico mezcla en caliente, concreto asfáltico mezcla en frío, mortero asfáltico, tratamiento asfáltico, micro pavimento, etc.), compuesto por una o más capas de mezclas asfálticas que pueden o no apoyarse sobre una base y una sub base granulares. El pavimento asfáltico de espesor total (full-depre), es el nombre patentado por el Instituto del Asfalto, para referirse a los pavimentos de concreto asfáltico construidos directamente sobre la sub-rasante.

PAVIMENTOS SEMI FLEXIBLES (INTERTRABADOS)

Pavimento cuya capa de rodadura estuvo tradicionalmente conformada por unidades de piedra, madera o arcilla cocida. En la actualidad se utilizan unidades de concreto colocadas sobre una capa de arena, rellenando los espacios entre ellas con arena, para proveerles de trabazón. De la misma manera que los pavimentos asfálticos tienen una base y además pueden tener una sub-base. Su comportamiento se puede considerar como semi-flexible.

PAVIMENTOS RÍGIDOS (DE CONCRETO HIDRÁULICO)

Clasificación por comportamiento de los pavimentos de concreto de cemento hidráulico en cualquiera de sus formas o modalidades (losas de concreto simple

con juntas, losas de concreto reforzado con juntas, suelo-cemento, concreto compactado con rodillo, etc.).

PERIODO DE DISEÑO

Es el tiempo, normalmente expresado en años, transcurrido entre la construcción (denominada año cero) y el momento de la rehabilitación del pavimento.

PLAN DE MANEJO VIAL

Conjunto de actividades temporales, necesarias para mantener el tránsito fluido mientras duren las obras.

PROPIETARIO

Es la persona natural o jurídica, que acredita ser titular del dominio del predio al que se refiere una obra.

PROFESIONAL RESPONSABLE (PR)

Ingeniero Civil Colegiado y en ejercicio que ha elaborado los estudios y diseños del proyecto de pavimentación.

RASANTE

Es el nivel superior del pavimento terminado. La Línea de Rasante se ubica en el eje de la vía.

SERVICIABILIDAD

Habilidad de un pavimento para servir a los tipos de sollicitaciones (estáticas o dinámicas) para los que han sido diseñados.

SUB-RASANTE

Es el nivel inferior del pavimento paralelo a la rasante.

SUPERVISIÓN

Persona natural o jurídica, cuya función es la de verificar que la obra se ejecute conforme a los proyectos aprobados, se sigan procesos constructivos acorde con la naturaleza de la obra, y se cumplan con los plazos y costos previstos en el contrato de la obra.

SUPERVISOR

Ingeniero Civil Colegiado y en ejercicio, representante de la *Supervisión* en la obra.

TIPOS DE VÍAS

El sistema vial está constituido por vías expresas, vías arteriales, vías colectoras, vías locales y pasajes

TRAFICO

Determinación del número de aplicaciones de carga por eje simple equivalente, evaluado durante el periodo de diseño de proyecto. Si el número de aplicaciones es menor de 104 ESALs se considera Trafico Ligero. Si el número de aplicaciones es mayor o igual a 104 ESALs y menor de 106 ESALs se considera como Trafico Medio. Si el número de aplicaciones es mayor a 106 ESALs se considera tráfico alto.

VÍAS URBANAS

Espacio destinado al tránsito de vehículos y/o personas que se encuentra dentro del límite urbano. Según la función que prestan se clasifican en:

- Vías Expresas;
- Vías Arteriales;
- Vías Colectoras; y
- Vías Locales.

VÍAS EXPRESAS

Son vías que permiten conexiones interurbanas con fluidez alta. Unen zonas de elevada generación de tráfico, transportando grandes volúmenes de vehículos livianos, con circulación a alta velocidad y limitadas condiciones de accesibilidad. Eventualmente, el transporte colectivo de pasajeros se hará mediante buses en carriles segregados con paraderos en los intercambios. En su recorrido no es permitido el estacionamiento, la descarga de mercancías ni el tránsito de peatones.

VÍAS ARTERIALES

Son vías que permiten conexiones interurbanas con fluidez media, limitada accesibilidad y relativa integración con el uso de las áreas colindantes. Son vías que deben integrarse con el sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales. En su recorrido no es permitida la descarga de mercancías. Se usan para todo tipo de tránsito vehicular. Eventualmente el transporte colectivo de pasajeros se hará mediante buses en vías exclusivas o carriles segregados con paraderos e intercambios.

VÍAS COLECTORAS

Son aquellas que sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales, dando servicio tanto al tránsito vehicular, como acceso hacia las propiedades adyacentes. El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones sanforizadas, cuando empalman con vías arteriales y con controles simples con

señalización horizontal y vertical, cuando empalman con vías locales. El estacionamiento de vehículos se realiza en áreas adyacentes, destinadas especialmente a este objetivo. Se usan para todo tipo de vehículo.

VÍAS LOCALES

Son aquellas que tienen por objeto el acceso directo a las áreas residenciales, comerciales e industriales y circulación dentro de ellas.



CAPÍTULO III: INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1. ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA

Los Estudios Básicos de Ingeniería serán desarrollados en el siguiente capítulo, en cuatro partes:

- Estudios Topográficos
- Estudios Geológicos
- Estudios Geotécnicos
- Estudios Hidrológicos

3.1.1. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

3.1.1.1. RECONOCIMIENTO DEL TERRENO

Es la fase en la que se recorre todo el área del proyecto, donde se ubican los posibles vértices de la poligonal teniendo en cuenta la visibilidad de los vértices, de manera que permita realizar el levantamiento topográfico para toda la zona del proyecto.

3.1.1.2. SEÑALIZACIÓN Y MONUMENTACIÓN

Después de determinar los tramos a ejecutarse, se procedió a ubicar los puntos de la poligonal que servirían para hacer el control horizontal a partir de puntos ubicados en el campo.

Del mismo modo, se ubicó puntos del control vertical para lo cual se partió del punto establecido anteriormente que está ubicado en el margen izquierdo de la avenida Azángaro entre la avenida Azángaro y el Jirón Conde de Lemus.

3.1.1.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico realizado tuvo como objetivo la toma de datos para elaborar el modelo digital del terreno para poder elaborar posteriormente los perfiles del terreno y diseñar las estructuras del proyecto.

A partir de la poligonal fijada con anterioridad se hizo el relleno topográfico tomando en cuenta, el relleno de terreno natural del mismo modo se tomó en cuenta todos los detalles existentes.

Para esto se tomó como punto de partida la estación A (BM), cuyos datos se aproximaron con GPS.

- Norte : 8305713
- Este : 384955
- Cota : 3850.02

Las coordenadas del punto A sirvieron como coordenada inicial.

EQUIPOS DE INGENIERÍA

Se emplearon los siguientes equipos:

- 01 Estación Total marca SOKIA.
- 02 Prismas reflectores y respectivos bastones telescópicos.
- 01 Trípode y accesorios complementarios.

3.1.1.4. PERFIL LONGITUDINAL

Tiene por objeto determinar los planos de perfil longitudinal, en el que se procederá a nivelar cada 20.00 m representando estas las progresivas.

Para la obtención del perfil longitudinal de la vía, una vez determinado el eje de la vía se ubicó en las progresivas ubicadas a 20 m; en estos puntos se realizó el trabajo de tomar las coordenadas, para determinar la elevación de cada punto con respecto al nivel del mar.

Los perfiles longitudinales se representan en Sistema de Coordenadas. Las distancias se colocan en el eje X a una escala de 1:200 y las alturas en el eje Y a una escala de 1:2000.

El perfil longitudinal así como los planos respectivos de los levantamientos topográficos se encuentran en los planos anexados en el presente trabajo.

La cota de la rasante de una vía es la de la superficie terminada, incluyendo el pavimento. La rasante de la vía se trazó tratando de conservar los niveles de las viviendas proyectados.

3.1.1.5. SECCIONES TRANSVERSALES

La sección transversal es la representación del terreno en el eje de la vía y perpendicularmente a este. Cada 20 metros en las progresivas señaladas, se realizó el levantamiento de los puntos de relleno con el uso de estación total. Las secciones transversales se presentan también en los planos.

3.1.1.6. RESULTADOS DE CAMPO Y GABINETE

Se utilizó el método de la poligonal abierta para el levantamiento topográfico





PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION
1	8305716.05	384977.01	3850.01	41	8305634.25	384798.12	3850.12
2	8305706.98	384975.98	3850.06	42	8305629.16	384809.15	3850.21
3	8305715.10	384986.95	3850.12	43	8305636.13	384817.24	3849.28
4	8305714.02	384969.01	3850.16	44	8305624.14	384813.14	3850.23
5	8305717.12	385016.98	3850.13	45	8305631.25	384828.13	3849.98
6	8305707.01	384970.15	3850.01	46	8305639.23	384834.12	3850.31
7	8305718.03	384507.89	3850.06	47	8305628.26	384834.75	3849.97
8	8305719.15	384997.13	3850.12	48	8305634.98	384845.26	3850.05
9	8305724.04	385068.97	3850.17	49	8305641.99	384860.23	3850.09
10	8305707.51	384997.99	3850.13	50	8305629.02	384861.12	3850.16
11	8305721.01	385017.89	3850.07	51	8305631.05	384874.98	3849.97
12	8305714.04	385016.14	3850.06	52	8305523.05	384896.11	3850.59
13	8305722.06	385039.17	3850.08	53	8305613.98	384906.02	3850.41
14	8305716.30	385034.09	3850.16	54	8305613.11	384899.06	3850.23
15	8305724.05	385067.02	3850.13	55	8305637.02	384895.79	3850.36
16	8305716.69	385055.60	3850.01	56	8305637.31	384906.97	3850.56
17	8305732.98	385086.95	3850.06	57	8305647.89	384903.24	3850.49
18	8305734.09	385107.01	3850.12	58	8305648.03	384892.12	3850.57
19	8305724.96	385086.97	3850.16	59	8305657.01	384890.13	3850.37
20	8305735.99	385097.30	3850.14	60	8305657.05	384900.14	3850.46
21	8305725.01	385097.25	3850.01	61	8305668.50	384889.16	3850.38
22	8305728.05	385087.98	3850.06	62	8305666.21	384899.24	3850.32
23	8305742.04	385119.16	3850.30	63	8305676.30	384888.12	3850.23
24	8305738.06	385129.02	3850.09	64	8305678.10	384898.23	3850.29
25	8305730.42	385515.02	3850.13	65	8305686.20	384886.25	3850.26
26	8305750.15	385332.12	3850.31	66	8305683.67	384896.03	3850.30
27	8305737.97	385331.01	3850.06	67	8305597.23	384810.11	3850.54
28	8305654.90	384884.10	3849.24	68	8305591.05	384814.01	3850.49
29	8305643.89	384874.02	3849.14	69	8305601.98	384812.15	3850.47
30	8305644.09	384876.15	3849.13	70	8305604.86	384828.06	3850.42
31	8305657.18	384869.12	3849.38	71	8305593.87	384825.36	3850.39
32	8305676.89	384878.02	3849.30	72	8305606.50	384837.35	3850.16
33	8305673.88	384877.98	3849.28	73	8305595.50	384836.31	3850.19
34	8305688.02	384842.23	3849.32	74	8305603.26	384847.12	3850.24
35	8305688.15	384873.21	3849.06	75	8305609.15	384854.14	3850.31
36	8305697.23	384868.02	3849.07	76	8305597.05	384852.36	3850.29
37	8305709.21	384869.31	3849.31	77	8305604.13	384868.16	3850.19
38	8305712.14	384864.05	3849.38	78	8305610.46	384883.98	3850.36
39	8305713.30	384872.16	3849.32	79	8305610.05	384881.50	3850.35
40	8305622.23	384800.01	3850.02	80	8305605.24	384886.84	3850.27

PLANILLA DE RESUMEN DEL METRADO VOLUMEN DE CORTE																				
PROYECTO:		PAVIMENTACION DE LOS JIRONES ACHAYAMANCO CAPAC CONDE DE LEMUS ARICA Y PUNO																		
TRAMO:		0+483.00KM		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TIPO DE SUELO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MATERIAL SUELTO</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>ROCA SUELTA</td> <td>2.00</td> </tr> <tr> <td>ROCA FIJA</td> <td>3.00</td> </tr> </tbody> </table>									TIPO DE SUELO		MATERIAL SUELTO	1.00	ROCA SUELTA	2.00	ROCA FIJA	3.00
TIPO DE SUELO																				
MATERIAL SUELTO	1.00																			
ROCA SUELTA	2.00																			
ROCA FIJA	3.00																			
KILOMETRAJE:		0+000 - 0+483 KM																		
META:		0+483.00																		
LONGITUD TOTAL :		483.00 M.		M3.	LONG.	M3.	LONG.	M3.	LONG.	M3.	M3.	M3.								
Totales de Movimiento de Tierras (m3):				1,157.36	483.00	0	0	0	0	0.00	0	0								
JIRON	PROGRESIVA		CORTE		MATERIAL SUELTO	ROCA SUELTA	ROCA FIJA	Volumen disponible para el relleno	VOLUMEN RELLENO	RELLENO TRANSP.										
			VOLUMEN m3	Tipo Suelo																
PUNO	0+000	0+079	210.30	1	210.30	79	0.000	0.000	0.00											
MANCO CAPAC	0+000	0+071	176.20	1	176.20	71	0.000	0	0.00	0.000										
ACHAYA	0+000	0+076	169.94	1	169.94	76	0.000	0	0.00	0.000										
ARICA	0+000	0+070	152.70	1	152.70	70	0.000	0	0.00	0.000										
CONDE DE LEMUS	0+000	0+187.3	448.22	1	448.22	187	0.000	0	0.00	0.000										

3.1.2. ESTUDIOS GEOLÓGICOS

La información geológica fue desarrollada en base al estudio de los cuadrantes 30-Vde Azángaro, publicado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET).

3.1.2.1. GEOLOGÍA LOCAL

ESTRATIGRAFÍA LOCAL

Esta Formación presenta una litología, cuya variación lateral tanto en el tamaño de los clastos como en su composición varía; en general son limo arcillíticos, aunque presentan litologías propias de conglomerados en depositación decreciente y estratificación lenticular con clastos de areniscas sub redondeados asub angulosos, los que señalan el ambiente lacustrino.

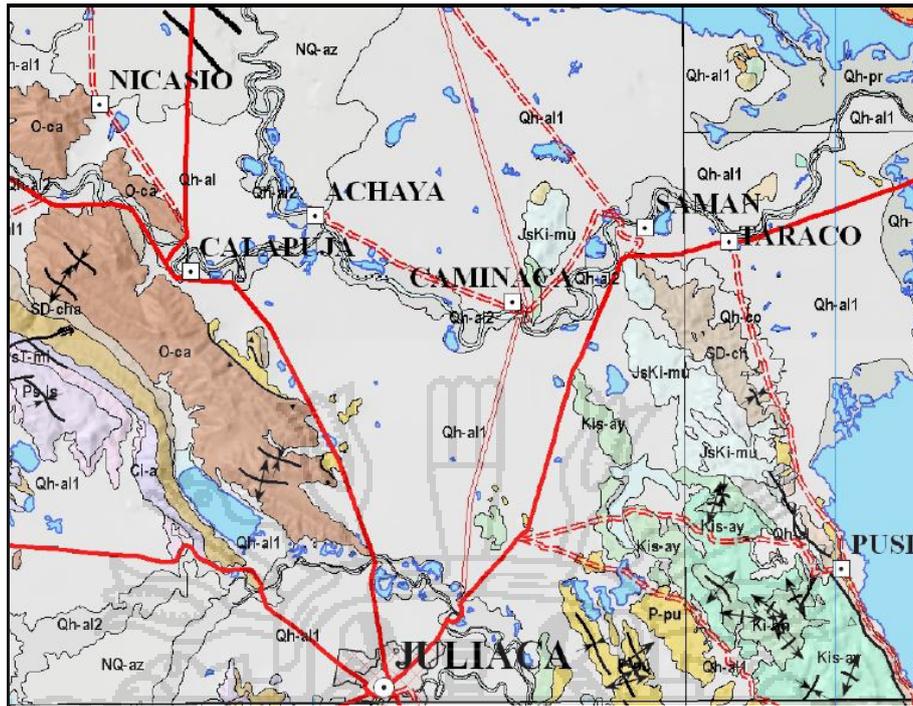


Figura Mapa Geológico Nacional Zona Azángaro (Hoja 30-v)¹¹

Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET).

3.1.2.2. GEOLOGÍA REGIONAL.

A). ERA CENOZOICO

a. Grupo Puno.

Esta unidad litoestatografica pertenece al sistema Paleógeno de la época Paleógeno lugar típico en que se encuentra este grupo es al sur de la ciudad de Puno, en el fundo denominado Salcedo, en este lugar presentan conglomerados y areniscas.

b. Grupo Tacaza.

Esta unidad litoestatografica pertenece al sistema Paleógeno de la época Oligoceno y Eoceno, conformado por las formaciones Carayccasa y formación Pichu Litológicamente está constituido por segmentos clásicos continentales areniscas de color gris, pardo amarillento y verdoso grueso, con escasa gradación y de poca potencia; conglomerados que contienen clastos mayormente volcánicos.

¹¹Mapa Geológico, en <http://www.ingemmet.gob.pe/>, Recuperado el 02/02/2014

c. Deposito Aluvial

Esta unidad litoestatografica pertenece al sistema cuaternario de la época oleoceno, materiales trasportados en aluvi3n, en grandes masas, por lo tanto est3n constituidos por clastos redondeados y subredondeados, y arena con limo y arcilla.

B) ERA MESOZOICO

a. Formaci3n Ayabacas.

Esta unidad litoestatigrafica pertenece al sistema cret3ceo, 3poca superior, regionalmente la base del contacto es casi no conocido estrat3gicamente; pero en Puno, en la hacienda de Tayataya, aparece conformando paisajes de secuencias d3biles sobre las areniscas de formaci3n angostura. Tambi3n se presenta las calizas Ayabacas, en la localidad de Caminaca.

b. Formaci3n Muñani

Se describe a las areniscas arcosicas de color rojo ladrillo o amarillo rojizo que t3picamente afloran en la localidad del Distrito de Muñani de donde proviene el nombre, areniscas de grano medio a grueso de color marr3n a rosado y areniscas de color rojo marr3n a gris a cremoso.

3.1.2.5. RESUMEN DEL ESTUDIO GEOLOGICO

De los estudios geol3gicos se concluye que nuestro proyecto se encuentra en una zona arcillosa y en las canteras se tienen clastos redondeados y subredondeados, arena con limo, arcilla, canteras de areniscas de grano medio a grueso de color marr3n a rosado, areniscas de color rojo marr3n a gris a cremoso, canteras de yeso y caliza.

3.1.3. ESTUDIOS GEOT3CNICOS

3.1.3.1. MUESTREO Y EXPLORACI3N DE SUELOS

La metodolog3a seguida para la ejecuci3n del estudio comprendi3 b3sicamente de una Investigaci3n de campo en Jirones de la localidad de Caminaca a trav3s de prospecciones de exploraci3n (obtenci3n de muestras representativas) mediante calicatas de exploraci3n a cielo abierto, las que fueron objeto de ensayos de Laboratorio y finalmente con los datos obtenidos en ambas fases se realizaron las

labores de gabinete, para consignar luego en forma gráfica y escrita los resultados del estudio, los mismos que se adjuntan.

En dicha programación de exploración y muestreo se planifico tres fases marcadas, a fin de llevar un trabajo ordenado que permita lograr el objetivo final, dichas fases de exploración fueron:

3.1.3.1.1. RECONOCIMIENTO DE CAMPO

Etapa que consistió en realizar un reconocimiento visual en general de toda la zona materia de estudio, recorriendo a pie a fin de evaluar posibles inconvenientes de diferente índole que puedan significar una dificultad en el desarrollo de la etapa de ubicación y muestreo de calicatas.

3.1.3.1.2. SONDAJE Y MUESTREO

Del análisis expuesto anteriormente, se pudo concluir que el método idóneo a utilizar en la exploración de suelos, era la excavación de calicatas a cielo abierto. Además ofrece la posibilidad de fijar ciertas condiciones referentes al agua contenida en el suelo (nivel de la napa freática), que particularmente en este caso no se presentó en ninguna de las calicatas de exploración.

3.1.3.1.3. NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN

En relación al número de Puntos de Investigación se tomó en cuenta los siguientes criterios:

- La Norma Técnica NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS, en el Capítulo 3, en el ítem 3.2.2, indica que el número de puntos de investigación será de acuerdo con el tipo de vía según se indica en la cuadro 3.1, con un mínimo de tres (03).

TIPO DE VÍA	NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ÁREA (m ²)
Expresas	1 cada	1000
Arteriales	1 cada	1200
Colectoras	1 cada	1500
Locales	1 cada	1800

Cuadro 3. 1: Número de Puntos de Investigación

Fuente: Tabla 2 NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS

- La Norma Técnica NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS, en el Capítulo 3, en el ítem 3.2.5, indica que la profundidad mínima de investigación será de 1.50 m por debajo de la cota rasante final de la vía.
- La Norma Técnica NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS, en el Capítulo 3, en el ítem 3.2.8, indica que efectuado el registro de la estratigrafía, el muestreo, se deberá rellenar las excavaciones con los materiales extraídos.
- La Norma Técnica NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS, en el Capítulo 3, en el ítem 3.2.9, indica que durante la investigación de campo se elaborará un perfil estratigráfico para cada punto de investigación, basado en la clasificación visual manual, según la NTP 339.150:2001.
- La Norma Técnica NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS, en el Capítulo 3, en el ítem 3.2.12, indica que se determinará un (1) CBR por cada 5 puntos de investigación o menos según lo indicado en la Cuadro 3.1 y por lo menos un (1) CBR por cada tipo de suelo de sub-rasante.

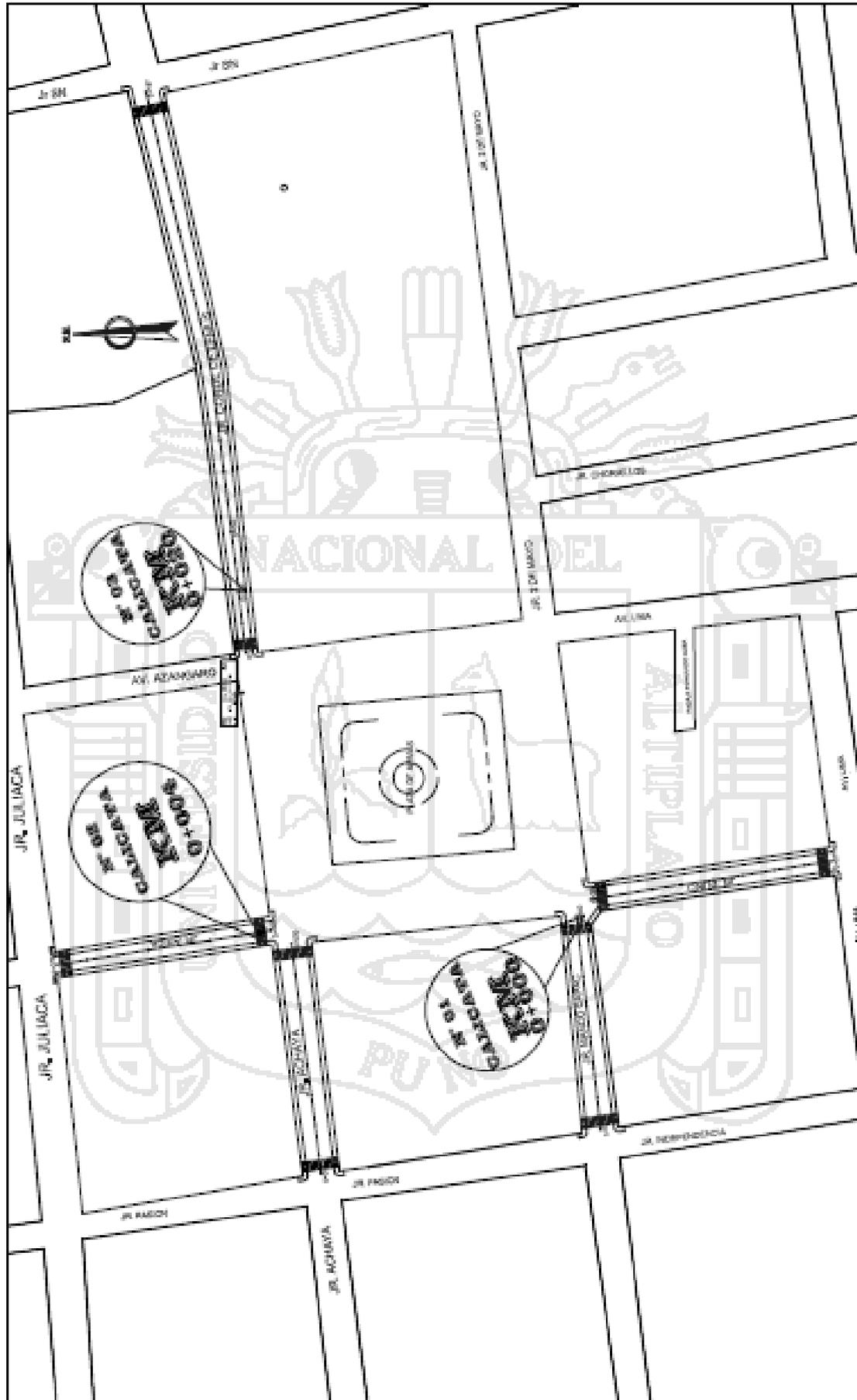
ELECCIÓN DEL NÚMERO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PUNTOS DE INVESTIGACIÓN

Tomando de criterio la referencia del Cuadro 3.1 Número de Puntos de Investigación, y tomando en cuenta la longitud de la vía en estudio de 483.00 metros lineales, se adoptó lo siguiente:

- Tipo de Exploración : Exploración a cielo abierto (calicatas)
- Número de Puntos de Investigación : 3
- Ubicación : En las intersecciones de los jirones
Arica 0+000 y Achaya (01)
Puno 0+004 y Manco Capac (02)
Conde de Lemus 0+020 (03)
- Profundidades : 1.50 m. en cada calicatas

DESCRIPCIÓN VISUAL – MANUAL DE SUELOS

Esta fase considerada de importante se llevó a cabo de manera casi paralela a la etapa de muestreo, a fin de realizar procedimientos de identificación de suelos en campo por simple inspección visual y examen al tacto del material extraído de los diferentes estratos de las calicatas de sondeo, con el propósito de obtener una clasificación preliminar y referencial del suelo.



3.1.3.2. ENSAYOS DE SUELOS PARA SU CLASIFICACIÓN

3.1.3.2.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

Materiales

- Balanza de tres escalas con sensibilidad de 0.01 %
- Horno Eléctrico de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$
- Taras metálicas
- Cuchara metálica
- Guantes de asbesto

Procedimiento

- Pesar la tara metálica (pequeña) en la cual se depositará una muestra de suelo.
- Pesar la muestra húmeda en la tara con aproximación de 0.01 gr.
- La muestra en el recipiente colocarla en el horno a una temperatura de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ por un tiempo de 24 horas aproximadamente, para posteriormente dejarla enfriar a temperatura ambiente.
- Pesar la muestra seca incluyendo el recipiente, hasta verificar un peso constante.

3.1.3.2.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Materiales

- Juego completo de tamices con tapa y fondo
- Balanza de torsión con sensibilidad de 0.1 %
- Balanza de tres escalas con sensibilidad de 0.1 %
- Horno Eléctrico de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$
- Cepillo de alambre fino
- Martillo de goma
- Bandejas de loza o aluminio
- Recipientes con agua limpia

Procedimiento

- Cuartear la muestra seca, pesarla y registrarla como peso total de la muestra seca.
- Depositar la muestra en el recipiente con agua y removerla a fin de disolver la arcilla contenida y verter el agua limpia a través del tamiz N° 200,

repetiendo esta operación, hasta que el agua se observe clara.

- Secar 18 horas la muestra en el horno a una temperatura de 105°C.
- Secada la muestra, se efectúa el tamizado a través del juego de tamices ordenados en forma decreciente, agitando vigorosamente con un movimiento rotatorio horizontal y vertical. Pesar el material retenido en los diferentes tamices.

3.1.3.2.3. LÍMITES DE ATTERBERG O DE CONSISTENCIA

A. Límite Líquido (LL)

Equipo

- Balanza de tres escalas (sensibilidad al 0.01 gr).
- Pocillo de porcelana y espátulas.
- Copa de Casagrande y acanalador.
- Tamiz N°40.
- Pipeta (cuentagotas).
- Cápsulas metálicas.

Procedimiento

- Se tamiza la muestra seca a través de la malla N° 40 hasta obtener 150 gr. Aproximadamente y descartar el material retenido en él.
- Mezclar el material en el pocillo de porcelana con agua, hasta la consistencia de una pasta espesa suave. Cubrirla con un paño y dejarla reposar 1 hora.
- Colocar material desde el pocillo a la cuchara de la Copa de Casagrande, llenando 1/3 del total aproximadamente.
- Usando la espátula se extiende y empareja el material, formando una torta circular de un centímetro en el punto de máxima profundidad.
- Con el acanalador se hace una ranura firme a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la mezcla contenida en la cuchara, para evitar el desgarramiento del suelo a lo largo de la ranura, se hace varias pasadas.
- Girar la manivela a razón de 2 vueltas/seg y anotar los golpes necesarios para que las paredes de la ranura se unan en el fondo de la misma 1/2".

B. Límite Plástico (LP)

Equipo

- Balanza de tres escalas (sensibilidad al 0.01 gr.)
- Horno Eléctrico de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Placa de vidrio esmerilado
- Cápsulas metálicas

Procedimiento

- Se emplea material usado para el límite líquido, verificando una consistencia tal que pueda ser rolando entre los dedos de la mano y el virio esmerilado.
- Se toman aproximadamente 2 gr. de material y se forma bastones cilíndricos de modo que lo podamos rodar sobre el vidrio esmerilado para quitarle humedad.
- Se inicia el rolado, a razón de 80 a 90 ciclos por minuto. Un ciclo es un movimiento de la mano hacia adelante y hacia atrás de la posición de arranque.
- El Límite Plástico (humedad) se obtiene al formar bastones de 3.2 mm de diámetro, en el instante en que se forman resquebrajaduras superficiales.

3.1.3.3. ENSAYOS DE SUELOS PARA DETERMINAR SU COMPORTAMIENTO**3.1.3.3.1. PROCTOR MODIFICADO****Equipo**

- Tamices de 2", 3/4", 3/8" y N° 4.
- Martillo de goma.
- Brocha y badilejo.
- Molde cilíndrico de próctor estándar ó modificado.
- Pisón de 10 lb de peso.
- Horno Eléctrico de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Balanza de tres escalas.
- Balanza de 20 kls de capacidad.
- Probeta graduada de 500 cm³.

Procedimiento

- Se requiere de 40 Kg. en promedio de material de ensayo, el cual debe ser secado preferiblemente al aire para un mejor manejo, y luego disgregar los

terrones del material con el martillo de goma, para no alterar sus propiedades mecánicas.

- Tamizar el material por los tamices 2", 3/4", 3/8" y N°4, descartando el material retenido en la malla de 2".
- De acuerdo al ensayo previo de granulometría, seleccionar el método de ensayo a practicar y preparar cuatro puntos de ensayo en peso del material a utilizar. Si es el método A o B se tomará 2.50Kg, y si es el método C será 6.00Kg.
- Colocar el material de un punto en la bandeja y adicionar el 2% ó 4% de agua según se estime por conveniente y revolverlo manualmente con el material hasta lograr una mezcla uniforme.
- Dividir la mezcla en cinco partes proporcionalmente iguales y depositar con la cuchara metálica una de ellas en el molde (con extensión) de ensayo correspondiente, para luego proceder a compactarlo con el pisón en caída libre y en el número de golpes que especifica el método determinado y repartidos uniformemente en toda la superficie del material. Repetir nuevamente la misma operación con las otras cuatro partes de la muestra del material.
- Compactadas las 5 partes de la muestra, retirar la extensión desmontable y proceder a enrasarla con la regla metálica a nivel del borde del molde.
- Pesar la muestra húmeda en el molde sin extensión y registrar el peso obtenido. Luego desechar el material del molde para su limpieza, y de la parte central separar en una tara metálica una porción de muestra para su secado en el horno eléctrico para posteriormente determinar su contenido de humedad.

3.1.3.3.2. VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR)

Equipo

- Tamices de 2", 3/4", 3/8" y N° 4.
- Molde cilíndrico de CBR.
- Disco espaciador.
- Pisón de 10 Lb de peso.
- Horno Eléctrico de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

- Balanza de tres escalas (sensibilidad al 0.01 gr).
- Balanza de 20 kg. (sensibilidad ± 1 gr).
- Probeta graduada de 500 cm³.
- Bandeja metálica grande y cucharón metálico.
- Cápsulas metálicas (Taras).
- Máquina de Prueba o gata de tornillo con tornillo de carga.
- Vástago ajustable y juego de placas (10 Lb).
- Trípode y micrómetro para medir la expansión del suelo.

Procedimiento

- Del mismo material seleccionado para el ensayo Proctor, se preparan tres muestras secas en peso de dicho material y el molde de CBR.
- Preparar en una probeta una cantidad de agua similar en porcentaje del contenido óptimo de humedad determinado para la máxima densidad seca en el ensayo de Proctor.
- Remover en una bandeja la muestra con el agua hasta lograr una mezcla uniforme y dividirla en cinco partes proporcionales.
- Colocar dentro del molde el disco espaciador y un papel filtro sobre este, para adicionar muestra, y someterlas a una compactación de 56 golpes con el pisón.
- Se invierte el molde, colocándole previamente un papel filtro y retirar el disco espaciador, para luego proceder a registrar el peso de la muestra húmeda.
- Repetir todo el procedimiento descrito hasta ahora, para las otras dos muestras de suelo, con la diferencia que en el proceso de compactación con el pisón, para la segunda muestra será a 25 golpes y de la tercera muestra a 12 golpes.
- Lecturar el extensómetro cada 24 horas, de cada molde sumergido y anotarlas en los formatos correspondientes. Al cabo de 96 horas registrar la lectura final, para calcular la expansión del material.
- Al cabo de los cuatro días, extraer los tres moldes sumergidos y dejar drenando el agua libre que queda por un espacio de 15 minutos de tiempo.
- Colocar el espécimen en la prensa con su respectiva sobrecarga, asentar el pistón sobre la muestra, verificando el cero el extensómetro que mide la

penetración para la aplicación de la carga y el extensómetro que va en el anillo para medir la carga.

- Se hinca el pistón a velocidad constante de penetración de 0.05" por minuto, y se anota las lecturas del dial de carga para penetración de 0.25, 0.05, 0.075, 0.10, 0.15, 0.20, 0.30, 0.40 y 0.50 pulgadas.

3.1.3.4. RESUMEN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO

En el Cuadro 3.2 se puede apreciar el resumen de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio de las muestras del Terreno de Fundación.

ENSAYO DE LABORATORIO	Arica/Achaya calicata 1	Manco Capac Puno-Calicata Calicata 2	Conde de Lemus Calicata 3	Mezcla de suelos
Humedad Natural (%)	22.91	18.03	13.86	11.31
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-1-a(0)
Clasificación SUCS	CL	CL	CL	GM-GM
Límite Líquido	30.63	30.97	27.17	22.88
Límite Plástico	20.87	23.12	20.87	19.39
Índice Plasticidad	9.76	7.85	6.29	3.49
Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	1.864	1.71	1.69	2.14
Óptimo Contenido de Humedad (%)	12	15.7	17.1	7.5
95% de la Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	1.8	1.62	1.61	2.033
C.B.R. al 100% de la M.D.S. (%)	36	11	14	95
C.B.R. al 95% de la M.D.S. (%)	30	7	13	65

Cuadro 3. 2: Resumen de los Resultados de los Ensayos de Laboratorio.

Fuente: Elaboración Propia



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
 AV. FLORAL (CUIDAD UNIVERSITARIA)



PERFIL ESTRATIGRÁFICO
 (Calicata C - 01)

PROYECTO : PAVIMENTACION DE LOS JIRONES ACHAYA , MANCO CAPAC , CONDE DE LEMUS, ARICA Y PUNO
 SOLICITANTE : BACH. EFRAIN ALBERT CALLA MAMANI
 UBICACIÓN : CAMINACA- AZANGARÓ
 LUGAR : INTERSECCION Jr. PUNO Y Jr.MANCO CAPAC
 PROGRESIVA : 0+000
 CALICATA : C - 01
 FECHA : 10 DICIEMBRE DEL 2013

PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR ESTRATO (m)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CLAS. SUCS
	0.25		Suelo arcilloso limoso, contaminado de raíces de la vegetación existente y basura, contenido de humedad regular, con un color amarillento característico del estrato.	OL
	0.50		Arcilla inorgánica de baja plasticidad,	CL
	1.25			
	1.00			
	1.50		Continúa la misma estratigrafía hasta la profundidad de exploración	

OBSERVACIONES : No se encuentra el Nivel Freático hasta la profundidad de exploración



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
 AV. FLORAL (CUIDAD UNIVERSITARIA)



PERFIL ESTRATIGRÁFICO
 (Calicata C - 02)

PROYECTO : PAVIMENTACION DE LOS JIRONES ACHAYA , MANCO CAPAC , CONDE DE LEMUS, ARICA Y PUNO
 SOLICITANTE : BACH. EFRAIN ALBERT CALLA MAMANI
 UBICACIÓN : CAMINACA- AZANGARÓ
 LUGAR : INTERSECCION JR ARICA Y Jr.ACHAYA
 PROGRESIVA : 0+004
 CALICATA : C - 02
 FECHA : 10 DICIEMBRE DEL 2013

PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR ESTRATO (m)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CLAS. SUCS
	0.35		Suelo arcilloso limoso, contaminado de raíces de la vegetación existente y basura, contenido de humedad regular, con un color amarillento característico del estrato.	OL
	0.50		Arcilla inorgánica de baja plasticidad,	CL
	1.00			
	1.50			
			Continua la misma estratigrafía hasta la profundidad de exploración	

OBSERVACIONES : No se encuentra el Nivel Freático hasta la profundidad de exploración



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
 AV. FLORAL (CUIDAD UNIVERSITARIA)



PERFIL ESTRATIGRÁFICO
 (Calicata C - 03)

PROYECTO : PAVIMENTACION DE LOS JIRONES ACHAYA , MANCO CAPAC , CONDE DE LEMUS, ARICA Y PUNO
 SOLICITANTE : BACH. EFRAIN ALBERT CALLA MAMANI
 UBICACIÓN : CAMINACA- AZANGARÓ
 LUGAR : Jr. CONDE DE LEMUS
 PROGRESIVA : 0+020
 CALICATA : C - 03
 FECHA : 10 DICIEMBRE DEL 2013

PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR ESTRATO (m)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CLAS. SUCS
	0.40		Suelo arcilloso limoso, contaminado de raíces de la vegetación existente y basura, contenido de humedad regular, con un color amarillento característico del estrato.	OL
	0.50		Arcilla inorgánica de baja plasticidad,	CL
	1.00			
	1.50			
			Continua la misma estratigrafía hasta la profundidad de exploración	

OBSERVACIONES : No se encuentra el Nivel Freático hasta la profundidad de exploración

3.1.3.5. DETERMINACIÓN DEL C.B.R. DE DISEÑO

Los resultados de los valores de C.B.R. obtenidos de las calicatas descritas. Procedemos a hallar el C.B.R. de diseño.

Los resultados deben procesarse por medios estadísticos que permitan la selección de un valor correcto de resistencia de diseño para cada unidad o suelo predominante en cada una de las calicatas.

El criterio más difundido para la determinación del valor de resistencia de diseño es el propuesto por el Instituto del Asfalto, el cual recomienda tomar un valor total, que el 60, o el 75 o el 87.5% de los valores individuales sea igual o mayor que él, de acuerdo con el tránsito que se espera circule sobre el pavimento, como se muestra en el Cuadro 3.3.

Número de ejes de 8.2 toneladas en el carril de diseño (N)	Percentil a seleccionar para hallar la resistencia (%)
$< 10^4$	60
$10^4 - 10^6$	75
$> 10^6$	87.5

Cuadro 3. 3: Límites para selección de resistencia (CBR de diseño).

Fuente: Alfonso MONTEJO FONSECA.

Tomando los datos de Cuadro 3.2, respecto al C.B.R. al 95% de la M.D.S. (%), podemos determinar el valor del C.B.R. de diseño para el Terreno de Fundación, el cual será un dato de mucha utilidad en los diseños posteriores. En nuestro caso tenemos un ESAL de diseño de 0.27×10^6 el cual corresponde a un percentil de 75 %.

El proceso de cálculo es el siguiente:

1. Se ordena los valores de resistencia de menor a mayor y se determina el número y el porcentaje de valores iguales o mayores de cada uno. Este proceso se puede apreciar en la Cuadro 3.4.

Resultado de ensayo CBR (de menor a mayor)	Número de resultados CBR iguales o mayores	% de resultados iguales o mayores
7	3	100
13	2	67
30	1	33

Cuadro 3. 4: Determinación del CBR de diseño (Terreno de Fundación).

Fuente: Elaboración Propia

2. Se dibuja un gráfico que relacione los valores de C.B.R. con los porcentajes anteriormente calculados (Figura 3.2) y en la curva resultante se determina el C.B.R. para el percentil elegido que para este caso, según Cuadro 3.4y con los datos del Estudio Vial, debe ser 75%, al cual le corresponde un CBR de diseño de 11%.

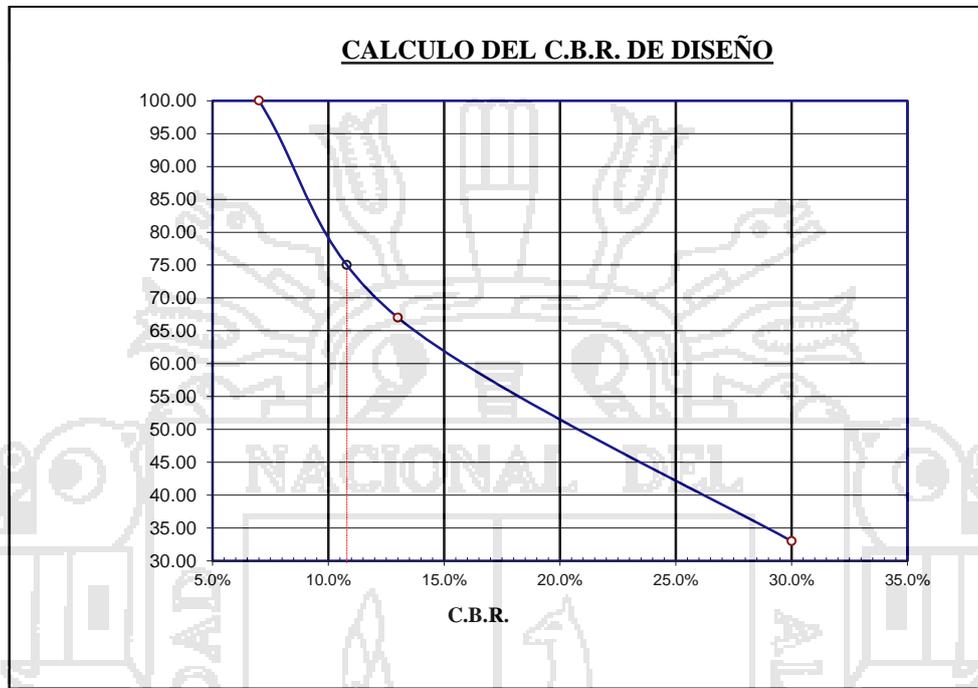


Figura 3. 1: Cálculo del CBR de Diseño

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo como resultados de cantera

ENSAYO	NORMA MTC	REQUERIMIENTO ≥ 3000 msnm	CANTERA MORO PACCO	OBSERVACION
CBR (1)	MTC E 132	40 % mín.	38	NO CUMPLE
Límite Líquido	MTC E 110	25 % máx.	27.47	NO CUMPLE
Índice de Plasticidad	MTC E 111	4 % máx.	4.98	NO CUMPLE

Cuadro 3. 5: Requerimientos de Ensayos Especiales para sub base granular.EG-2013

Fuente: elaboración propia

Por lo expuesto se propone la realización de diseño de mezcla de suelos

3.1.3.6. MEZCLA DE SUELOS PARA SUB BASE

En base a los resultados de los ensayos de Caracterización, cuyos reportes se encuentran anexas al presente proyecto, y en base a las especificaciones contenidas en la norma EG-2013 para Sub Base se procedió al diseño de la mezcla de suelos y

cuyos resultados se encuentran dentro de las especificaciones de la norma mencionada.

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4.25 um (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 um (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

Cuadro 3. 6: Requerimientos granulométricos para sub base granular.

Fuente: EG-2013



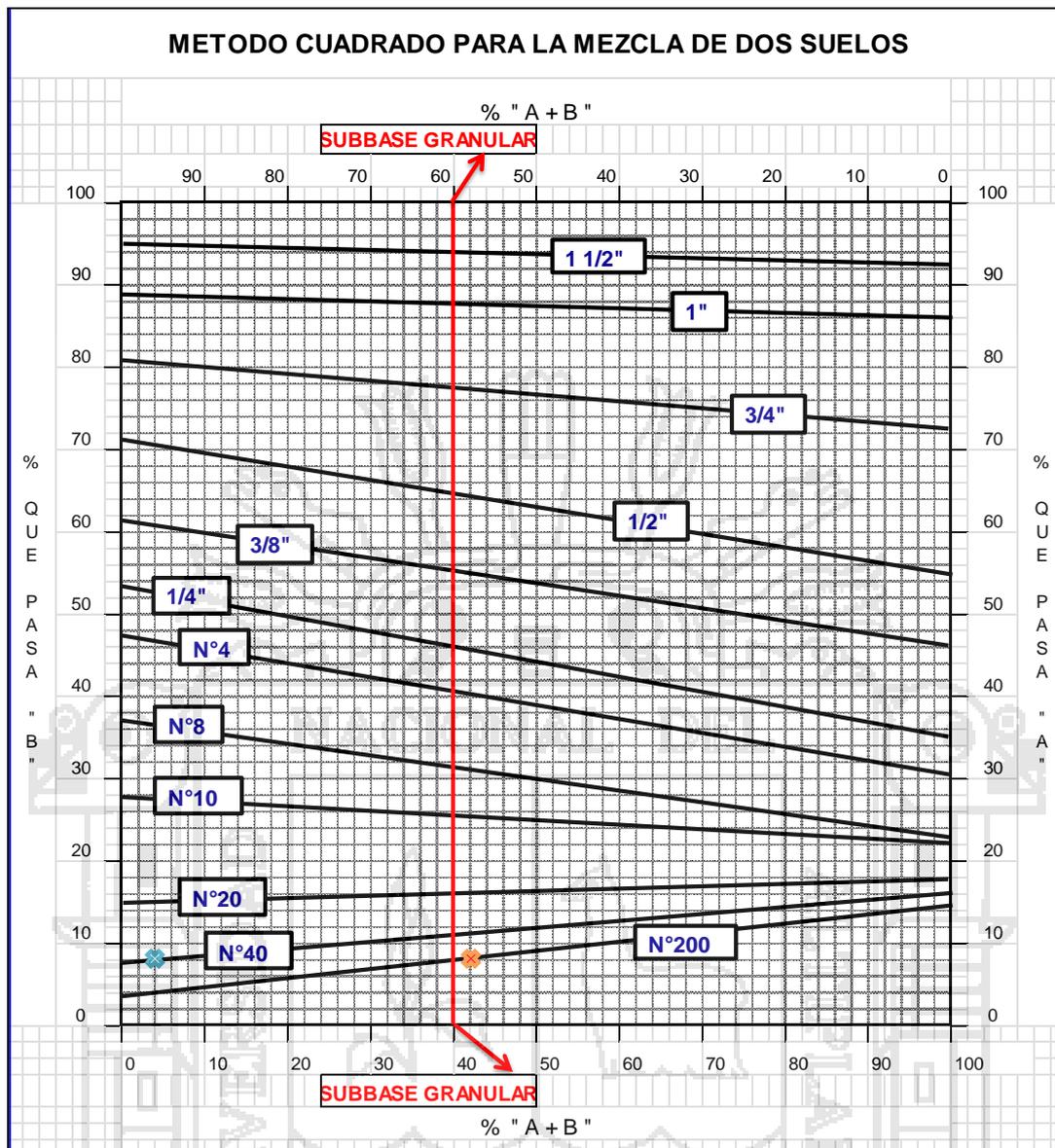


Figura 3. 2: Método cuadrado para la mezcla de dos suelos.

Fuente: Elaboración Propia.

En base a los resultados del Análisis granulométrico y los Límites Consistencia y además haciendo uso del Diagrama Cuadrado para la mezcla de dos suelos para Sub Base Granular, se obtuvo la proporción de 60 % de material Hormigón (Cantera RíoCoata) +40 % de material ligante (Cantera Moro Pacco), con lo cual el material resultante cumple con los requerimientos granulométricos Gradación A.

Tamiz	% QUE PASA				Observación
	Especificac. Base Gran. A (EG-2013)	cantera A Moro Pacco	cantera B Río Coata	Mezcla 40%*A+60%*B	
76.2 mm (3")		100.00	100.00	100.00	
63.5 mm (2 1/2")		100.00	100.00	100.00	
50 mm (2")	100	100.00	100.00	100.00	SI CUMPLE
9.5 mm (3/8")	30 – 65	46.37	61.59	55.50	SI CUMPLE
4.75 mm (Nº 4)	25 – 55	30.57	47.92	40.98	SI CUMPLE
2.0 mm (Nº 10)	15 – 40	21.82	27.93	25.49	SI CUMPLE
4.25 um (Nº 40)	8 – 20	16.58	7.86	11.35	SI CUMPLE
75 um (Nº 200)	2 – 8	14.89	3.36	7.98	SI CUMPLE

Cuadro 3. 7: Resultados de la Mezcla de Suelos para Sub Base.

Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO	NORMA MTC	REQUERIMIENTO ≥ 3000 msnm	MEZCLA 40%A+60%B	OBSERVACION
CBR	MTC E 132	40 % mín.	95%	CUMPLE
Límite Líquido	MTC E 110	25 % máx.	22.88%	CUMPLE
Índice de Plasticidad	MTC E 111	4 % máx.	3.49%	CUMPLE

Cuadro 3. 8: Resultados de la Mezcla de Suelos para Sub Base.

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.4. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

En el presente Estudio Hidrológico muestra la determinación del caudal de aporte de las aguas pluviales, para un adecuado diseño de drenaje bajo determinado periodo de retorno.

El estudio hidrológico consiste en la estimación de las descargas de diseño de las respectivas obras de drenaje a partir de la información pluviométrica disponible de la estación meteorológica de Juliaca, es la estación más cercana al distrito de Caminaca, cuyas coordenadas de ubicación son Latitud 15.4667, longitud 70.1667y altitud 3820.

3.1.4.1. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

INTENSIDAD

La ecuación 3.1 representa la expresión de la Intensidad.

$$I = \frac{P}{T} \tag{3.1}$$

Dónde:

- I : Intensidad en mm/hora.

- P : Precipitación en altura de agua, en mm.
- T : Tiempo en horas.

FRECUENCIA

Una de las expresiones más sencillas y prácticas es la que se muestra en la ecuación 3.2, que corresponde a la ecuación.

$$F = \frac{m}{N} \quad (3.2)$$

Dónde:

- F : Frecuencia.
- m : El orden que ocupa el evento en orden decreciente.
- N : Número de eventos componentes.

PERÍODO DE RETORNO

Está expresado matemáticamente por la inversa de la relación 3.2, es decir la inversa de la frecuencia, como se muestra en la ecuación 3.3.

$$I = \frac{P}{T} \quad (3.3)$$

Dónde:

- I : Intensidad en mm/hora.
- P : Precipitación en altura de agua, en mm.
- T : Tiempo en horas.

PROBABILIDAD

Está dado por la ecuación 3.4.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad (3.4)$$

Dónde:

- P : Probabilidad.
- T : Periodo de retorno.
- n : Periodo de tiempo de análisis.

3.1.4.2. CÁLCULO DEL PERIODO DE RETORNO

La precipitación anual promedio es del orden de 775 mm, según la estación meteorológica de Juliaca.

En el siguiente cuadro, tenemos un extracto de los datos de precipitaciones extremas en la estación meteorológica de Juliaca.

Año de Excedencias	1975	1984	1985	1997	1999
Precipitación Mensual (mm)	833.9	1167.6	963.2	905.8	903
Intervalo de Recurrencia (Años)		9	1	12	2

Cuadro 3. 9: Años de precipitaciones extremas, estación Juliaca.

Fuente: SENAMHI

PERIODO DE RETORNO

Consideramos además 20 años como periodo de vida útil para el diseño de nuestro pavimento.

Por lo tanto el cálculo del periodo de retorno se da con los datos:

- N : Periodo total entre la primera y última excedencia ($\geq 775\text{mm}$) = 24 años (1999 - 1975 = 24 años).
- M : Número total de intervalos de recurrencia = 4 (Del cuadro 3.7).

Por lo tanto se tiene que:

$$P = \frac{N}{M} = \frac{24}{4} = 6 \text{ años}$$

$$P = 6 \text{ años}$$

PROBABILIDAD DEL PERIODO DE RETORNO

Para la vía en estudio se ha proyectado para una vida útil de 20 años, la ecuación 3.4 nos sirve para calcular la Probabilidad del Periodo de Retorno, teniendo los siguientes datos: *probabilidad*

- T : Periodo de retorno = 6 años.
- n : Periodo de vida útil = 20 años.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n = 1 - \left(1 - \frac{1}{6}\right)^{20} = 0.97 = 97\%$$

$$\text{probabilidad ad} = 97\%$$

Se puede mencionar que existe la posibilidad en un 97 % que un evento de precipitaciones extremas ocurra en los 20 años de vida útil proyectada.

3.1.4.3. CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Existen varias formas de determinar el tiempo de concentración, ya sea haciendo uso de las características hidráulicas de la cuenca, estimando velocidades, o haciendouse de fórmulas empíricas propuestas por varios autores a fin de ahorrar tiempo en su cálculo, de las cuales la Fórmula de Kirpich (ecuación 3.5), es una de las más utilizadas.

$$T_c = \left(0.871 \frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad (3.5)$$

Dónde :

- TC: Tiempo de concentración, en horas.
- L: Longitud del curso de agua más largo, en Km.
- H: Desnivel máximo del curso de agua más largo, en m.

De los cálculos hechos en nuestra microcuenca se tiene: $L = 0.6508 \text{ Km}$ y $H = 37.238 \text{ m}$.

Reemplazando datos en la ecuación 3.5, se obtuvo lo siguiente:

$$T_c = \left(0.871 \frac{L^3}{H} \right)^{0.385} = \left(0.871 \frac{0.6508^3}{37.238} \right)^{0.385} = 0.14$$

Por lo tanto: $T_c = 0.14 \text{ horas}$

$T_c = 8.61 \text{ min}$

3.1.4.4. CÁLCULO DE INTENSIDAD DE LLUVIA

La determinación del evento de lluvia que debe emplearse es un paso importante en el diseño de drenaje urbano, para lo cual la forma más común de hacerlo, es utilizar un evento extraordinario que involucre una relación entre la intensidad de lluvia, la duración y las frecuencias o periodos de retorno apropiados para el sitio mediante el trazo de curvas IDF, en la que fácilmente se puede obtener el dato de intensidad para cualquier periodo de tiempo requerido.

EL MODELO GENERAL DE FREDERICH BELL

La fórmula matemática propuesta es la expresión que se muestra en la ecuación 3.6, que corresponde a la fórmula de Frederick Bell.

$$P_t^T = (0.21 * \text{Log}_e T + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50) * P_{60}^{10} \quad (3.6)$$

Dónde :

- P_t^T : Precipitación caída en t minutos con periodo de retorno de T años.
- T : Periodo de retorno en años.
- t : Duración en minutos.
- P_{60}^{10} : Precipitación de 60 minutos de duración con periodo de retorno de 10 años.

La ecuación 3.6 es válida para duraciones de lluvia (t) comprendidas entre 5 y 120 minutos de duración y con periodos de retorno comprendidos entre 2 y 100 años. El investigador Chileno Espíldora, obtuvo que la relación entre la lluvia máxima diaria y la lluvia de una hora para un periodo de retorno de 10 años es más o menos constante e igual a 4.04.

REGISTROS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA HORARIA

La serie de registros de precipitación máxima horaria se presentan en el siguiente cuadro con datos correspondientes al Registro de Precipitación Máxima en 24 horas de la estación meteorológica Juliaca.

AÑO	JULIACA
1963	34.3
1964	22
1965	21
1966	24.5
1967	34.2
1968	34
1969	45.5
1970	34.2
1971	36.8
1972	33.6
1973	40.5
1974	34
1975	27
1976	33
1977	41
1978	30.1

1979	39.8
1980	24.6
1981	28.5
1982	24
1983	28.9
1984	29
1985	37
1986	40.2
1987	29
1988	26.2
1989	39.5
1990	32.2
1991	25.8
1992	30.7
1993	28.8
1994	30.4
1995	24
1996	28.2
1997	36.9
1998	21
1999	39.7
2000	27.6

Cuadro 3. 10: Registro de Precipitación Máxima en la estación meteorológica.

Fuente: SENAMHI

Ley de Gumbel, siendo esta última la más recomendable y de la que se hizo uso.

$$F(x) = E^{-e^{-y}}, -\alpha \leq x \leq \alpha \tag{3.7}$$

Resolviendo para y (variable reducida), se tiene:

$$y = -\ln \left[\ln \left(\frac{1}{F(x)} \right) \right] \tag{3.8}$$

Sabiendo que:

- $1/T$: $P(x > x_T)$
- $1/T$: $1 - P(x < x_T)$
- $1/T$: $1 - F(x)$

Luego se tiene:

$$F(x) = \frac{T - 1}{T} \tag{3.9}$$

Expresando la variable reducida en función del Periodo de retorno T, tenemos:

$$y = -\ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \quad (3.10)$$

Adopta la siguiente forma general:

$$X_T = v + \beta Y_T \quad (3.11)$$

La ecuación 3.11, es llamada la ley de Gumbel.

Dónde:

- $\beta = 0.78 S_x$; S_x es Desviación Estándar.
- $v = X - 0.5772 \beta$; X =Media Aritmética.
- $Y_T = -\ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]$; T = Periodo de Retorno.

PROCESO DE CÁLCULO DE INTENSIDAD DE LLUVIA

Se hizo el análisis solamente con 20 años, correspondientes a los años entre 1981 al año 2000, tomando los datos solo de la Estación de Juliaca del cuadro 3.8.

Es necesario mencionar algunos datos o parámetros de entrada:

- $N = 20$ años.
- La Media Aritmética \bar{X} se calcula la ecuación 3.12.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X}{N} \quad (3.12)$$

	AÑO	P _{max=x}	F	T	\bar{X}	$(X - \bar{X})^2$
1	1986	40.2	0.05	20.00	30.38	96.43
2	1999	39.7	0.10	10.00	30.38	86.86
3	1989	39.5	0.15	6.67	30.38	83.17
4	1985	37	0.20	5.00	30.38	43.82
5	1997	36.9	0.25	4.00	30.38	42.51
6	1990	32.2	0.30	3.33	30.38	3.31
7	1992	30.7	0.35	2.86	30.38	0.10
8	1994	30.4	0.40	2.50	30.38	0.00
9	1984	29	0.45	2.22	30.38	1.90
10	1987	29	0.50	2.00	30.38	1.90
11	1983	28.9	0.55	1.82	30.38	2.19
12	1993	28.8	0.60	1.67	30.38	2.50
13	1981	28.5	0.65	1.54	30.38	3.53
14	1996	28.2	0.70	1.43	30.38	4.75
15	2000	27.6	0.75	1.33	30.38	7.73
16	1988	26.2	0.80	1.25	30.38	17.47
17	1991	25.8	0.85	1.18	30.38	20.98
18	1982	24	0.90	1.11	30.38	40.70
19	1995	24	0.95	1.05	30.38	40.70
20	1998	21	1.00	1.00	30.38	87.98
	Σ	607.6				588.57

Cuadro 3. 11: Desarrollo del cálculo de intensidad de lluvia

Fuente: Elaboración Propia.

- La desviación estándar se calcula mediante la ecuación 3.13.

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{R}} \tag{3.13}$$

Dónde:

- R = N - 1, si N >= 30.
- R = N, si N < 30.

Aplicando la ecuación 3.13 con los datos delcuadroanterior, se tiene:

$$S_x = \sqrt{\frac{588.57}{20}} = 5.4248$$

$s_x = 5.4248$

- Aplicación de la Ley de Gumbel:

El desarrollo del cálculo de la Ley de Gumbel se encuentra en el siguiente cuadro, en el cual se desarrolla convenientemente para los periodos de retorno T de 2, 5, 10, 15 y 20 años.

T	β	u	Y_T	X_T
(Años)	$0.78S_x$	$X - 0.5772\beta$	$-\ln\left[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]$	$u + \beta Y_T$
2	4.2313	27.9377	0.3665	29.4885
5	4.2313	27.9377	1.4999	34.2844
10	4.2313	27.9377	2.2504	37.4597
15	4.2313	27.9377	2.6738	39.2512
20	4.2313	27.9377	2.9702	40.5056

Cuadro 3. 12: Aplicación de la LEY DE GUMBEL

Fuente: Elaboración Propia.

Del cuadro 3.10 extraemos la precipitación máxima para un periodo de retorno de 10 años y cuyo dato corresponde a 37.46 mm, y de la relación propuesta por Espíldora (factor de 4.04) obtenemos la precipitación de una hora para dicho periodo de retorno, como se muestra a continuación:

$$P_{60}^{10} = \frac{37.46}{4.04} = 9.27 \text{ mm}$$

Por lo que la precipitación de 60 minutos de duración y 10 años de periodo de retorno es:

$$P_{60}^{10} = 9.27 \text{ mm}$$

Aplicando la Ecuación de Frederick Bell (ecuación 3.6), se obtiene el siguiente cuadro, en donde se muestra las Lluvias Máximas en (mm) para la estación de Juliaca.

$$P_t^T = (0.21 * \text{Log}_e T + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50) * P_{60}^{10} \quad (3.14)$$

T (años)	Duración t (minutos)					
	5	10	15	20	30	40
2	1.90	2.84	3.47	3.96	4.71	5.29
6	2.55	3.82	4.68	5.33	6.35	7.13
10	2.86	4.28	5.23	5.97	7.11	7.98
15	3.10	4.65	5.68	6.48	7.71	8.66
20	3.28	4.90	5.99	6.84	8.14	9.14

Cuadro 3. 13: Lluvias Máximas en (mm) para la estación meteorológica de Juliaca.

Fuente: Elaboración Propia.

En el cuadro anterior, se tiene los siguientes resultados para las precipitaciones con las siguientes características:

- Periodos de retorno (T) de : 2, 6, 10, 15 y 20 años.
- Duraciones (t) de : 10, 15, 20, 30, 40 minutos.

• **Curvas IDF:**

Para el cálculo de las curvas IDF es necesario hallar, además de todo lo anterior, las intensidades máximas en (mm/hora) para la estación de Juliaca, cuyos datos se muestra en el cuadro 3.13. Esto se realiza a partir de los datos del cuadro 3.12.

T (años)	Duración t (minutos)					
	5	10	15	20	30	40
2	22.77	17.04	13.89	11.88	9.42	7.94
6	30.66	22.94	18.70	16.00	12.69	10.69
10	34.33	25.69	20.94	17.92	14.21	11.97
15	37.24	27.87	22.72	19.44	15.42	12.99
20	39.31	29.42	23.98	20.51	16.27	13.71

Cuadro 3. 14: Intensidades Máximas en mm/hora para la estación meteorológica Juliaca
Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente las curvas IDF, se calculan a partir de los datos del cuadro 3.14 y en la figura 3.3 se muestra las curvas IDF obtenidas de los cálculos realizados.

Las curvas IDF servirán para los cálculos de los caudales mediante el método Racional. Específicamente para hallar: Intensidad máxima de lluvia para un periodo de duración igual al tiempo de concentración, y para frecuencia de diseño (mm/h).

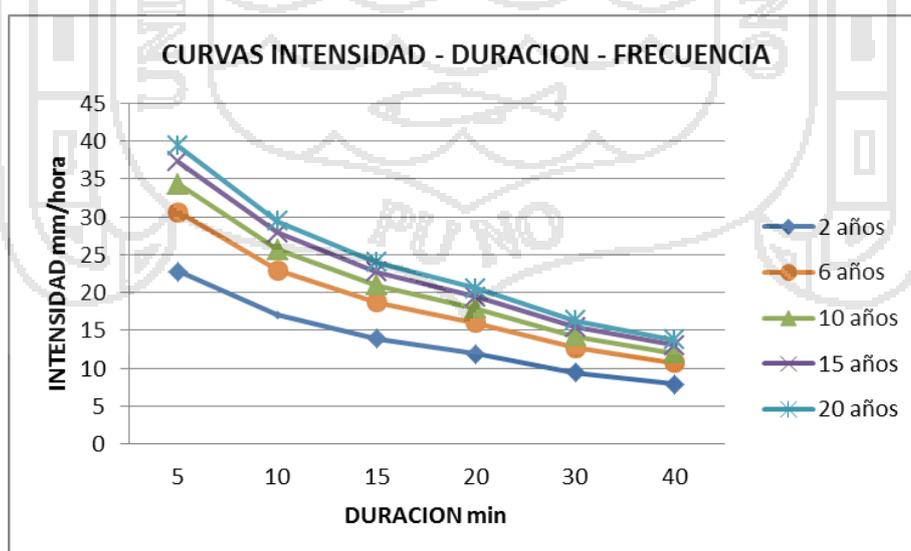


Figura 3. 3: Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)
Fuente: Elaboración propia.

3.1.4.5. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE AGUAS PLUVIALES

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
AREAS URBANAS							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / Techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano 0 - 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio 2 - 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente Superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75% del área)							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente Superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano 0 - 2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio 2 - 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente Superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
AREAS NO DESARROLLADAS							
Área de Cultivos							
Plano 0 - 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio 2 - 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente Superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente Superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano 0 - 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio 2 - 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente Superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Cuadro 3. 15: Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el Método Racional

Fuente: Tabla 1.a de la Norma Técnica O.S. 060 Drenaje Pluvial Urbano

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA	Factor T = 5 años	Area %	Coefficiente Parcial
Concreto / techos	0.80	10.00	0.08
Condición pobre (< 50% del área)			
plano, 0 - 2%	0.34	77.00	0.09
promedio, 2 - 7%	0.40	15.00	0.06
Pendiente, superior 7 %	0.43	3.00	0.09
pastizales			
promedio, 2 - 7%	0.36	5.00	0.11
Coefficiente de escorrentía ? ?		100.00	0.42

Cuadro 3. 16: Hallando el coeficiente de escorrentía (C)

Fuente: Tabla 1.a de la Norma Técnica O.S. 060 Drenaje Pluvial Urbano

APLICACIÓN DE LA FORMULA DEL MÉTODO RACIONAL

Este método esta expresado matemáticamente por la relación 3.15.

$$Q = \frac{CIA}{360} \quad (3.15)$$

Dónde:

- Q : Caudal máximo de esorrentía (m3/seg).
 - C : Coeficiente de esorrentía.
 - A : Área de la cuenca (Ha).
 - I : Intensidad máxima de la lluvia para un periodo de duración igual al tiempo de concentración, y para la frecuencia de diseño (mm/h).
- C = 0.42 (Coeficiente de esorrentía, hallado en el cuadro 3.14).
 - I = 25 mm/hr (Intensidad máxima de la lluvia para un tiempo de concentración Tc = 8.61 minutos, hallado de las curvas IDF de la figura 3.4).

Reemplazando los datos en la ecuación 3.15, los datos obtenidos se muestran en el siguiente cuadro.

DESCRIPCION	AREA TRIBUTARIA (m2)	AREA TRIBUTARIA (ha)	COEF,DE ESCOREN (c)	INT.MAX (mm/h)	CAUDAL (m3/seg)	CAUDAL (l/seg)
1	8569.25	0.86	0.42	25.00	0.02	24.99
2	8237.31	0.82	0.42	25.00	0.02	24.03
3	3177.09	0.32	0.42	25.00	0.02	21.27
4	7293.87	0.73	0.42	25.00	0.02	21.27
TOTAL	27277.52	2.73			0.09	91.57

Cuadro 3. 18: Determinación de caudales para las áreas tributarias

Fuente: Elaboración Propia.

3.2. ESTUDIO DE CANTERAS

3.2.1. EVALUACIÓN DE CANTERAS

Para que una cantera pueda ser catalogada como tal debería presentar las siguientes características:

- 1. Calidad de material.**- esta se manifiesta por el grado de cumplimiento de las especificaciones que se busca, como son la forma de las partículas, granulometría, ensayos de compactación, CBR, límites de consistencia y otros.
- 2. Accesibilidad y estado de vías de acceso.**- se refiere básicamente a las vías de acceso, su estado o costos de construcción para la extracción del material.
- 3. Su situación legal.**- este es un aspecto fundamental que puede ocasionar gastos innecesarios, atrasos y/o paralizaciones de la obra, si no se toman en cuenta durante la etapa exploratoria.

3.2.2. LOCALIZACIÓN DE CANTERAS

- **Cantera Rio Coata.**-Cantera de material Hormigón, ubicado en la Norte de la ciudad de Juliaca, y está a una distancia de 16.9 Km. de la localidad de Caminaca (ver figura 3.5). Se usara para la mezcla de suelos, resultando un material apto para Sub Base de la estructura del pavimento. En actual explotación; propiedad del distrito.

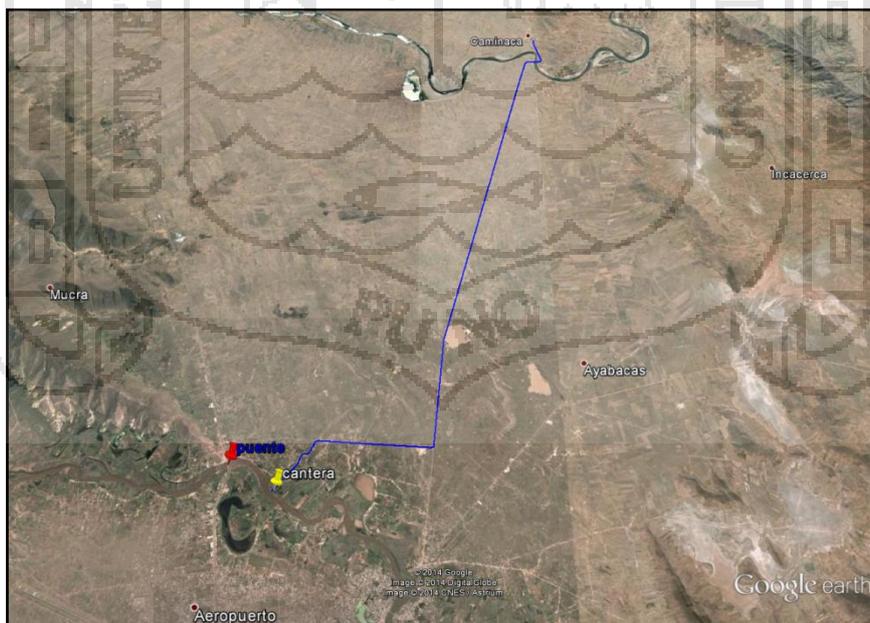


Figura 3.5: Ubicación de la Cantera rio Coata (Material Hormigón para Sub Base).

Fuente: Ubicación de cantera, en <http://earth.google.es/>, Recuperado el 20/10/2014

• **Cantera Moro Pacco.**-Cantera de material ligante para Sub Base, ubicado en la localidad de Caminaca, a una distancia de 3.72 Km. de la zona del estudio, con coordenadas Latitud $15^{\circ}18'4.94''S$ - longitud $70^{\circ}3'36.58''O$ (ver figura 3.6). Se usará para la mezcla de suelos, resultando un material apto para Sub Base de la estructura del pavimento. Cuyas características del material de la cantera son materiales granular con finos de fácil explotación con Cargador Frontal o cargador S/oruga.

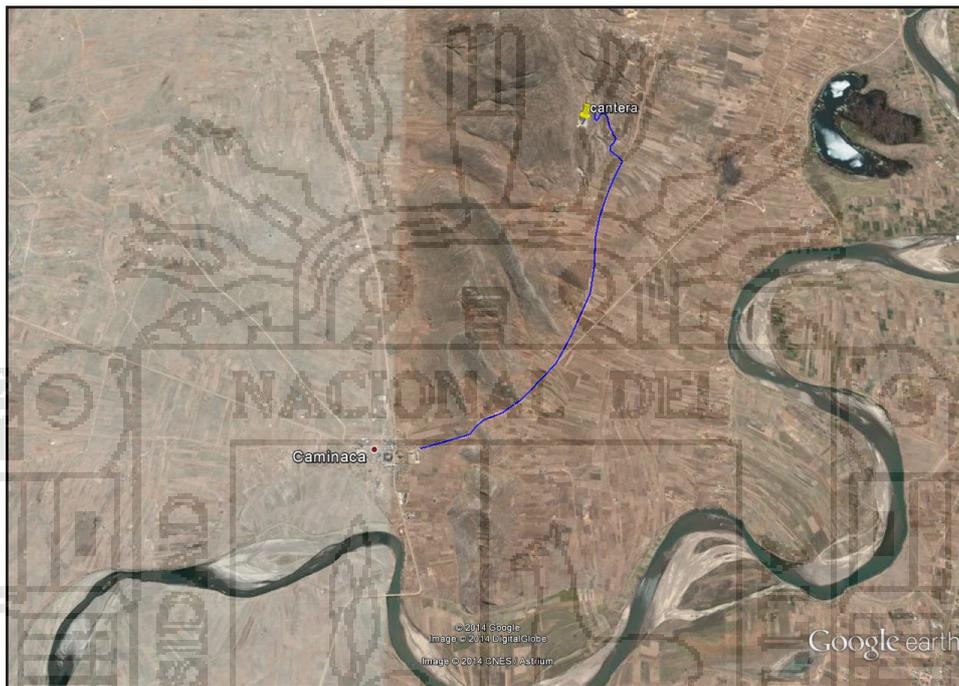


Figura 3. 6: Ubicación de la Cantera Moro Pacco-Caminaca (Material para Sub Base).

Fuente: Ubicación de cantera, en <http://earth.google.es/>, Recuperado el 20/10/2014

3.2.3. TRABAJOS DE CAMPO

En los trabajos de campo, se efectuaron la toma de muestras aprovechando los cortes existentes en las mismas. Se obtuvieron muestras alteradas de cada horizonte significativo, remitiéndose a laboratorio para su análisis respectivo, se cubicaron volúmenes disponibles y explotables, se tomaron muestras alteradas, como sigue:

- De 70 kg (CBR, PROCTOR).
- De 10 kg (Estudios de clasificación, límites de consistencia).

3.2.4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Se practicaron los siguientes ensayos para la Cantera:

- Ensayos de Caracterización:
 1. Contenido de humedad.

2. Análisis granulométrico por tamizado.
3. Límites de Atterberg o de Consistencia.
 - Límite Líquido.
 - Límite Plástico.
 - Índice de Plasticidad.

- Ensayos de Comportamiento:
 1. Proctor Modificado.
 2. CBR.

El ensayo Proctor Modificado básicamente nos sirvió para la determinación de la humedad óptima y densidad máxima del suelo para Subbase.

La importancia de realizar el ensayo CBR radica fundamentalmente en que por medio de estos se conoce las características del terreno de fundación y puede realizarse el diseño del pavimento.

3.2.5. DESCRIPCIÓN DE CANTERAS

A continuación se hace una descripción del lugar donde se encuentran ubicadas las canteras para proveer los materiales a utilizarse en la Sub Base del presente estudio.

CANTERA N° 01

- Nombre : Cantera Moro Pacco.
- Ubicación : A 3.72 Km en dirección Norte de la zona de estudio.
- Coordenadas : Latitud 15°18'4.94"S- longitud 70° 3'36.58"O
- Propiedad : Comunidad del lugar.
- Tipo de acceso : Trocha carrozable.
- Potencia Bruta :
 - Área de la cantera : 3500m².
 - Profundidad promedio : 5.00 m.
 - Factor de Esponjamiento : 1.25
 - P.B. = 3 500 m²x 5.00mx1.25 = 15 312.5m³
- Potencia Neta :
 - Over: 5 %.
 - Desbroce: 0.20 m.

$$P.N. = (15312.5 \text{ m}^3 - 0.05 \times 15312.5 \text{ m}^3 \times 1.25 - 3500 \text{ m}^2 \times 0.20 \text{ m} \times 1.25) = 13\,743 \text{ m}^3$$

- Uso : Para material de Sub Base.
- Periodo de explotación : Todo el año.
- Tipo de Explotación : Equipo convencional de movimiento de tierras
- Tipo de Maquinaria a utilizar: Tractor Oruga o Excavadora, Cargador Frontal y Volquetes.
- Descripción : Grava limosa.
- Clasificación : GM (SUCS), A-2-4 (0) (AASHTO).
- Color : amarillo rojizo .
- Forma de Grava : textura rugosa
- Pasa la malla N° 200 : 14.89 %.
- Límite Líquido : 27.47
- Índice de Plasticidad : 4.09.

CANTERA N° 02

- Nombre : Rio - Coata (Material Hormigón).
- Ubicación : A 20.3Km en dirección Suroeste de la zona de estudio.
- Coordenadas : Latitud 15°26'32.87"S-longitud 70° 7'48.71"O
- Propiedad : Distrito de Juliaca
- Tipo de acceso : afirmado, trocha carrozable.
- Potencia Bruta :
 - Área de la cantera : 6 400 m².
 - Profundidad promedio : 2.00 m.
 - Factor de Esponjamiento : 1.10.
$$P.B. = 6\,400 \text{ m}^2 \times 2.00 \text{ m} \times 1.10 = 14\,080 \text{ m}^3$$
- Uso : Para material de Sub Base.
- Periodo de explotación : En los meses de Abril a Diciembre.
- Tipo de Explotación : Equipo convencional de movimiento de tierras
- Tipo de Maquinaria a utilizar : Tractor Oruga, Cargador Frontal y Volquetes.
- Tipo de depósito : Ligante – Aluvial clastos subredondeados.
- Color : blanco grisáceo.
- Forma de Grava : cantos rodados subangulosos.

- Pasa la malla No 200 : 3.36 %.

ENSAYO	NORMA MTC	REQUERIMIENTO ≥ 3000 msnm	CANTERA MORO PACCO	OBSERVACION
CBR (1)	MTC E 132	40 % mín.	38	NO CUMPLE
Límite Líquido	MTC E 110	25 % máx.	27.47	NO CUMPLE
Índice de Plasticidad	MTC E 111	4 % máx.	4.09	NO CUMPLE

Cuadro 3. 19: Requerimiento de la EG-2013

Fuente: Elaboración Propia, la cantera no es adecuada para sub base

ENSAYO PARA AGREGADO FINO	NORMA MTC	REQUERIMIENTO	CANTERA RIO COATA	OBSERVACION
Índice de Plasticidad	MTC E 111	NO PLASTICO	NO PLASTICO	CUMPLE
Absorción	MTC E 205	4 % máx.	3.78	CUMPLE
Módulo de fineza		Entre 2.3-3.1	3.05	CUMPLE

Cuadro 3. 20: Requerimiento para concreto hidráulico EG-2013.

Fuente: Elaboración Propia, la cantera cumple parte de los requerimientos

3.3. DISEÑO DE MEZCLAS DE AGREGADOS

Resultados obtenidos de los ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica De Suelos Y Materiales de nuestra facultad.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
		RUMI TIPO IP	FINO	GRUESO
CANTERA PROCEDENCIA :RIO COATA				
TAMAÑO MÁXIMO	Pulg.		N° 4	1"
PESO ESPECIFICO	gr/cc	3.15	2.31	2.42
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3		1528	1381
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m3		1647	1501
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		3.45	1.73
ABSORCIÓN	%		3.78	3.68
MODULO DE FINEZA			3.05	6.54

Cuadro 3. 21: Características de los materiales.

Fuente: Elaboración Propia.

MÉTODO DEL MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

- **DATOS.**

$$F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$TM \text{ agregado} = 1''$$

$$M.F.ag. \text{ Fino} = 3.05$$

$$Ag. \text{ Grueso} = 2.42 \text{ gr/cm}^3$$

$$TMN \text{ agregado} = \frac{3}{4}''$$

$$M.F.ag. \text{ Grueso} = 8.07$$

$$Ag. \text{ Fino} = 2.31 \text{ gr/cm}^3$$

Slump $\approx 3'' - 4''$

- Determinación De La Resistencia Promedio:**

$$f'_{cr} = f'_c + 84 \Rightarrow f'_{cr} = 210 + 84 \Rightarrow f'_{cr} = 294 \text{ Kg/cm}^2$$

- Volumen Unitario De Agua:**

$$\left. \begin{array}{l} \text{TMN agregado} = 3/4'' \\ \text{Slump} \approx 3'' - 4'' \end{array} \right\} 205 \text{ Lit. /m}^3$$

- Selección Del Contenido De Aire:**

$$\text{TMN agregado} = 3/4'' \Rightarrow 2.0\%$$

$$\text{Aire atrapado} \approx 2.0\%$$

- Relación Agua - Cemento:**

$$f'_{cr} = f'_c + 84$$

$$f'_{cr} = 294$$

$$F'_{cr}$$

$$250$$

$$294$$

$$300$$

$$a/c$$

$$0.62$$

$$a/c$$

$$0.55$$

$$a/c \approx 0.5584$$

- Contenido De**

Cemento:

$$C = \frac{205}{0.5584} = 367.12 \text{ Kg/m}^3 \approx 8.64 \text{ bolsas/m}^3$$

- Calculo Del Volumen Absoluto:**

Cemento:

$$C = \frac{367.12 \text{ Kg/m}^3}{3.15 \cdot 1000} = 0.117 \text{ m}^3$$

Agua:

$$A = \frac{205 \text{ Lt/m}^3}{1000} = 0.205 \text{ m}^3$$

Aire:

$$A = \frac{2.0}{100} = 0.020 \text{ m}^3$$

La suma de los tres componentes del concreto es: 0.342 m^3

- Volumen Absoluto Del Agregado:**

$$\text{Vol. Abs. Agregados} = 1 - 0.342 = 0.658 \text{ m}^3$$

- Calculo Del Módulo De Fineza De Combinación De Agregados:**

$$\text{M.F. ag. Fino} = 3.05$$

$$\text{M.F. ag. grueso} = 6.54$$

Sac/m ³	MF comb	
8	5.11	
8.7	MFcomb	$MF_{comb} = 5.17$
9	5.19	

Porcentaje De Agregado Fino:

$$R_f = \frac{m_g - m}{m_g - m_f} \times 100$$

M.g: Modulo de fineza agregado grueso.

M.f: Modulo de fineza agregado fino.

M: Modulo de fineza combinación de agregados.

$$R_f = \frac{6.54 - 5.17}{6.54 - 3.05} \times 100 = 39.26 \%$$

- **Volúmenes Absolutos De Dosificación De Agregados:**

$$V.af = \frac{39.26}{100} \times 0.658 = 0.258 m^3$$

$$V.ag = 0.658 - 0.258 = 0.400 m^3$$

- **Peso Seco De Los Agregados:**

$$W.af = 2.31 \times 1000 \times 0.258 = 595.98 \text{ Kg}/m^3$$

$$W.ag = 2.42 \times 1000 \times 0.400 = 968.00 \text{ Kg}/m^3$$

- **Corrección Por Humedad Del Agregado:**

Peso húmedo de los agregados

$$W.af (\%w) = 595.98 \times (1 + 3.45/100) = 616.54 \text{ Kg}/m^3$$

$$W.ag (\%w) = 968.00 \times (1 + 1.73/100) = 984.75 \text{ Kg}/m^3$$

Humedad superficial:

$$AF = 3.45\% - 3.78\% = -0.33\%$$

$$AG = 1.73\% - 3.68\% = -1.95\%$$

Aporte de humedad:

$$AF = 595.98 \times (-0.0033) = -1.97 \text{ Kg}/m^3$$

$$AG = 968.00 \times (-0.0195) = -18.87 \text{ Kg}/m^3$$

} Aporte: - 20.85 Lt/m³

$$V. \text{ agua ef.} = 205 + 20.85 = 225.85 \text{ Lts}/m^3$$

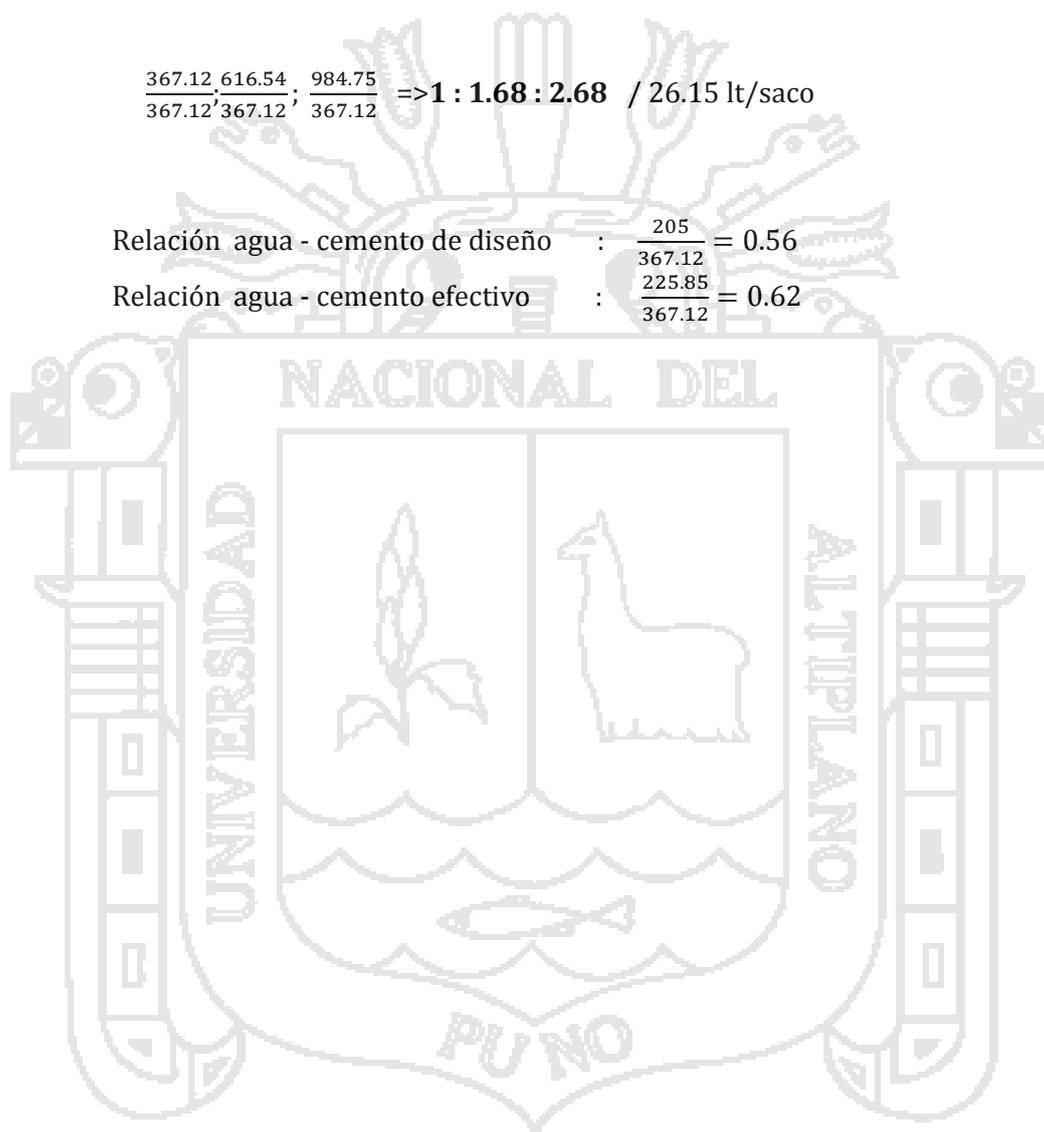
- **Proporción De Componentes Del Concreto En Peso:**

CEMENTO	367.12 Kg/m ³
AGREGADO FINO	616.54 Kg/m ³
AGREGADO GRUESO	984.75Kg/m ³
AGUA	225.85Lt/m ³

$$\frac{367.12}{367.12}, \frac{616.54}{367.12}, \frac{984.75}{367.12} \Rightarrow 1 : 1.68 : 2.68 \quad / \quad 26.15 \text{ lt/saco}$$

$$\text{Relación agua - cemento de diseño} : \frac{205}{367.12} = 0.56$$

$$\text{Relación agua - cemento efectivo} : \frac{225.85}{367.12} = 0.62$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES					
DISEÑO DE MEZCLAS									
CONCRETO $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$									
MODULO DE FINEZA									
PROYECTO :	PAVIMENTACION DE LOS JIRONES ACHAYA, MANCO CAPAC, CONDE DE LEMUS, ARICA Y PUNO								
UBICACIÓN :	CAMINACA-AZANGARO			MUESTRA :	AGREGADOS				
SOLICITADO POR :	BACH. EFRAIN ALBERT CALLA MAMANI			CANTERA :	RIO COATA				
FECHA :	ENERO 2014			UBICACIÓN :	JULIACA				
CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES									
DESCRIPCION	UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS						
CANTERA PROCEDENCIA :		RUMI TIPO I	FINO	GRUESO					
TAMAÑO MAXIMO	Pulg		Nº 4	1					
PESO ESPECIFICO	gr/cc	3.15	2.31	2.42					
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m ³		1528	1381					
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m ³		1647	1501					
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		3.45	1.73					
ABSORCION	%		3.78	3.68					
MODULO DE FINEZA			3.05	6.54					
DOSIFICACION									
CONCRETO: sin aire incorporado									
f'c PROM. f'cr (Kg/m ²)	TMN (pulg)	SLUMP (pulg)	AGUA (lit/m ³)	AIRE (%)	Agua/cem A/C	Factor cem. FC (Kg/m ³)	Factor cem. FC (bol/m ³)	mf Comb. De Agreg	
294	3/4"	3" - 4"	205	2.0	0.56	367.12	8.64	5.170	
CALCULO DE LOS VALORES RELATIVOS DEL MODULO DE FINEZA									
CALCULO DE RF				39.26					
VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS				0.658					
DOSIFICACION EN PESO									
DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M ³	HUMEDAD	PESOS KG/M ³	PROPORCION				
CEMENTO	0.117	367.120		367.12	1.00				
AGREGADO FINO	0.258	595.980	-1.97	616.54	1.68				
AGREGADO GRUESO	0.400	968.000	-18.88	984.75	2.68				
AGUA	0.205	205.000	-20.85	225.85	26.15				
AIRE	0.020								
Rel A/C Efectiva		0.62							
DOSIFICACION EN VOLUMEN									
DESCRIPCION	EN P3	PARA M3 CONCRETO							
CEMENTO	8.638	8.638 BOL							
AGREGADO FINO	14.247	0.403 M3							
AGREGADO GRUESO	25.178	0.713 M3							
AGUA	26.146	0.226 M3							
LA NORMA ITINTEC 400.037 RECOMIENDA QUE EL AGREGADO FINO DEBE DE ESTAR LIBRE DE CANTIDADES PERJUCIALES DE PIZARRAS, HACIENDO LIMITADO SU USO									

Cuadro 3. 22: Diseño de mezclas para concreto de 210kg/cm²

Fuente: Elaboración Propia.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA								
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES								
DISEÑO DE MEZCLAS								
CONCRETO $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$								
MODULO DE FINEZA								
PROYECTO :	PAVIMENTACION DE LOS JIRONES ACHAYA, MANCO CAPAC, CONDE DE LEMUS, ARICA Y PUNO							
UBICACIÓN :	CAMINACA-AZANGARO							
SOLICITADO POR :	BACH. EFRAIN ALBERT CALLA MAMANI							
FECHA :	ENERO 2014							
MUESTRA :	AGREGADOS							
CANTERA :	RIO COATA							
UBICACIÓN :	JULIACA							
CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES								
DESCRIPCION	UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS					
CANTERA PROCEDENCIA :		RUMI TIPO I	FINO	GRUESO				
TAMAÑO MAXIMO	Pulg		N° 4	1				
PESO ESPECIFICO	gr/cc	3.15	2.31	2.42				
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3		1528	1381				
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m3		1647	1501				
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		3.45	1.73				
ABSORCION	%		3.78	3.68				
MODULO DE FINEZA			3.05	6.54				
DOSIFICACION								
CONCRETO: sin aire incorporado								
$f'c$ PROM. $f'cr$ (Kg/m ²)	TMN (pulg)	SLUMP (pulg)	AGUA (lit/m ³)	AIRE (%)	Agua/cem A/C	Factor cem FC (Kg/m ³)	Factor cem. FC (bol/m ³)	mf Comb. De Agreg
245	3/4"	3" - 4"	205	2.0	0.63	325.40	7.66	5.086
CALCULO DE LOS VALORES RELATIVOS DEL MODULO DE FINEZA								
CALCULO DE RF				41.66				
VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS				0.672				
DOSIFICACION EN PESO								
DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M3	HUMEDAD	PESOS KG/M3	PROPORCION			
CEMENTO	0.103	325.400		325.40	1.00			
AGREGADO FINO	0.280	646.800	-2.1	669.11	2.06			
AGREGADO GRUESO	0.392	948.640	-18.5	965.05	2.97			
AGUA	0.205	205.000	-20.6	225.63	29.47			
AIRE	0.020							
Rel A/C Efectiva		0.69						
DOSIFICACION EN VOLUMEN								
DESCRIPCION	EN P3	PARA M3 CONCRETO						
CEMENTO	7.656	7.656 BOL						
AGREGADO FINO	15.462	0.438 M3						
AGREGADO GRUESO	24.675	0.699 M3						
AGUA	29.469	0.226 M3						
LA NORMA ITINTEC 400.037 RECOMIENDA QUE EL AGREGADO FINO DEBE DE ESTAR LIBRE DE CANTIDADES PERJUDICIALES DE PIZARRAS, HACIENDO LIMITADO SU USO								

Cuadro 3. 23: Diseño de mezclas para concreto de 175kg/cm².

Fuente: Elaboración Propia.

3.4. EVALUACIÓN DEL TRANSITO

3.4.1. AFORO DE VOLUMEN VEHICULAR

Para poder tener datos y realizar un conteo del tráfico, se consideró la recolección de datos de campo, para ello se hizo el conteo vehicular durante 07 días, teniendo la consideración de hacerlo por horas, en el jirón Achaya, jirón Conde de Lemus de la localidad de Caminaca.

Se consideró como un nodo de características más relevantes en la intersección del Jr. Achaya y el Jr. Arica, el cual nos sirvió como punto o estación de aforo vehicular.

Los días en que se realizó el conteo vehicular fueron desde el lunes 10 de febrero hasta el domingo 26 de Febrero del año 2014.

En los cuadros 4.1, se presenta el resumen del aforo vehicular diario, en las fechas del lunes (10/02/2014) al domingo (16/02/2014).

HOJA DE CONTROL DE TRÁNSITO VEHICULAR - Día Lunes (10/02/14)								
Tipo de Vehículo	TRÁNSITO HORARIO - VÍA							TOTAL
	6:00 - 8:00	8:00 - 10:00	10:00 - 12:00	12:00 - 14:00	14:00 - 16:00	16:00 - 18:00	18:00 - 20:00	
Minibuses B2	3						1	4
Omnibus B3		2						2
Camión C2	2	1					1	4
Camión C3	1	2	1					4
Camión C4								0
Semitrayler T 2S1	1							1
Semitrayler T 2S2								0
Semitrayler T 2S3								0
Autos y camionetas	5	2		1	2		1	11
TOTAL								26

HOJA DE CONTROL DE TRÁNSITO VEHICULAR - Día Martes (11/02/14)								
Tipo de Vehículo	TRÁNSITO HORARIO - VÍA							TOTAL
	6:00 - 8:00	8:00 - 10:00	10:00 - 12:00	12:00 - 14:00	14:00 - 16:00	16:00 - 18:00	18:00 - 20:00	
Minibuses B2	3	1			1	2	1	8
Omnibus B3	1		1					2
Camión C2	1		1				1	3
Camión C3		1						1
Camión C4								0
Semitrayler T 2S1								0
Semitrayler T 2S2								0
Semitrayler T 2S3								0
Autos y camionetas	6	4	0	0	1	2	2	15
TOTAL								29

HOJA DE CONTROL DE TRÁNSITO VEHICULAR - Día Miércoles (12/02/14)								
Tipo de Vehículo	TRÁNSITO HORARIO - VÍA							TOTAL
	6:00 - 8:00	8:00 - 10:00	10:00 - 12:00	12:00 - 14:00	14:00 - 16:00	16:00 - 18:00	18:00 - 20:00	
Minibuses B2	1	3	1			2	2	9
Omnibus B3	2	1			1		1	5
Camión C2								0
Camión C3	1							1
Camión C4								0
Semitrayler T 2S1								0
Semitrayler T 2S2								0
Semitrayler T 2S3								0
Autos y camionetas	3	2	1			1	1	8
TOTAL								23

HOJA DE CONTROL DE TRÁNSITO VEHICULAR - Día Jueves (13/02/14)								
Tipo de Vehículo	TRÁNSITO HORARIO - VÍA						TOTAL	
	6:00 - 8:00	8:00 - 10:00	10:00 - 12:00	12:00 - 14:00	14:00 - 16:00	16:00 - 18:00		18:00 - 20:00
Minibuses B2	2		1			2	1	6
Omnibus B3								0
Camión C2	1				1		1	3
Camión C3								0
Camión C4								0
Semitrayler T 2S1							1	1
Semitrayler T 2S2								0
Semitrayler T 2S3								0
Autos y camionetas	1	2		1	3		3	10
TOTAL								20

HOJA DE CONTROL DE TRÁNSITO VEHICULAR - Día Viernes (14/02/14)								
Tipo de Vehículo	TRÁNSITO HORARIO - VÍA						TOTAL	
	6:00 - 8:00	8:00 - 10:00	10:00 - 12:00	12:00 - 14:00	14:00 - 16:00	16:00 - 18:00		18:00 - 20:00
Minibuses B2	1	3		1		2	1	8
Omnibus B3								0
Camión C2		1					1	2
Camión C3								0
Camión C4								0
Semitrayler T 2S1								0
Semitrayler T 2S2								0
Semitrayler T 2S3								0
Autos y camionetas		2	1	1		1	3	8
TOTAL								18

HOJA DE CONTROL DE TRÁNSITO VEHICULAR - Día Sabado (15/02/14)								
Tipo de Vehículo	TRÁNSITO HORARIO - VÍA						TOTAL	
	6:00 - 8:00	8:00 - 10:00	10:00 - 12:00	12:00 - 14:00	14:00 - 16:00	16:00 - 18:00		18:00 - 20:00
Minibuses B2		3			1	2		6
Omnibus B3								0
Camión C2	1						1	2
Camión C3			1					1
Camión C4								0
Semitrayler T 2S1								0
Semitrayler T 2S2								0
Semitrayler T 2S3								0
Autos y camionetas	1	1			2	1	2	7
TOTAL								16

HOJA DE CONTROL DE TRÁNSITO VEHICULAR - Día Domingo (16/02/14)								
Tipo de Vehículo	TRÁNSITO HORARIO - VÍA						TOTAL	
	6:00 - 8:00	8:00 - 10:00	10:00 - 12:00	12:00 - 14:00	14:00 - 16:00	16:00 - 18:00		18:00 - 20:00
Minibuses B2	2	1			1	2		6
Omnibus B3			1					1
Camión C2	2							2
Camión C3			1					1
Camión C4								0
Semitrayler T 2S1								0
Semitrayler T 2S2								0
Semitrayler T 2S3								0
Autos y camionetas	3	1				2	1	7
TOTAL								17

Cuadro 3. 24: Aforo De Vehículos del 10 al 16 de febrero del 2014

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.2. RESUMEN DEL AFORO VEHICULAR

Con respecto a volúmenes de tránsito, para obtener el tránsito promedio diario anual, TPDA, es necesario disponer del número total de vehículos que pasan durante el año por el punto de referencia, mediante aforos continuos a lo largo de todo el año, ya sea en periodos horarios, diarios, semanales o mensuales.

RESUMEN DE AFORO VEHICULAR DE LA SEMANA (DEL LUNES 10/02/14 AL DOMINGO 16/02/14)									
DÍAS DE LA SEMANA	TIPOS DE VEHICULOS							TOTAL	
	AUTOS Y CAMIONETAS		COMBIS, MICROS, CUSTERS		BUSES	CAMIÓN	CAMIÓN		SEMITRAYLER
	B2		B3	C2	C3	T2S1			
LUNES (10/02/14)									
MARTES (11/02/2014)	11	4	2	4	4	1	0	26	
MIERCOLES (11/02/2014)	15	8	2	3	1	0	0	29	
MIÉRCOLES (11/02/2014)	8	9	5	0	1	0	0	23	
JUEVES (13/02/14)	10	6	0	3	0	1	0	20	
VIERNES (14/02/14)	8	8	0	2	0	0	0	18	
VIERNES (15/02/14)	7	6	0	2	1	0	0	16	
VIERNES (16/02/14)	7	6	1	2	1	0	0	17	
TOTAL	66	47	10	16	8	2	0	149	

Cuadro 3. 25: Resumen de Aforo Vehicular de la Vía

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.3. TRANSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL

El cálculo del TPDS se realiza usando la expresión 3.16, se hace uso de los aforos vehiculares diarios durante una semana.

$$TPDS = \frac{\sum VTD}{7} * (f.c.e) \tag{3.16}$$

Dónde:

- VTD: Volumen de tránsito diario de lunes a domingo, o promedios aforados durante la semana.
- f.c.e.: Factor de corrección por eje. $f.c.e = 2b / a$
- b: Número total de vehículos que han transitado.
- a: Total de ejes correspondientes a estos vehículos.

CÁLCULO DEL TPDS									
	TIPOS DE VEHICULOS							TOTAL	
	AUTOS Y CAMIONETAS		COMBIS, MICROS, CUSTERS		BUSES	CAMIÓN	CAMIÓN		SEMITRAYLER
	B2		B3	C2	C3	T2S1			
Total de Vehiculos (T)									
Número de Ejes (e)	66	47	10	16	8	2	0	149	
Vehiculos por Numero de ejes (a) = (T) * (e)	2	2	3	2	3	3	0		
fce (fce) = 2 * (T) / (a)	132	94	30	32	24	6	0		
TPDS por tipo de Vehiculo (f) = (T) * (fce) / 7	1	1	0.67	1.00	0.67	0.67	0		
	9	7	1	2	1	0	0	20	

Cuadro 3. 26: Cálculo del Tránsito promedio diario Semanal

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, del anterior cuadro, se tiene que el: TPDS = 20 Vehículos/día

$TPDS = 20 \text{ veh} / \text{ dia.}$

3.4.4. TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL

El análisis de volúmenes de tránsito, la media poblacional o tránsito promedio diario anual, TPDA, se estima con base en la media muestral o tránsito promedio diario semanal, TPDS, según la expresión 3.17.

$$TPDA = TPDS \pm A \quad (3.17)$$

Dónde:

- TPDA: Tránsito promedio diario anual.
- TPDA: Tránsito promedio diario semanal.
- A: Máxima diferencia entre el TPDA y el TPDS.

El valor de A, sumado o restado del TPDS, define el intervalo de confianza dentro del cual se encuentra el TPDA.

Para un determinado nivel de confianza, el valor de A esta dado por la expresión 3.18.

$$A = KE \quad (3.18)$$

Dónde:

- A: Máxima diferencia entre el TPDA y el TPDS.
- K: Número de desviaciones estándar correspondiente al nivel de confiabilidad.
- E: Error estándar de la media.

Estadísticamente se ha demostrado que las medias de diferentes muestras, tomadas de la misma población, se distribuyen normalmente alrededor de la media poblacional con una desviación estándar equivalente al error estándar. Por lo tanto para el valor de E es posible usar la expresión 3.19.

$$E = \sigma' \quad (3.19)$$

Dónde:

- σ' : Estimador de la desviación estándar poblacional (s).

El estimador de la desviación estándar poblacional, σ' , se calcula con la siguiente expresión 3.20.

$$\sigma' = \frac{s}{\sqrt{n}} \left[\sqrt{\frac{(N-n)}{(N-1)}} \right] \quad (3.20)$$

Dónde:

- σ' : Estimador de la desviación estándar poblacional (s).

- s: Desviación estándar de la distribución de los volúmenes de tránsito diario o desviación estándar muestral.
- n: Tamaño de la muestra en número de días del aforo.
- N: Tamaño de la población en número de días del año.

La desviación estándar muestral s, se calcula como se indica en la expresión 3.21.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TDi - TPDS)^2}{n - 1}} \tag{3.21}$$

Dónde:

- TDi: Volumen de tránsito del día.
- s: Desviación estándar muestral.
- n: Tamaño de la muestra en número de días del aforo.

Reemplazando las ecuaciones 3.20, 3.19 y 3.18 en 3.17, se tiene finalmente la relación entre los volúmenes de tránsito promedio diario anual y semanal, el cual se presenta en la ecuación 3.22.

$$TPDA = TPDS \pm A = TPDS \pm KE = TPDS \pm K\sigma'$$

$$TPDA = TPDS \pm K\sigma' \tag{3.22}$$

En la distribución normal, para niveles de confiabilidad del 90% y 95% los valores de la constante K son 1.64 y 1.96 respectivamente. Intervalos del TPDA:

Asumimos una confiabilidad del 90%

K = 1.64

N = 365 días.

n = 7 días (De Lunes a Domingo).

TPDS = 20 Vehículos/día.

DÍAS DE LA SEMANA	Total de Vehículos = Tdi = Xi	Xmed	Xi - Xmed	(Xi - Xmed) ²
LUNES (10/02/14)	26	21.29	4.71	22.22
MARTE (11/02/14)	29	21.29	7.71	59.51
MIÉRCOLES (12/02/14)	23	21.29	1.71	2.94
JUEVES (13/02/14)	20	21.29	- 1.29	1.65
VIERNES (14/02/14)	18	21.29	- 3.29	10.80
SABADO (15/02/14)	16	21.29	- 5.29	27.94
DOMINGO (16/02/14)	17	21.29	- 4.29	18.37
TOTAL	149			143.43

Cuadro 3. 27: Datos para el cálculo de "s" (Desviación Estándar)

Fuente: Elaboración Propia.

Del anteriorcuadro se obtiene los datos que se usa en la ecuación 3.21 para hallar “s”. Luego reemplazando en la ecuación:

$$s = \sqrt{\frac{143.43}{6}} = 4.89$$

Ahora usando los valores de: N=365, n=7 y s=4.89, el cálculo del valor σ' se desarrolla utilizando la ecuación 3.20.

$$\sigma' = \frac{4.89}{\sqrt{7}} \left[\sqrt{\frac{(365 - 7)}{(365 - 1)}} \right] = 1.83$$

Por último calculamos el TPDA, para lo cual utilizaremos la ecuación 3.22, con los datos TPDS=20, K=1.96 y $\sigma' = 1.83$, con lo que se obtiene:

$$TPDA = TPDS \pm K\sigma' = 20 - 1.96 * 1.83 = 24$$

Por lo tanto el TPDA = 24Veh/día.

$TPDA = 24 \text{ veh} / \text{ dia.}$

En el siguiente cuadro se presenta el TPDA por tipo de vehículo, que viene a ser unadistribución por tipo de vehículo para el TPDA.

	TIPOS DE VEHICULOS							TOTAL	
	AUTOS Y CAMIONETAS		COMBIS, MICROS, CUSTERS		BUSES	CAMIÓN	CAMIÓN		SEMITRAILER
			B2	B3	B3	C2	C3		T2S1
TPDS por tipo de Vehículo (f) = (a) * (d) / 7	9		7		1	2	1	0	20
TPDA POR VEHÍCULO	11		8		1	3	1	0	24.00
% DE VEHICULOS	46		33		5	11	4	1	100.00

Cuadro 3. 28: TPDA por tipo de vehículo

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.5. TASA ANUAL DE CRECIMIENTO DE TRÁFICO

Para la determinación de la Tasa de Crecimiento Anual del Tránsito de las vías en estudio, se ha hecho uso de dichas recomendaciones, siendo los porcentajes considerados los siguientes:

- Crecimiento Anual Normal del Tránsito = 1.50 %.
- Tránsito Generado Anual del Tránsito = 1.00 %.
- Tránsito Desarrollado Anual del Tránsito = 0.50 %.
- Tasa Anual de Crecimiento del Tránsito o Incremento de Tránsito = 3.00 %.

De acuerdo al cuadro estadístico, Proyecciones de parque Vehicular de Puno

REGION O DEPARTAMENTO	2011	2013	TASA PROMEDIO ANUAL
TOTAL	1,849,690	1,914,526	3.5
AMAZONAS	2,390	2,490	4.2
ANCASH	22,086	22,904	3.7
APURIMAC	3,969	4,101	3.3
AREQUIPA	106,521	110,645	3.9
AYACUCHO	5,716	5,926	3.7
CAJAMARCA	15,107	15,753	4.3
CUZCO	45,090	46,636	3.4
HUANCAVELICA	1,319	1,366	3.6
HUANUCO	11,864	12,313	3.8
ICA	26,135	26,975	3.2
JUNIN	51,094	52,965	3.7
LA LIBERTAD	158,672	164,941	4.0
LAMBAYEQUE	45,881	47,650	3.9
LIMA	1,195,353	1,235,802	3.4
LORETO	5,089	5,279	3.7
MADRE DE DIOS	986	1,026	4.1
MOQUEGUA	13,348	13,810	3.5
PASCO	7,351	7,625	3.7
PIURA	36,367	37,773	3.9
PUNO	34,169	35,036	2.5
SAN MARTIN	10,151	10,628	4.7
TACNA	40,465	41,792	3.3
TUMBES	3,086	3,208	4.0
UCAYALI	7,481	7,882	5.4

Cuadro 3. 29: Proyecciones del Parque Vehicular estimado, según Departamento.

Fuente: <http://www.mtc.gob.pe/estadisticas/index.html> - OGPP - Oficina de Estadística

Analizando el cuadro anterior, se deduce que la tasa promedio anual para el parque vehicular del departamento de Puno es de 2.5 %, el cual refleja todo el

departamento en su conjunto y no brinda información más específica de las provincias, distritos, etc.

Por esta razón se utilizara: Tasa de crecimiento anual = 3.0 %

$$T_c = 3.0\%$$

3.4.6. FACTOR CAMIÓN

Los Factores Equivalentes de Carga publicada según el Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. No 058-2003-MTC) modificado por el D.S. No 002-2005-MTC, en donde se da valores para el peso máximo por eje o conjunto de ejes.

Los Factores Camión pueden aplicarse a vehículos de un solo tipo o clase o a un grupo de vehículos de diferentes tipos.

3.4.6.1. FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGA

Por otro lado, con el objeto de evaluar el efecto dañino, en un pavimento, de las cargas diferentes a un eje estándar, se han considerado factores de equivalencia de carga por eje, FEC. Estos valores se obtuvieron a partir de los resultados experimentales de la AASHO Road Test. Los resultados obtenidos han permitido determinar que la equivalencia entre cargas diferentes transmitidas al pavimento por el mismo sistema de ruedas y ejes, se expresa como se muestra en la ecuación 3.23.

$$FEC = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^4 \quad (3.23)$$

Dónde:

- FEC: Factor de Equivalencia de Carga.
- P1: Carga cuya equivalencia de daño se desea calcular, en toneladas.
- P0: Carga estándar, los valores a asumir son los siguientes:
 - Para Eje Simple (2 neumáticos): P0 = 6.6, fórmula: $FEC = \left(\frac{P_1}{6.6}\right)^4$
 - Para Eje Simple (4 neumáticos): P0 = 8.2, fórmula: $FEC = \left(\frac{P_1}{8.2}\right)^4$
 - Para Eje Tándem (Doble): P0 = 15, fórmula: $FEC = \left(\frac{P_1}{15}\right)^4$
 - Para Eje Tridem (Triple) : P0 = 23, fórmula: $FEC = \left(\frac{P_1}{23}\right)^4$

Sin embargo es posible aplicar la ecuación 3.23 con valores del Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. No 058-2003-MTC) modificado por el D.S. No 002-2005-MTC, en donde se da valores para el peso máximo por eje o conjunto de ejes, los mismos que se muestran en la figura siguiente, de donde se tienen los valores de P1.

Conjunto de eje(s)	Nomenclatura	Simbología	N° de Neumáticos	GRAFICO	Peso máximo por eje(s) (t)
Simple	1RS		02		7
Simple	1RD		04		11
Doble	2RD		08		18
Triple	1RS+2RD		10		23

Figura 3. 7: Peso máximo por Eje o conjunto de Ejes (Valores de P1)

Fuente: DECRETO SUPREMO N° 058-2003-MTC. Reglamento Nacional de Vehículos

3.4.6.2. CÁLCULO DEL FACTOR CAMIÓN

El cálculo del Factor Camión se ha utilizado la ecuación 3.23.

		CÁLCULO DEL FACTOR CAMIÓN					
		AUTOS Y CAMIONETAS		COMBIS, MICROS, CLUSTERS	TIPOS DE VEHICULOS		SEMIRAYLER
				B2	BUSÉS	CAMIÓN	CAMIÓN
P1 (Tn)	GRUPO EJE 1	1.102	7	7	7	7	7
	GRUPO EJE 2	1.102	11	16	11	18	11
	GRUPO EJE 3						11
P0 (Tn)	GRUPO EJE 1	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
	GRUPO EJE 2	6.6	8.2	15	8.2	15	8.2
	GRUPO EJE 3						8.2
$FEC = \left(\frac{P1}{P0}\right)^4$	GRUPO EJE 1	0.00078	1.2654	1.2654	1.2654	1.2654	1.2654
	GRUPO EJE 2	0.00078	3.2383	1.2945	3.2383	2.0736	3.2383
	GRUPO EJE 3						3.2383
FACTOR CAMIÓN		0.0016	4.5037	2.5599	4.5037	3.3390	7.7419

Cuadro 3. 30: Cálculo del Factor Camión

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.7. NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES

A partir de conteos vehiculares y conversión a ejes equivalentes, se debe afectar al ESAL en ambas direcciones por factores direccionales y de carril, aplicando la ecuación 3.24.

$$W18 = DD * DL * \bar{w}18 \quad (3.24)$$

Dónde:

- W18 : Número de ejes equivalentes (ESAL) para el periodo de análisis en el carril de diseño.
- DD : Factor de distribución Direccional.
- DL : Factor de distribución por carril.
- $\bar{w}18$: Tráfico total en ambas direcciones para el periodo de diseño.

El factor de distribución direccional DD generalmente es 0.5 (50%) para la mayoría de las carreteras; sin embargo, este puede variar de 0.3 a 0.7 dependiendo de la incidencia de tráfico en una dirección. En el presente proyecto, se asumirá un valor de DD=0.5, debido a que el conteo de tráfico realizado y mostrado en el anexos, se hizo en forma general y los resultados del tránsito promedio diario anual (TPDA) por tipo de vehículo han sido para ambos carriles.

Los factores de distribución por carril, DL, recomendados por AASHTO se muestran en la siguiente cuadro.

N° de carriles en una dirección	% de ESAL en el carril de diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Cuadro 3.31: Factor de Distribución por carril

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo que el valor asumido es DL = 100%.

CÁLCULO DEL FACTOR DE CRECIMIENTO (Fcr).

El cálculo del factor de crecimiento se realiza con la siguiente ecuación 3.25.

$$Factor\ de\ Crecimiento = \frac{(1 + r)^n - 1}{r} \quad (3.25)$$

Dónde:

- r : Tasa de crecimiento anual, en %.
- n : Periodo de diseño en años.

Reemplazando en la ecuación 3.25; se tiene que:

$$\text{Factor de Crecimiento} = \frac{(1 + 0.03)^{20} - 1}{0.03} = 26.87$$

En el siguiente cuadro, se muestra el desarrollo del cálculo del ESAL de diseño.

	TIPOS DE VEHICULOS							
	AUTOS Y CAMIONETAS		COMBIS, MICROS, CUSTERS		BUSES	CAMIÓN	CAMIÓN	SEMITRAYLER
			B2	B3-1		C2	C3	T2S1
IMD (a)	11	8	1	3	1	0		
FC (b)	0.0016	4.5037	2.5599	4.5037	3.3390	7.7419		
Fcr (c)	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87		
DD (d)	1	1	1	1	1	1		
DL (e)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
ESAL PARCIAL = (a)(b)(c)(d)(e)*365	84.8320	175,024.1609	14,111.3235	59,582.6931	12,475.0794	7,231.3781		
ESAL DE DISEÑO	268,509.4671			=	2.69E+05			

Cuadro 3. 32: Cálculo del ESAL de diseño valor tomado para el proyecto

Fuente: Elaboración Propia.

CÁLCULO DEL EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO SEGÚN MTC								
	TIPOS DE VEHICULOS							
	AUTOS Y CAMIONETAS		COMBIS, MICROS, CUSTERS		BUSES	CAMIÓN	CAMIÓN	SEMITRAYLER
			B2	B3-1		C2	C3	T2S1
IMD (a)	11	8	1	3	1	0		
FC (b)	0.0013	4.6077	3.6156	4.6077	4.7308	7.9425		
Fcr (c)	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87		
FC(d)	1	1	1	1	1	1		
FD (e)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
EJES EQUIVALENTES PARCIAL = (a)(b)(c)(d)(e)*365	70.9289	179,066.1441	19,930.6395	60,958.6874	17,675.4042	7,418.6986		
EJES EQUIVALENTES DE 8.2TN	285,120.5027			=	2.85E+05			

Cuadro 3. 33: Cálculo del Ejes equivalentes de diseño según Manual de Carreteras, sección Suelos y Pavimentos. R.D.N°10-2014-MTC/14.Lima,09 de abril del 2014

Fuente: Elaboración Propia

3.5. DISEÑO DE LA VÍA

- El diseño geométrico del pavimento.
- El diseño estructural del pavimento.

3.5.1. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA

3.5.2.1. PARÁMETROS VINCULADOS A LA CLASIFICACIÓN DE VÍAS URBANAS

Según el “Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas 2005”, la velocidad de diseño, características del flujo, control de accesos, relación con otras vías, número de carriles, servicio a propiedades adyacentes, transporte público y estacionamiento. Lo cual se puede observar en la siguiente cuadro.

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
Velocidad de Diseño	Entre 80 y 100 Km/hora Se registrá por lo establecido en los artículos 180 a 188 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT) vigente.	Entre 50 y 80 Km/hora Se registrá por lo establecido en los artículos 160 a 188 del RNT vigente.	Entre 40 y 80 Km/hora Se registrá por lo establecido en los artículos 160 a 188 del RNT vigente.	Entre 30 y 40 Km/hora Se registrá por lo establecido en los artículos 180 a 188 del RNT vigente.
Características del flujo	Flujo ininterrumpido. Presencia mayoritaria de vehículos livianos. Cuando es permitido, también por vehículos pesados. No se permite la circulación de vehículos menores, bicicletas, ni circulación de peatones.	Debe minimizarse las interrupciones del tráfico. Los semáforos cercanos deberán sincronizarse para minimizar interferencias. Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos, correspondiendo el flujo mayoritario a vehículos livianos. Las bicicletas están permitidas en ciclovías	Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos y el flujo es interrumpido frecuentemente por intersecciones a nivel. En áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Se permite el tránsito de bicicletas recomendándose la implementación de ciclovías.	Está permitido el uso por vehículos livianos y el tránsito peatonal es irrestricto. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el tránsito de bicicletas.
Control de Accesos y Relación con otras vías	Control total de los accesos. Los cruces peatonales y vehiculares se realizan a desnivel o con intercambios especialmente diseñados. Se conectan solo con otras vías expresas o vías arteriales en puntos distantes y mediante enlaces. En casos especiales, se puede prever algunas conexiones con vías colectoras, especialmente en el Área Central de la ciudad, a través de vías auxiliares	Los cruces peatonales y vehiculares deben realizarse en pasos a desnivel o en intersecciones o cruces semaforizados. Se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras. Eventual uso de pasos a desnivel y/o intercambios. Las intersecciones a nivel con otras vías arteriales y/o colectoras deben ser necesariamente semaforizadas y considerarán carriles adicionales para volteo.	Incluyen intersecciones semaforizadas en cruces con vías arteriales y solo señalizadas en los cruces con otras vías colectoras o vías locales. Reciben soluciones especiales para los cruces donde existían volúmenes de vehículos y/o peatones de magnitud apreciable	Se conectan a nivel entre ellas y con las vías colectoras.
Número de carriles	Bidireccionales: 3 o más carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 2 ó 3 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 1 ó 2 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 carriles Bidireccionales: 1 carril/sentido
Servicio a propiedades adyacentes	Vías auxiliares laterales	Deberán contar preferentemente con vías de servicio laterales.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio generado.
Servicio de Transporte público	En caso se permita debe desarrollarse por buses, preferentemente en " Carriles Exclusivos " o " Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía.	El transporte público autorizado deber desarrollarse por buses, preferentemente en "Carriles Exclusivos " o " Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía o en bahía.	El transporte público, cuando es autorizado, se da generalmente en carriles mixtos, debiendo establecerse paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.	No permitido
Estacionamiento, carga y descarga de mercaderías	No permitido salvo en emergencias.	No permitido salvo en emergencias o en las vías de servicio laterales diseñadas para tal fin. Se registrá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes, especialmente destinadas para este objeto. Se registrá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento está permitido y se registrá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente

Cuadro 3. 34: Parámetros de Diseño vinculados a la Clasificación de Vías Urbanas.

Fuente: Cap. 02, MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS URBANAS – 2005.

3.5.2.2. CRITERIOS BÁSICOS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO

3.5.2.2.1. VELOCIDAD DIRECTRIZ O DE DISEÑO

La velocidad directriz o de diseño es la escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad sobre una sección determinada de la vía, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

Para el presente proyecto, se ha adoptado una **velocidad directriz o de diseño de 30 Km/h**. Esto tomando en cuenta el cuadro anterior para vías

3.5.2.2.2. VISIBILIDAD

- **DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA**

Según el siguiente cuadro, para la velocidad directriz de 30 Km/h, la Distancia de Visibilidad de Parada es de 30 m.

Velocidad De Diseño (km/h)	DISTANCIA (m)
30	30
40	45
50	63
60	85
70	111
80	140
90	469
100	205
110	247
120	286

Cuadro 3. 35: Distancia de Visibilidad de Parada respecto a la Velocidad de diseño

Fuente:Manual De Diseño Geométrico De Vías Urbanas – 2005

3.5.2.3. DISEÑO GEOMETRICO LONGITUDINAL

a. ALINEAMIENTOS RECTOS

El trazado de una vía urbana contiene usualmente alineamientos rectos, los cuales ofrecen ventajas de orientación, entre otras. Usualmente la longitud de los alineamientos rectos está condicionada por las características del derecho de vía, sin embargo, cuando es posible decidir sobre las mismas, sobre todo en zonas habitacionales donde las vías locales tienen restricciones de velocidad, conviene intercalar trazados curvos por las ventajas de la variedad paisajista que estos ofrecen, así como por el control de velocidad que inducen, ello sin descuidar la comodidad visual del conductor.

b. PENDIENTE

La pendiente mínima está gobernada por problemas de drenaje, es así que si el bombeo de la calzada es de por lo menos 2% se puede aceptar pendientes mínimas de 0.3%, para casos de bombeo menor usar como pendiente mínima 0.5%, se tomara como pendiente mínima de 0.5% para el proyecto debido al terreno plano

3.5.2.4 DISEÑO GEOMETRICO TRANSVERSAL

En la siguiente figura se puede apreciar un esquema de la Sección Transversal con veredas de ancho variable y se ha adoptado un ancho de calzada de 5.60 m. (incluye cunetas de 0.26 m. ambos lados).

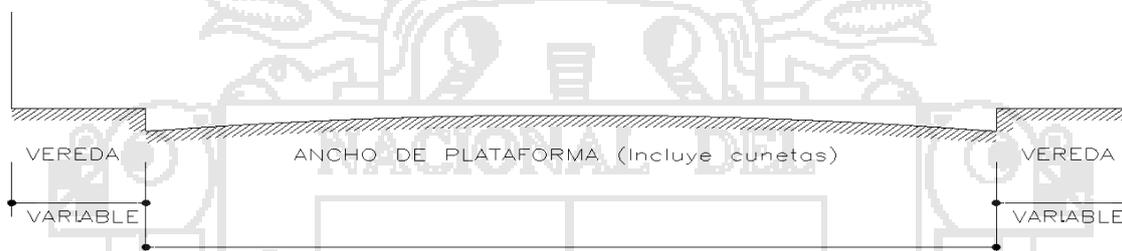


Figura 3. 8: Sección Transversal.

Fuente: Elaboración Propia.

En el siguiente cuadro; según el Manual de Diseño geométrico en la sección 10.2 Ancho de Carriles, se adoptaron los anchos de carriles.

CLASIFICACION DE VIAS	Velocidad (Km/Hr)	Ancho Recomendable (Mts)	Ancho Mínimo de Carril en Pista Normal (Mts) (2, 3)	Ancho Mínimo de Carril único del tipo Solo Bus (Mts)	Ancho de dos carriles juntos (mts) (6)
LOCAL	30 A 40	3.00	2.75	3.50 (4)	6.50
COLECTORA	40 A 50	3.30	3.00	3.50 (4)	6.50
	50 A 60	3.30	3.25	3.50	6.75
	60 a 70	3.50	3.25	3.75	6.75
ARTERIAL	70 a 80	3.50	3.50	3.75	7.0
	80 a 90	3.60	3.50	3.75	7.25
EXPRESAS	90 a 100	3.60	3.50	No aplicable	No aplicable

Cuadro 3. 36: Ancho de Carril.

Fuente: Cuadro del Manual De Diseño Geométrico De Vías Urbanas – 2005.

BOMBEO (PENDIENTE TRANSVERSAL)

En el siguiente cuadro, se muestra un cuadro sobre el Bombeo en la Calzada.

Ancho Mínimo de Carril en Pista Normal (Mts) (2, 3) 2.75	Bombeo %	
	Precipitación < 500 mm/año	Precipitación > 500 mm/año
Pavimento superior	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5 (1)	2.5 – 3.0
Afirmado	3.0 – 3.5 (1)	3.0 – 4.9

Cuadro 3. 37: Bombeo de la Calzada.

Fuente: Manual De Diseño Geométrico De Vías Urbanas – 2005.

Del cuadro anterior, el proyecto presenta un pavimento superior y precipitación <500 mm/año, en consecuencia representa un Bombeo de 2.0%.

Velocidad de diseño	30km/h
Distancia de visibilidad de parada	30m
Pendiente	0.5%
Bombeo	2.%

Cuadro 3. 38: Resumen Del Diseño Geométrico

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2.4. SEÑALIZACIÓN, MARCAS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO.

El tema de Señalización de Tránsito, está fundamentada en la aplicación del “Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en Calles y Carreteras”, el cual ha sido aprobada mediante R.M. N° 210-2000-MTC/15.02 del 03 de mayo del 2000, y Modificado por la R.M. N°733-2004-MTC/17.02.

Requerimientos

Para ser efectivo un dispositivo de control del tránsito es necesario que cumpla con los siguientes requisitos:

- Que exista una necesidad para su utilización.
- Que llame positivamente la atención.
- Que encierre un mensaje claro y conciso.
- Que su localización permita al usuario un tiempo adecuado de reacción y respuesta.
- Infundir respeto y ser obedecido.

- Uniformidad.

Consideraciones

- Para el cumplimiento de las mencionadas condiciones debe tenerse en cuenta lo siguiente:
- Diseño.- Debe ser tal que la combinación de sus dimensiones, colores, forma, composición y visibilidad llamen apropiadamente la atención del conductor, de modo que éste reciba el mensaje claramente y pueda responder con la debida oportunidad.
- Ubicación.- Debe tener una posición que pueda llamar la atención del conductor dentro de su ángulo de visión.
- Uso.- La aplicación del dispositivo debe ser tal que esté de acuerdo con la operación del tránsito vehicular.
- Uniformidad.- Condiciones indispensables para que los usuarios puedan reconocer e interpretar adecuadamente el mensaje del dispositivo en condiciones normales de circulación vehicular.
- Mantenimiento.- Debe ser condición de primera importancia y representar un servicio preferencial para su eficiente operación y legibilidad.

1. Señalización De Tránsito

1.1. Señales Verticales

a. Definición

Las señales verticales, como dispositivos instalados a nivel del camino o sobre él, destinados a reglamentar el tránsito, advertir o informar a los usuarios mediante palabras o símbolos determinados.

b. Función

Las señales verticales, como dispositivos de control del tránsito deberán ser usadas de acuerdo a las recomendaciones de los estudios técnicos realizados.

Se utilizarán para regular el tránsito y prevenir cualquier peligro que podría presentarse en la circulación vehicular. Asimismo, para informar al usuario sobre direcciones, rutas, destinos, centros de recreo, lugares turísticos y culturales, así como dificultades existentes en las carreteras.

C. Clasificación

Las señales se clasifican en:

- Señales reguladoras o de reglamentación.

- Señales de prevención.
- Señales de información.

Las señales de reglamentación tienen por objeto notificar a los usuarios de la vía de las limitaciones, prohibiciones o restricciones que gobiernan el uso de ella y cuya violación constituye un delito.

Las señales de prevención tienen por objeto advertir al usuario de la vía de la existencia de un peligro y la naturaleza de éste.

Las señales de información tienen por objeto identificar las vías y guiar al usuario proporcionándole la información que pueda necesitar.

1. Señales Preventivas

a) Definición

Las señales preventivas o de prevención son aquellas que se utilizan para indicar con anticipación la aproximación de ciertas condiciones de la vía o concurrentes a ella que implican un peligro real o potencial que puede ser evitado tomando ciertas precauciones necesarias.

b) Forma

Serán de forma cuadrada con uno de sus vértices hacia abajo formando un rombo, a excepción de las señales especiales de «ZONA DE NO ADELANTAR» que serán de forma triangular tipo banderola horizontal, las de indicación de curva «CHEVRON» que serán de forma rectangular y las de «PASO A NIVEL DE LINEA FERREA» (Cruz de San Andrés) que será de diseño especial.

c) Color

Fondo y borde: Amarillo caminero Símbolos, letras y marco: Negro

d) Dimensiones

Las dimensiones de las señales preventivas deberán ser tales que el mensaje transmitido sea fácilmente comprendido y visible, variando su tamaño de acuerdo a la siguiente recomendación:

- Carreteras, avenidas y calles: 0.60m x 0.60m.
- Autopistas, Caminos de alta velocidad: 0.75m x 0.75m

En casos excepcionales, y cuando se estime necesario llamar preferentemente la atención como consecuencia de alto índice de accidentes, se utilizarán señales de 0.90m x 0.90m 6 de 1.20m x 1.20m.

e) Ubicación

Deberán colocarse a una distancia del lugar que se desea prevenir, de modo tal que permitan al conductor tener tiempo suficiente para disminuir su velocidad; la distancia será determinada de tal manera que asegure su mayor eficacia tanto de día como de noche, teniendo en cuenta las condiciones propias de la vía.

Se ubicarán a la derecha en ángulo recto frente al sentido de circulación y de acuerdo al **ÁNGULO DE COLOCACIÓN** (las señales deberán formar con el eje del camino un ángulo de 90°, pudiéndose variar ligeramente en el caso de las señales con material reflectorizante, la cual será de 8 a 15° en relación a la perpendicular de la vía).

En general las distancias recomendadas en zona urbana es 60m - 75m.

2. Señales Informativas

a) Definición

Las señales de información tienen como fin el de guiar al conductor de un vehículo a través de una determinada ruta, dirigiéndolo al lugar de su destino. Tienen también por objeto identificar puntos notables tales como: ciudades, ríos, lugares históricos, etc. y dar información que ayude al usuario en el uso de la vía. En algunos casos incorporar señales preventivas y/o reguladoras así como indicadores de salida en la parte superior.

b) Forma

La forma de las señales informativas será la siguiente:

Señales de Dirección y Señales de Información General, a excepción de las señales auxiliares, sean de forma rectangular con su mayor dimensión horizontal.

Señales Indicadores de Ruta, serán de forma especial, como se indica en los diseños que se muestran en el Manual.

Las Señales de Servicios Auxiliares serán rectangulares con su mayor dimensión vertical.

c) Colores

Señales de dirección:

En las autopistas y carreteras importantes, en el área rural, el fondo será de color verde con letras, flechas y marco blanco

En las carreteras secundarias, la señal tendrá fondo blanco, letras y flechas negras.

En las autopistas y avenidas importantes, en el área urbana, el fondo será de color

azul con letras, flechas y marco blanco, esto como forma de diferenciar las carreteras del área urbana

Señales Indicadores de Ruta.

Señales de información General: Similar a las señales de dirección, a excepción de las señales de servicios auxiliares.

Señales de Servicios Auxiliares: Serán de fondo azul con un recuadro blanco, símbolo negro y letras blancas. La señal de primeros auxilios médicos llevará el símbolo correspondiente a una cruz de color rojo sobre fondo blanco.

d) Dimensiones

3. Señales de dirección y señales de dirección con indicadores de distancias

El tamaño de la señal dependerá, principalmente, de la longitud del mensaje, altura y serie de las letras utilizadas para obtener una adecuada legibilidad,

-Señales Indicadores De Ruta

-Señales De Información General

e) Ubicación

Las señales de información por regla general deberán colocarse en el lado derecho de la carretera o avenida para que los conductores puedan ubicarla en forma oportuna y condiciones propias de las autopista, carretera, avenida o calle, dependiendo, asimismo de la velocidad, alineamiento, visibilidad y condiciones de la vía, ubicándose de acuerdo al resultado de los estudios respectivos.

Bajo algunas circunstancias, las señales podrán ser colocadas sobre las islas de canalización o sobre el lado izquierdo de la carretera.

1.2. MARCAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO

Las marcas en el pavimento o en los obstáculos son utilizados con el objeto de reglamentar el movimiento de vehículos e incrementar la seguridad en su operación. Sirven, en algunos casos, como suplemento a las señales y semáforos en el control del tránsito; en otros constituye un único medio, desempeñando un factor de suma importancia en la regulación de la operación del vehículo en la vía.

CLASIFICACIÓN

Teniendo en cuenta el propósito, las marcas en el pavimento se clasifican en:

a) Marcas en el pavimento y bordes del pavimento

-Línea central.

En el caso de una calzada de dos carriles de circulación que soporta el tránsito en ambos sentidos, se utilizará una línea discontinua cuando es permitido cruzar y cuyos segmentos serán de 4.50 m de longitud espaciados 7.50 m en carreteras; en la ciudad será de 3 m y 5 m respectivamente.

-Línea de carril.

Las líneas de carril son utilizadas para separar los carriles de circulación que transitan en la misma dirección. Las líneas de carril deberán usarse:

- En todas las Autopistas, carreteras, avenidas de múltiples carriles de circulación.
- En lugares de congestión del tránsito en que es necesario una mejor distribución del espacio correspondiente a las trayectorias de los vehículos. Las líneas de carril son líneas discontinuas o segmentadas, de ancho 0.10m - 0.15m, de color blanco y cuyos segmentos serán de 4.50m de longitud espaciadas 7.50m en el caso de carreteras; en la zona urbana será de 3m y 5m, respectivamente.

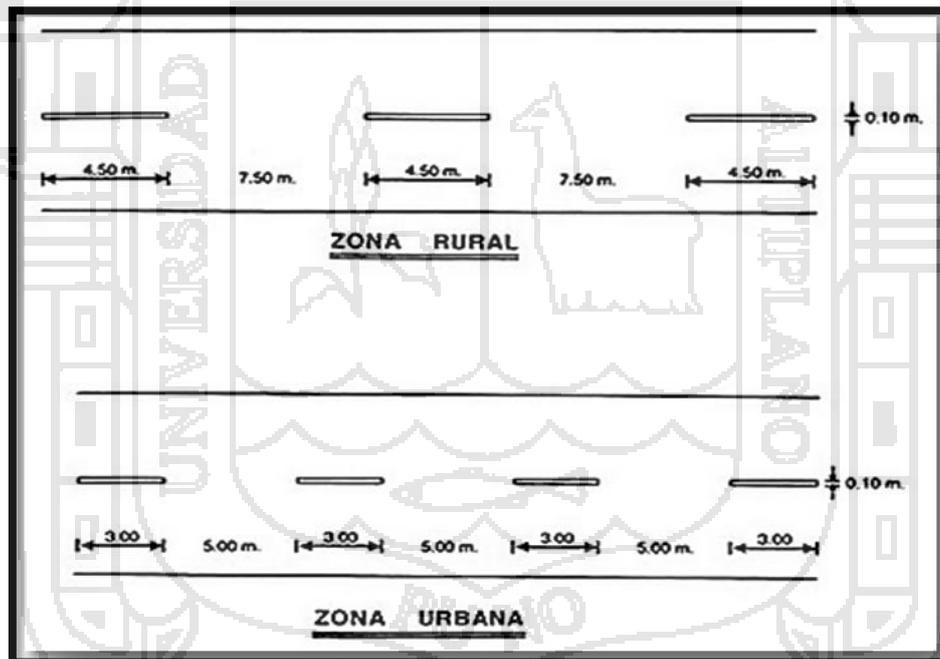


Figura 3. 9 .Líneas de carril

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor en Calles y Carreteras.

- Marcas de prohibición de alcance y paso a otro vehículo.
- Línea de borde de pavimento.
- Líneas canalizadoras del tránsito.

- Marcas de aproximación de obstáculos.
- Demarcación de entradas y salidas de Autopistas.
- Líneas de parada.

Se usarán tanto en zonas urbanas como rurales donde se deberá indicar al conductor la localización exacta de la línea de parada del vehículo de acuerdo a lo indicado, sea por una señal de "PARE" (R-1) o un semáforo.

Deberá ser una línea de color blanco, sólida de ancho 0.50m. colocada transversalmente al eje de la calzada, extendiéndose a través de todos los carriles de aproximación.

La línea de «PARE» deberá pintarse paralelamente y a una distancia anterior al "paso peatonal" de 1.00m; en el caso que no existiera el marcado de "paso peatonal" a una distancia mínima de 1.50m. De la esquina más cercana a la vía que se cruza.

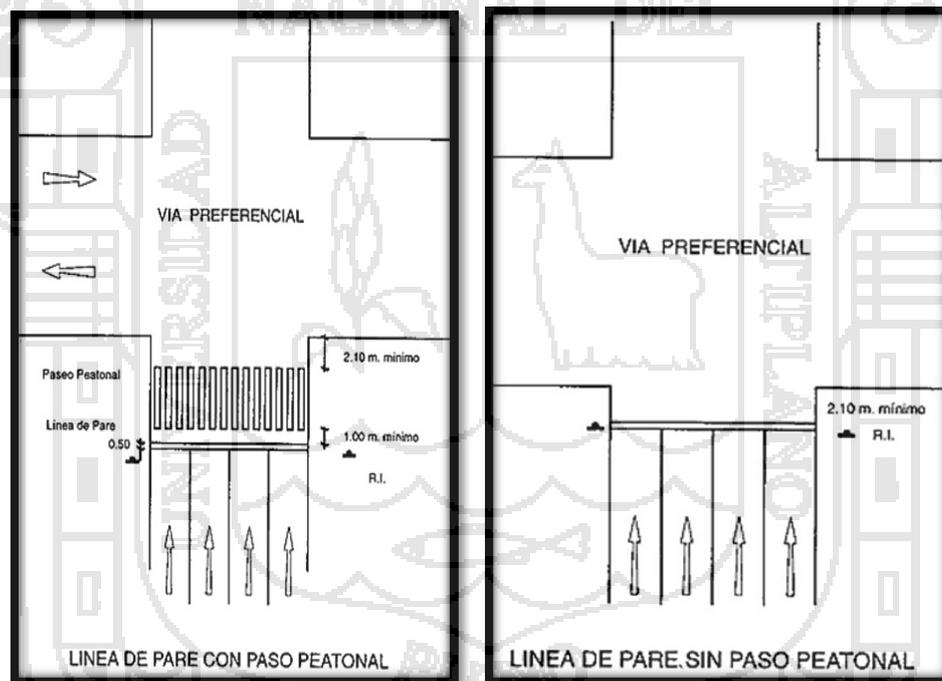


Figura 3. 10Ejemplo de Marcado de Línea de Pare

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor en Calles y Carreteras.

- Marcas de paso peatonal.

Las líneas o marcas para pasos peatonales se usarán tanto en áreas urbanas como rurales, para guiar al peatón por donde debe cruzarla calzada.

Se utilizarán franjas de 0.50m de color blanco espaciadas .0.50m y de un ancho entre 3.00m y 8.00m dependiendo de cada caso; las franjas deberán estar a una distancia no menor de 1.50m de la línea más próxima de la vía interceptante.

-En el caso que se diseñe pasos peatonales en localizaciones donde el tránsito vehicular que interceptan no esté controlado por semáforo o señal de PARE las franjas podrán utilizarse de más de 0.50m a fin de llamar más la atención; los pasos en estos casos sirven para prevenir a los conductores y de salvaguarda de los peatones. .

Deberán demarcarse pasos peatonales en lugares donde exista gran movimiento de peatones, o donde los peatones no puedan reconocer con facilidad el sitio correcto para cruzar.

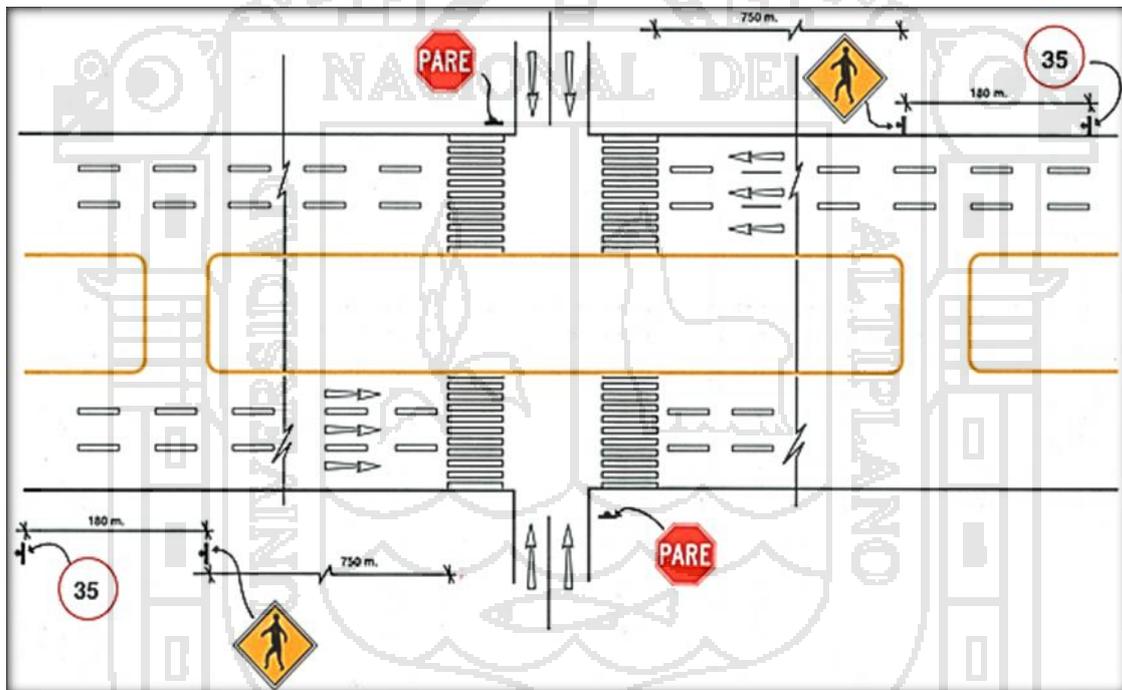


Figura 3. 11 Marcado de línea de paso peatonal en zonas no controladas Por semáforos.

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor en Calles y Carreteras.

- Aproximación de cruce a nivel con línea férrea.
- Estacionamiento de vehículos.
- Letras y símbolos.
- Marcas para el control de uso de los carriles de circulación
- Marcas en los sardineles de prohibición de estacionamiento en la vía pública.

b) Marcas en los obstáculos

- Obstáculos en la vía.
- Obstáculos fuera de la vía.

c) Demarcadores reflectores

- Demarcadores de peligro.
- Delineadores.

COLORES

Los colores de pintura de tráfico u otro elemento demarcador a utilizarse en las marcas en el pavimento serán blancos y amarillos, cuyas tonalidades deberán conformarse con aquellas especificadas en el presente manual.

- Las Líneas Blancas: Indican separación de las corrientes vehiculares en el mismo sentido de circulación.

- Las Líneas Amarillas: Indican separación de las corrientes vehiculares en sentidos opuestos de circulación.

Por otro lado, los colores que se pueden emplear en los demarcadores reflectivos, además del blanco y el amarillo, son el rojo y el azul, por las siguientes razones:

Rojo: indica peligro o contra el sentido del tránsito.

Azul: indica la ubicación de hidrantes contra incendios.

Tipo Y Ancho De Las Líneas Longitudinales

Los principios generales que regulan el marcado de las líneas longitudinales en el pavimento son:

- Líneas segmentadas o discontinuas, sirven para demarcar los carriles de circulación del tránsito automotor.

- Líneas continuas, sirven para demarcar la separación de las corrientes vehiculares, restringiendo la circulación vehicular de tal manera que no deba ser cruzada.

- El ancho normal de las líneas es de 0.10 m. a 0.15 m. para las líneas longitudinales de línea central y línea de carril, así como de las líneas de barrera.

- Las líneas continuas dobles indican máxima restricción.

Para las líneas de borde del pavimento tendrán un ancho de 0.10 m.

Reflectorización

En el caso de la pintura de tráfico tipo TTP-115-F y con el fin de que sean visibles las marcas en el pavimento en la noche, ésta deberá llevar micro esferas de vidrio integradas a la pintura o esparcidas en ella durante el momento de aplicación.

Dosificación de esferas de vidrio recomendadas.

Pistas de Aeropuertos: 4.5 kgs/Gal.

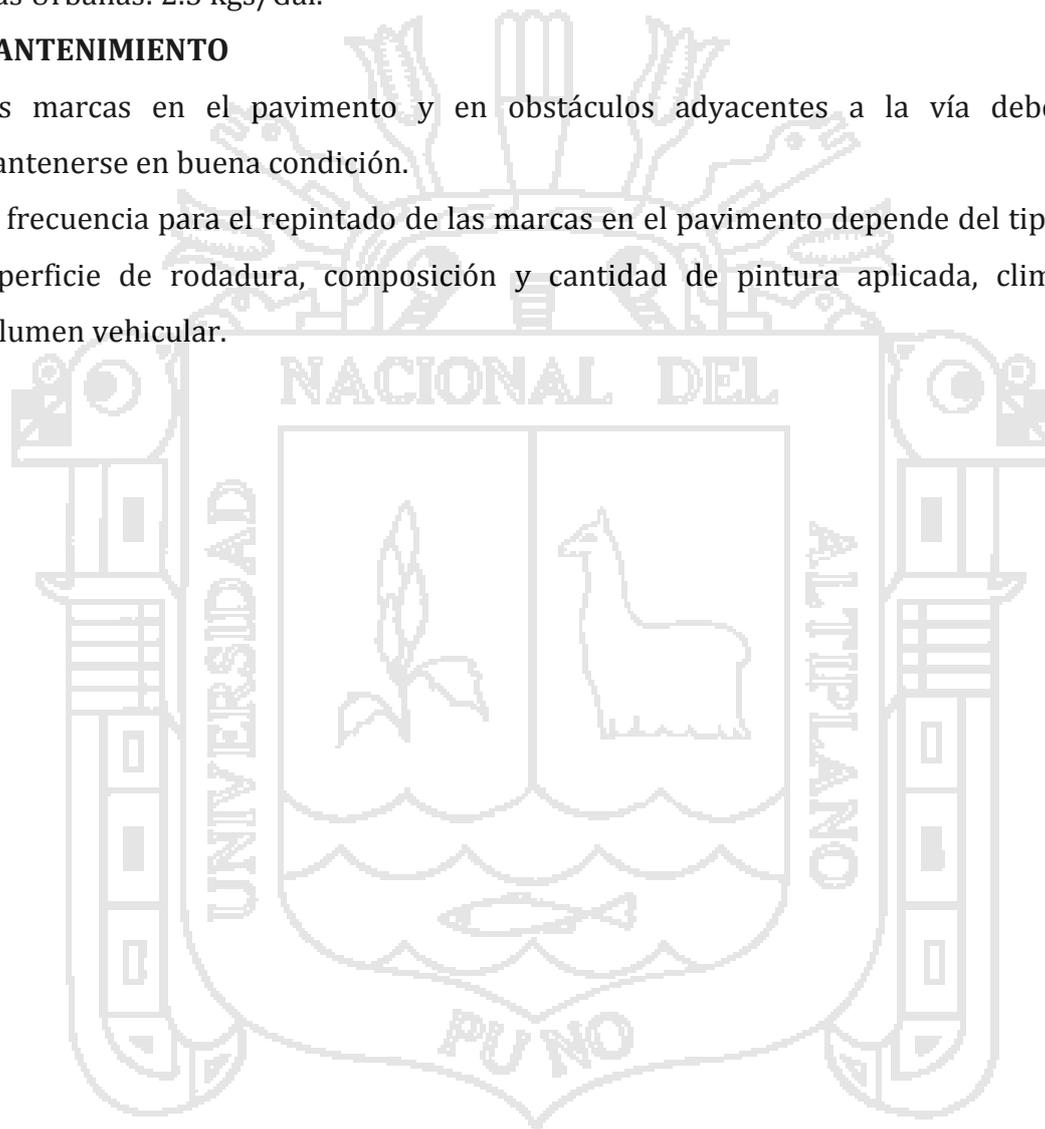
Carreteras y autopistas: 3.5 kgs/Gal.

Vías Urbanas: 2.5 kgs/Gal.

MANTENIMIENTO

Las marcas en el pavimento y en obstáculos adyacentes a la vía deberán mantenerse en buena condición.

La frecuencia para el repintado de las marcas en el pavimento depende del tipo de superficie de rodadura, composición y cantidad de pintura aplicada, clima y volumen vehicular.



3.5.2. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO.

- **MÉTODO AASHTO 93**

El método AASHTO 93 estima que para una construcción nueva el pavimento comienza a dar servicio a un nivel alto. A medida que transcurre el tiempo, y con él las repeticiones de carga de tránsito, el nivel de servicio baja. El método impone un nivel de servicio final que se debe mantener al concluir el periodo de diseño.

Mediante un proceso iterativo, se asumen espesores de losa de concreto hasta que la ecuación AASHTO 1993 llegue al equilibrio. El espesor de concreto calculado finalmente debe soportar el paso de un número determinado de cargas sin que se produzca un deterioro del nivel de servicio inferior al estimado.

- **MÉTODO PCA**

Este método sugiere un diseño basado en las experiencias generales de comportamiento del pavimento rígido, hecho a escala natural, sujetos a ensayos controlados de tráfico, la acción de juntas y esquinas de la losa de concreto, de donde se ha formulado para determinar el espesor apropiado de losas de concreto de las cuales soportaran las acciones externas, la Asociación de Cementos Portland (PCA) ha desarrollado estos gráficos y tablas de diseño de forma completa en función a variables de diseño que proporcionan directamente los espesores de pavimento.

El método considera dos criterios límite para el diseño de pavimentos. El primero es un criterio de erosión, donde los pavimentos con altos volúmenes de tráfico muestran fallas por bombeo y erosión de la subrasante o sub-base, debido al elevado número de cargas pesadas en o cerca de las juntas o bordes del pavimento. El segundo criterio es el criterio de fatiga por flexión del pavimento. Esta falla ocurre donde las cargas repetidas producen esfuerzos de pandeo de la losa del pavimento, resultando eventualmente en el agrietamiento por fatiga.

3.5.1.1. DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO POR EL MÉTODO AASHTO 93

La ecuación fundamental AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos es:

$$\log_{10}(ESAL) = ZrSo + 7.35 \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32Pt) \log_{10} \left[\frac{S'c \times Cd(D^{0.75} - 1.132)}{215.63J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{(Ec/K)^{0.25}} \right]} \right] \quad (3.26)$$

Dónde:

- ESAL: Número previsto de ejes equivalentes de 18Kips (80KN), a lo largo del periodo de diseño.
- Zr: Desviación normal estándar.
- So: Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento.
- D: Espesor del pavimento (in).
- ΔPSI: Diferencia entre los índices de servicio inicial y final.
- Pt: Índice de servicio final.
- S'c: Resistencia media del concreto (Psi) o flexotracción (método de carga en los tercios de luz).
- Cd: Coeficiente de drenaje.
- J: Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas.
- E: Módulo de elasticidad del concreto (Psi).
- K: Modulo de reacción del suelo (Pci), en el que se apoya el pavimento de concreto (sub rasante, sub base, o combinación de ambos).

3.5.1.1.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

a. ESAL (Ejes Simples Equivalentes de 82 kN):

En el titulo evaluación del tránsito se hizo el estudio en donde se calculó los distintos factores de tránsito como: Transito Promedio diario Anual, Índice medio diario (IMD), Factor de crecimiento, Factor camión, ESAL de diseño, etc.

En tanto el resumen queda de la siguiente manera:

ESAL (diseño) = 0.27×10^6
--

b. Periodo de Diseño:

El período de diseño se refiere al tiempo desde que la estructura de pavimento entra en servicio hasta antes que necesite algún trabajo de rehabilitación.

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
Urbana de alto volumen de tráfico	30 - 50 años
Rural de alto volumen de tráfico	20 - 50 años
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25 años
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 - 20 años

Cuadro 3. 39: Periodos de diseño a adoptar en función del tipo de carretera.

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

En tal efecto, se consideró tomar un periodo de diseño de 20 años, como valor recomendable y común para vía pavimentada de bajo volumen de tráfico.

Periodo de Diseño = 20 años

c. Desviación normal estándar Z_r :

El cual define el tránsito que puede soportar un pavimento considerando distintas variables que intervienen en su diseño (características de los materiales, condiciones de borde, de drenaje, etc.) en un periodo determinado de años.

Confiabilidad R%	Desviación normal estándar
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.764
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
92	-1.405
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

Cuadro 3. 40: Valores de Zr en función de la confiabilidad
Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Adicionalmente, se sugieren valores de confiabilidad R indicados en el siguiente Cuadro de acuerdo con el tipo de pavimento que se trate. Para el presente diseño se adoptó un valor de R de 55% y por consiguiente un valor de Zr de -0.127.

TIPO DE PAVIMENTO	CONFIABILIDAD
AUTOPISTAS	90%
CARRETERAS	75%
CARRETERAS RURALES	65%
ZONAS INDUSTRIALES	60%
URBANAS PRINCIPALES	55%
URBANAS SECUNDARIAS	50%

Cuadro 3. 41: Niveles de confiabilidad a adoptar en función del tipo de carretera.
Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

R = 55%	Zr = -0.127
---------	-------------

d. Error estándar combinado S_o :

Los valores recomendados por AASHTO están comprendidos dentro de los siguientes intervalos.

CONDICIÓN DE DISEÑO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
	Pavimento Rígido	Pavimento Flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.34	0.44
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.39	0.49

Cuadro 3. 42: Valores de desviación estándar.

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

En la presente evaluación: $S_o=0.39$ (pavimento rígido, con errores de tránsito)

$S_o = 0.39$

e. Variación ΔPSI en el índice de servicio:

Parámetro que está en función de la serviciabilidad inicial y final. La selección del índice de servicio final está basada en el valor más bajo que pueda tolerar el pavimento, antes de la rehabilitación o reconstrucción.

PAVIMENTO RÍGIDO	ÍNDICE DE SERVICIO	
	Inicial	Final
Autopistas	4.5	3.00
Colectores	4.5	2.50
Calles comerciales e industriales	4.5	2.25
Calles residenciales y estacionamientos	4.5	2.00

Cuadro 3. 43: Valores de serviciabilidad inicial y final para pavimentos rígidos.

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Del anterior cuadro, los parámetros de índice de servicio inicial y final estimados son de 4.5 y 2.00 respectivamente para las características de tránsito considerados.

$P_o = 4.5$

$P_t = 2.0$

f. Coeficiente de drenaje Cd:

Que depende de dos parámetros como se indica en el siguiente cuadro.

Calidad del drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
		< 1%	1 - 5%	5 - 25%	> 25%
Excelente	2 horas	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1 día	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Mediano	1 semana	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Malo	1 mes	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy malo	No drena	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Cuadro 3. 44: Valores de coeficiente de drenaje de acuerdo a la calidad de drenaje.

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Asumiendo una calidad de drenaje de bueno, con una exposición del pavimento a humedad de 30% debido normalmente a la presentación de precipitaciones durante un año. Por tanto de acuerdo al cuadro 3.35 un valor de 1.0 para Cd es adecuado.

$$Cd = 1.0$$

g. Coeficiente de transferencia de cargas J:

Capacidad de transmitir cargas a través de las discontinuidades en un pavimento, su valor depende de varios factores que son señalados en el siguiente cuadro.

Berma	De asfalto		De concreto	
	si	No	Si	No
Dispositivo de transmisión de cargas				
Pavimento con juntas reforzado o no	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Pavimento reforzado continuo	2.9 - 3.2	-	2.3 - 2.9	-

Cuadro 3. 45: Valores de coeficiente de transmisión de cargas, J.

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

$$j = 3.6$$

h. Módulo de elasticidad del concreto E_c :

Se recomienda determinarlo de acuerdo con el procedimiento descrito en la Norma ASTM C469, o en su defecto, correlacionarlo con otras características del material, como la resistencia a compresión. A este respecto el Reglamento Nacional de Edificaciones indica que el valor de E_c puede ser considerado como la siguiente expresión.

$$E = 15000 * \sqrt{f'_c} \quad (3.27)$$

Habiendo realizado un diseño de mezclas para un concreto con f'_c de 210Kg/cm², con el que generalmente son diseñados losas de pavimento en nuestro medio, es posible la determinación de E a partir de la anterior ecuación.

$$E = 217,370.6512 \text{ kg/cm}^2$$

i. Módulo de reacción K de la superficie en la que se apoya el pavimento:

A partir de valores de CBR de sub rasante y sub base en caso sea necesario, es posible determinar el valor de K (Mpa/m) a partir de las expresiones propuestas por AASHTO.

$$k = 2.55 + 52.5 * \log CBR \rightarrow CBR < 10\% \quad (3.28)$$

$$k = 46 + 9.08 * (\log CBR)^{4.34} \rightarrow CBR \geq 10\% \quad (3.29)$$

Si la sub rasante no posee una adecuada capacidad de soporte, resulta conveniente el uso de una capa de sub base, que conlleva a un aumento en el valor de K , el cual debe aprovecharse en el diseño estructural del pavimento. La siguiente ecuación considera tal efecto.

$$k_c = k * \left[\sqrt{1 + \left(\frac{h_b}{38}\right)^2 * \left(\frac{k_b}{k}\right)^{2/3}} \right] \quad (3.30)$$

Dónde:

k_c : módulo de reacción combinado

h_b : espesor de capa de sub base

k_b : módulo de reacción de sub base

k : módulo de reacción de sub rasante

Teniendo los datos y las características del suelo de fundación, los valores de CBR de sub rasante de 11%, y CBR al 100% es de 95%, valor que se obtuvo para la sub base aceptado de acuerdo a normas. Se obtuvo el parámetro de módulo de reacción combinado k_c del conjunto sub rasante – sub base.

$$k = 46 + 9.08 * (\log 11)^{4.34} = 56.83 \text{MPa/m} \rightarrow \text{CBR} = 11\% \geq 10\%$$

$$k_b = 46 + 9.08 * (\log 95)^{4.34} = 221.16 \text{MPa/m} \rightarrow \text{CBR} = 95\% \geq 10\%$$

$$k_c = 56.83 * \left[\sqrt{1 + \left(\frac{20}{38}\right)^2 * \left(\frac{221.16}{56.83}\right)^{\frac{2}{3}}} \right] = 74.26 \text{MPa/m}$$

$$k_c = 74.26 \text{MPa/m}$$

j. Resistencia del concreto a flexión:

Es considerado en el diseño por el criterio de fatiga, expresado por el Modulo de Rotura S'_c .

El código ACI sugiere para este parámetro los siguientes valores (ACI-9.5.2.3):

$$f_r = S'_c = 2\sqrt{f'_c} \quad (3.31)$$

$$f_r = S'_c = 2\sqrt{210} = 28.98 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_r = 28.98 \text{ kg/cm}^2$$

Para cada uno de los parámetros necesarios estimados, valores constantes y variables se desarrolla el diseño de pavimento y determinación de espesor de losa. Los valores que se ha obtenido son:

- Desviación normal estándar **Zr**.
- Error estándar combinado **So**.
- Índice de serviciabilidad inicial **Po** y final **Pt**.
- Coeficiente de drenaje **Cd** y coeficiente de transmisión de cargas **J**.
- Módulo de reacción del suelo de apoyo **K**.

METODO AASHTO 1993

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \text{Log}_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times P_t) \times \text{Log}_{10}\left[\frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E/k)^{0.25}})}\right]$$

1. REQUISITOS DE DISEÑO

1.1. TRANSITO

- PERIODO DE DISEÑO (Años)	20
- NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	2.69E+05

1.2. SERVICIABILIDAD

- SERVICIABILIDAD INICIAL (Po)	4.5
- SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)	2.0

1.3. CONFIANZA

- FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	55%
- STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	-0.127
- OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0.39

2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

2.1. CONCRETO

- RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO (f'c)	210.00 Kg/cm2	2987.41 Psi
- MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (E)	217370.65 Kg/cm2	3092266.63 Psi
- MODULO DE ROTURA (S'c)	28.98 Kg/cm2	412.26 Psi
- TRANSFERENCIA DE CARGA (J)	3.60	
- COEFICIENTE DE DRENAJE (Cd)	1.00	

2.2. SUELO

- CBR SUBRASANTE	11.00 %	
- CBR SUB BASE	95.00 %	
- MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE (K)	56.83 Mpa/m	209.34 Pci
- MODULO DE REACCION DE LA SUB BASE (Kb)	221.16 Mpa/m	814.73 Pci
- MODULO DE REACCION COMBINADO (Kc)	74.26 Mpa/m	273.55 Pci

3. CALCULO DEL ESPESOR DE LOSA (Variar D Requerido hasta que N18 Nominal = N18 Calculo)

D (pulg)	G _t	N18 NOMINAL	N18 CALCULO
5.800	-0.07918	5.43	5.44

4. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO

- ESPESOR DE SUB BASE (Db)	8 in	20 cm
- ESPESOR DE LOSA REQUERIDO (D)	6 in	16 cm

Cuadro 3. 46: Proceso de cálculo por el Método AASHTO.

Fuente: Elaboración Propia.

3.5.1.2. DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO POR EL MÉTODO PCA

3.5.1.2.1. FACTORES DE DISEÑO:

a. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO

Los valores de resistencia a flexión, usados en la metodología de diseño AASHTO, también son usados para el presente método.

$$f_r = 28.98 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_r = 412.26 \text{ Psi}$$

b. CAPACIDAD SOPORTE DE LA SUB RASANTE Ó DE LA SUB BASE (K)

Los valores de CBR para sub rasante y sub base son los usados para el diseño por el método AASHTO, 11% y 95% respectivamente, con un espesor de capa de sub base de 20cm, se obtuvo un valor de K del conjunto sub rasante – sub base de:

$$K_c = 74.26 \text{ Mpa/m}$$

$$K_c = 273.55 \text{ Pci}$$

c. PERÍODO DE DISEÑO

Dado que el tráfico muy probablemente no puede ser supuesto con precisión por un período muy largo, el período de diseño de 20 años es el comúnmente empleado en el diseño de pavimentos.

Para el caso de nuestro proyecto se asume un Período de diseño = 20 años

d. NUMERO DE REPETICIONES ESPERADAS PARA CADA EJE O N° DE VEHÍCULOS COMERCIALES EN CARRIL DE DISEÑO.

Repeticiones Esperadas.

$$Re = TPDA \times \%Te \times FS \times FC \times Pd \times FCA \times 365 \quad (3.32)$$

Dónde:

Re = NVC (N° de vehículos comerciales en carril de diseño)

TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual.

% Te = % del TPDA para cada tipo de eje.

FS = Factor de Sentido.

FC = Factor de Carril.

- Pd = Período de Diseño.
 FCA = Factor de Crecimiento Anual.
 365 = días de un año.

- Tránsito promedio diario anual (TPDA)

El método de diseño de la PCA recomienda que se considera únicamente el tráfico pesado, es decir que se desprece todo el tráfico ligero como automóviles. Sin embargo no es tan importante el hacer caso a esta recomendación debido a que el tráfico ligero no influye demasiado en el diseño de espesores.

- Factor de Crecimiento Anual (FCA)

Para conocer el factor de crecimiento anual se requiere únicamente del período de diseño en años y de la tasa de crecimiento anual. Con estos datos podemos saber el factor de crecimiento de manera rápida con la ayuda del siguiente cuadro que presenta relaciones entre tasas de crecimiento anual y factores de crecimiento anual para períodos de diseño de 20 y 40 años.

Tasas de crecimiento anual de tránsito, %	Factores de proyección	
	20 años	40 años
1	1.1	1.2
1 ½	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2 ½	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3 ½	1.4	2
4	1.5	2.2
4 ½	1.6	2.4
5	1.6	2.7
5 ½	1.7	2.9
6	1.8	3.2

Cuadro 3. 47: Tasas anuales de crecimiento con sus factores de proyección.

Fuente: Ingeniería de Pavimentos, Alfonso Montejo Fonseca.

Para una tasa de crecimiento de 3% y un periodo de diseño de 20 años, se tiene un factor de proyección igual a 1.3.

- Factor de Sentido

El factor de sentido se emplea para diferenciar las vialidades de un sentido de las de doble sentido, de manera que para vialidades en doble sentido se utiliza un factor de sentido de 0.5 y para vialidades en un solo sentido un factor de 1.0

En el caso de vialidades de doble sentido generalmente se asume que el tránsito (en sus diferentes tipos y pesos) viajan en igual cantidad para cada dirección (FS=0.5). Sin embargo esto puede no aplicar en algunos casos especiales en que muchos de los camiones viajan cargados en una dirección y regresan vacíos, Si éste es el caso, se deberá hacer el ajuste apropiado y tomar en cuenta el sentido con mayor tráfico.

Para nuestro caso, se tiene un factor de sentido de 1.0.

- Factor de Carril

Después de verse afectado el tráfico por el factor de sentido, también debemos de analizar el número de carriles por sentido mediante el factor de carril. El factor de carril nos va a dar el porcentaje de vehículos que circulan por el carril de la derecha, que es el carril con más tráfico. Para esto, la PCA recomienda emplear la siguiente figura en donde este factor depende del número de carriles por sentido o dirección del tráfico y del tránsito promedio diario anual en un solo sentido.

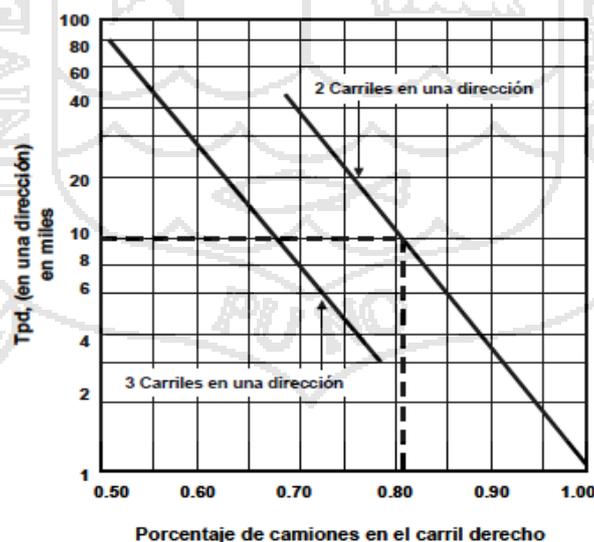


Figura 3. 12: Porcentaje de camiones en el carril de diseño.

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para carreteras, Ing. Alfonso Montejo Fonseca.

Para nuestro caso el **factor carril es igual a 1.00**

- Factor de Seguridad de Carga

Una vez que se conoce la distribución de carga por eje, es decir ya que se conoce cuantas repeticiones se tendrán para cada tipo y peso de eje, se utiliza el factor de seguridad de carga para multiplicarse por las cargas por eje.

Los factores de seguridad de carga recomendados son:

- 1.3 Casos especiales con muy altos volúmenes de tráfico pesado y cero mantenimientos.
- 1.2 Para Autopistas ó vialidades de varios carriles en donde se presentará un flujo ininterrumpido de tráfico y altos volúmenes de tráfico pesado.
- 1.1 Autopistas y vialidades urbanas con volúmenes moderados de tráfico pesado.
- 1.0 Caminos y calles secundarias con muy poco tráfico pesado.

En nuestro caso se tiene un tráfico bajo, por lo que **el Factor de Seguridad de Carga es igual a 1.0.**

3.5.1.2.2. ESTIMACIÓN DEL TRANSITO DE DISEÑO

a) Estimación del tránsito y de las cargas de diseño

Con los datos que se muestran a continuación, se calcularon el capítulo Estudio de Tránsito Vehicular.

	TPDA POR TIPO DE VEHÍCULO							TOTAL
	TIPOS DE VEHICULOS							
	AUTOS Y CAMIONETAS		COMBIS, MICROS, CUSTERS		BUSES	CAMIÓN	CAMIÓN	
		B2	B3	C2	C3	T2S1		
								
TPDS por tipo de Vehículo (f) = (a) * (d) / 7	9		7	1	2	1	0	20
TPDA POR VEHÍCULO	11		8	1	3	1	0	24.00
% DE VEHICULOS	46		33	5	11	4	1	100.00

Cuadro 3. 48: Índice Medio Diario Anual o Tránsito Promedio Diario Anual.

Fuente: Elaboración Propia.

Del cuadro anterior se tiene:

IMDA = TPDA = 24 Vehículos en ambas direcciones

% Vehículos comerciales = 54%

TIPO DE VEHICULO	CARGA TOTAL		EJE SIMPLE						EJE TANDEM	
			1ER EJE		2DO EJE		3ER EJE			
	TN	KN	TN	KN	TN	KN	TN	KN	TN	KN
B2	18	176.58	7	68.67	11	107.91	-	-	-	-
B3 - 1	23	225.63	7	68.67	-	-	-	-	16	156.96
C2	18	176.58	7	68.67	11	107.91	-	-	-	-
C3	25	245.25	7	68.67	-	-	-	-	18	176.58
T2S1	29	284.49	7	68.67	11	107.91	11	107.91	-	-

Cuadro 3. 49: Configuración de las cargas de los vehículos comerciales.

Fuente: Elaboración Propia.

b) Número de vehículos comerciales diarios en el carril de diseño

TIPO DE VEHICULO	TPDA VEHICULOS (1)	% VEHICULOS COMERCIALES (2)	N° DE EJES COMERCIALES POR DIA/CARRIL (1)*(2)*FS*FC
B2	7.94	33.00%	2.62
B3 - 1	1.13	5.00%	0.06
C2	2.7	11.00%	0.30
C3	1.01	4.00%	0.04
T2S1	0.23	1.00%	0.00
		TOTAL	3.02

Cuadro 3. 50: Distribución del número de los vehículos comerciales.

Fuente: Elaboración Propia.

c) Proyección del tránsito de vehículos comerciales en el carril de diseño durante el periodo de diseño

$$Re = NVC = TPDA \times \%Te \times FS \times FC \times Pd \times FCA \times 365$$

$$Re = NVC = 24 \times 56\% \times 1.0 \times 1.0 \times 20 \times 1.3 \times 365$$

$$Re = NVC = 127,545.60 \text{ veh. comerciales/carril de diseño/periodo de diseño.}$$

d) Distribución de los vehículos comerciales por día/carril de diseño y por cada 1,000 vehículos comerciales

TIPO DE VEHICULO	N° DE EJES COMERCIALES POR DIA/CARRIL (1)	N° DE VEHICULOS COMERCIALES/DIA/ CARRIL /CADA 1000 VC (1)*1000/2.98
B2	2.62	869
B3 - 1	0.06	19
C2	0.30	98
C3	0.04	13
T2S1	0.00	1
TOTAL	3.02	1000

Cuadro 3. 51: Distribución de los VC por día y carril de diseño, por cada 1,000 VC.

Fuente: Elaboración Propia.

e) Número de ejes esperados por cada 1,000 vehículos comerciales

TIPO DE VEHICULO	N° DE VEHICULOS COMERCIALES/DIA/ CARRIL /CADA 1000 VC	N° EJES POR CADA 1,000 VEHÍCULOS COMERCIALES	
		EJE SIMPLES	EJE TANDEM
B2	869	1737	
B3 - 1	19	19	19
C2	98	197	
C3	13	13	13
T2S1	1	2	
TOTAL	1000	1968	32

Cuadro 3. 52: Número de ejes esperados por cada 1,000 VC.

Fuente: Elaboración Propia.

f) Distribución del número de ejes por cada 1,000 vehículos comerciales por carga y tipo de eje

Se distribuyen los ejes por cada 1,000 vehículos comerciales y se determina el número esperado de ejes en el carril de diseño para el periodo de diseño.

$$\text{Ejes}_{\text{periodo de diseño/ carril de diseño}} = \frac{NVC * \text{Ejes por cada 1000 VC}}{1000} \quad (3.33)$$

CARGAS		EJES POR CADA 1000 VEH. COMERCIALES	N° DE EJES EN EL CARRIL DE DISEÑO/PERIODO DE DISEÑO
TON	KN		
EJES SIMPLES			
11	107.91	1737	221,585.32
7	68.67	230	29,392.69
TOTAL		1968	250,978.01
EJES TANDEM			
18	176.58	19	2,423.37
16	156.96	13	1,658.09
TOTAL		32	4,081.46
TOTAL		2000	255,059.47

Cuadro 3. 53: Número esperado de ejes en el carril de diseño para el periodo.

Fuente: Elaboración Propia.

3.5.1.2.3. ANÁLISIS DE EROSIÓN Y FATIGA DEL PAVIMENTO RÍGIDO

a) Análisis por Erosión.

Este sirve para limitar los efectos de deflexión que se producen en los bordes de las losas, juntas y esquinas del pavimento; también para tener control sobre la erosión

que se produce en la Sub base o Sub rasante y los materiales que conforman las bermas.

b) Análisis por Fatiga.

Esta sirve para mantener los esfuerzos que se producen dentro de los límites de seguridad, ya que el paso de cargas sobre las losas del pavimento produce esfuerzos que se convierten en agrietamientos.

3.5.1.2.4. CALCULO DE ESPESOR DE PAVIMENTO CON EL PROGRAMA BS - PCA



Figura 3. 13: Presentación del programa BS PCA

Fuente: Programa BS PCA.

A partir del Cuadro 3.44, se procede a calcular el espesor de la losa de concreto rígido mediante los criterios de diseño de la PCA: Erosión y Fatiga, de acuerdo con los siguientes datos:

- Módulo de reacción de la sub rasante, $K = 209.34 \text{ Pci}$.
- Espesores considerados de la losa: 176, 177, 178,..... 220 mm.
- Módulo de rotura del concreto, $S'c = 2.84 \text{ Mpa}$.
- Factor de seguridad de carga, $Fsc = 1.0$.
- Juntas con dovelas: NO.
- Bermas de concreto: SI.
- Cargas de tránsito presentadas en el Cuadro 3.44.

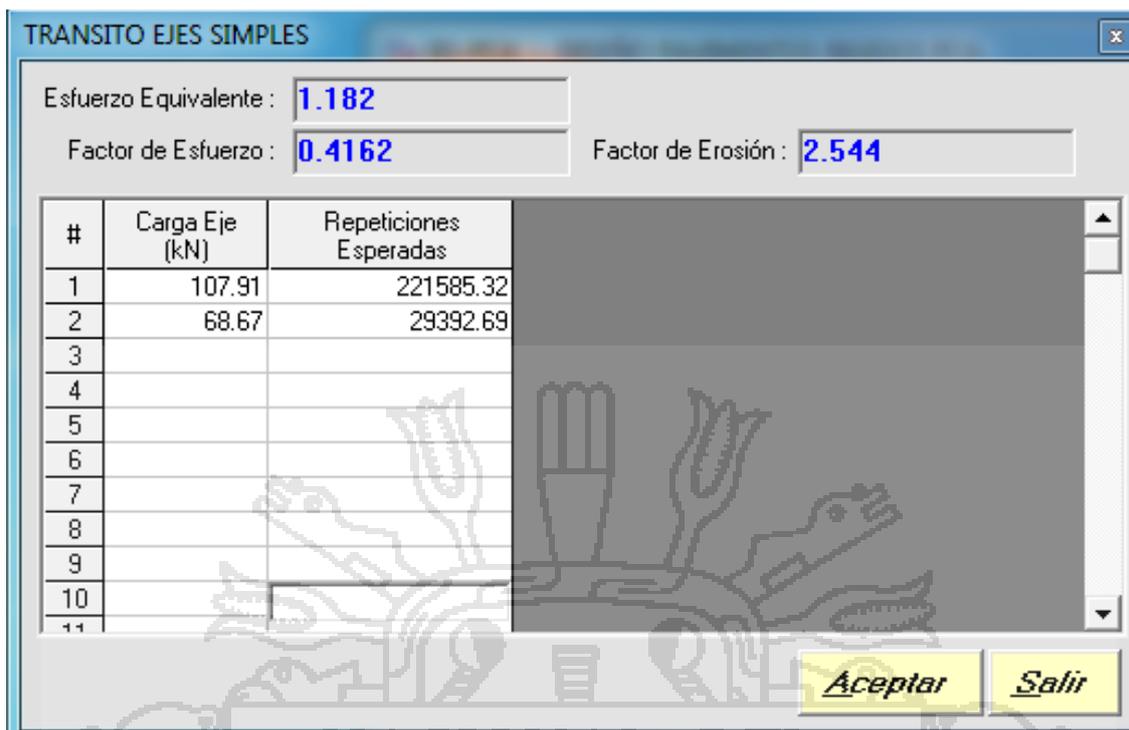


Figura 3. 14: Transito de ejes simple en carril de diseño

Fuente: Programa BS PCA.

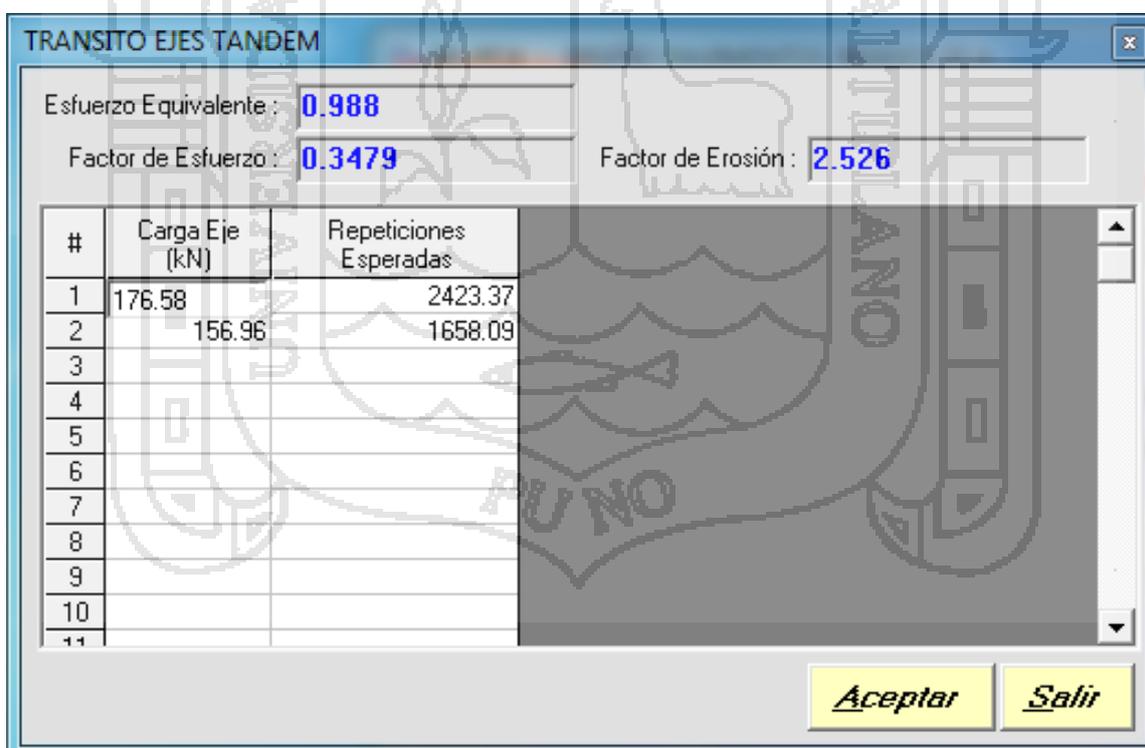


Figura 3. 15: Transito de ejes tándem en carril de diseño.

Fuente: Programa BS PCA.

ANALISIS DE SENSIBILIDAD					
K_Subrasante (PCI (lb/pulg3))	Espesor (mm)	Modulo_Rotura (Mpa)	Factor Repeticion	May Consumo Fatiga	Consumo Erosion
209.34	176.00	2.84	1.0	908.68	51.50
209.34	177.00	2.84	1.0	801.22	48.89
209.34	178.00	2.84	1.0	707.60	46.40
209.34	179.00	2.84	1.0	625.89	44.05
209.34	180.00	2.84	1.0	554.46	41.81
209.34	181.00	2.84	1.0	491.93	39.68
209.34	182.00	2.84	1.0	437.09	37.66
209.34	183.00	2.84	1.0	388.93	35.73
209.34	184.00	2.84	1.0	346.57	33.90
209.34	185.00	2.84	1.0	309.26	32.16
209.34	186.00	2.84	1.0	276.34	30.51
209.34	187.00	2.84	1.0	247.27	28.94
209.34	188.00	2.84	1.0	221.55	27.44
209.34	189.00	2.84	1.0	198.76	26.01
209.34	190.00	2.84	1.0	178.55	24.66
209.34	191.00	2.84	1.0	160.09	23.37
209.34	192.00	2.84	1.0	143.41	22.14
209.34	193.00	2.84	1.0	128.15	20.97
209.34	194.00	2.84	1.0	114.22	19.86
209.34	195.00	2.84	1.0	101.51	18.80
209.34	196.00	2.84	1.0	89.95	17.79
209.34	197.00	2.84	1.0	79.45	16.84
209.34	198.00	2.84	1.0	69.94	15.92
209.34	199.00	2.84	1.0	61.34	15.06
209.34	200.00	2.84	1.0	53.60	14.23
209.34	201.00	2.84	1.0	46.63	13.44
209.34	202.00	2.84	1.0	40.38	12.70
209.34	203.00	2.84	1.0	34.81	11.98
209.34	204.00	2.84	1.0	29.84	11.31
209.34	205.00	2.84	1.0	25.43	10.66
209.34	206.00	2.84	1.0	21.54	10.05
209.34	207.00	2.84	1.0	18.12	9.47
209.34	208.00	2.84	1.0	15.12	8.91
209.34	209.00	2.84	1.0	12.52	8.39
209.34	210.00	2.84	1.0	10.26	7.89
209.34	211.00	2.84	1.0	8.33	7.41
209.34	212.00	2.84	1.0	6.68	6.96
209.34	213.00	2.84	1.0	5.28	6.53
209.34	214.00	2.84	1.0	4.12	6.12
209.34	215.00	2.84	1.0	3.15	5.73
209.34	216.00	2.84	1.0	2.36	5.36
209.34	217.00	2.84	1.0	1.73	5.01
209.34	218.00	2.84	1.0	1.23	4.68
209.34	219.00	2.84	1.0	0.84	4.37
209.34	220.00	2.84	1.0	0.55	4.07

Figura 3. 16: Resumen tanteos con los diferentes espesores.

Fuente: Programa BS PCA.

BS-PCA - DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS PCA

Opciones Sensibilidad Terminar

Resistencia K del Apoyo : 209.34 PCI (lb/pulg3)

Espesor de la Losa : 196 mm

Módulo de Rotura Losa : 2.84 Mpa

Con Bermas
 Con Pasadores

TRANSITO

kN Factor de Seguridad Carga : 1

Factor de Mayoración de Repeticiones :

Ejes Sencillos Ejes Tandem Ejes Tridem

Total Consumo Esfuerzo (%) : **89.948**

Total Consumo Erosión (%) : **17.7943**

Cargar Guardar Calcular Imprimir Salir

Figura 3. 17: Datos de entrada y resultados.

Fuente: Programa BS PCA.

```

Software : BS-PCA
Datos :
Resistencia K del Apoyo : 209.34 PCI (lb/pulg3)
Espesor Losa : 196 mm
Modulo de Rotura : 2.84 Mpa
Bermas : SI
Pasadores : NO
Factor de Seguridad Cargas : 1
Factor de Mayoración Repeticiones : 1
Resultados :
Carga Repeticiones Repeticiones Consumo Repeticiones Consumo
kN FS kN Esperadas Admisib_Fatiga Fatiga Admisi_Erosion Erosion
%
EJES SIMPLES
Esfuerzo Equivalente: 1.4 Factor Esfuerzo: 0.3931 Factor Erosion: 2.6027
107.91 107.91 0 246,348 89.95 1,249,626 17.73
68.67 68.67 0 Inf 0.00 Inf 0.00
EJES TANDEM
Esfuerzo Equivalente: 1.2 Factor Esfuerzo: 0.3316 Factor Erosion: 2.6650
176.58 176.58 0 Inf 0.00 4,352,940 0.06
156.96 156.96 0 Inf 0.00 25,627,545 0.01
EJES TRIDEM
Esfuerzo Equivalente: 0.9 Factor Esfuerzo: 0.2628 Factor Erosion: 2.6832
Total : 89.95 17.79
    
```

Figura 3. 18: Reporte final del programa BS – PCA

Fuente: Programa BS PCA.

De acuerdo con los resultados anteriores, el espesor más adecuado para la losa de concreto es de 196mm., el cual cumple con los criterios de fatiga y erosión.

$$D = 20.00 \text{ cm}$$

4. DISEÑO DE JUNTAS Y REFUERZO DEL PAVIMENTO RIGIDO

3.5.3.1 Diseño de Juntas.

El diseño de juntas incluye la determinación del espaciamiento de juntas longitudinales y transversales, la transferencia de cargas y los materiales de sellado. Su finalidad es evitar que las grietas inducidas por secado, temperatura y cambios en el contenido de agua se presenten de manera desordenada, sin patrones geométricos.

3.5.3.2 Determinación de Juntas en el Pavimento.

3.5.3.3 Juntas Transversales y Longitudinales.

Se tiene la relación entre largo y ancho de un tablero de losas debe estar entre los límites que se expresa en 3.5.3.4

3.5.3.4 Cálculo de Separación Entre Juntas Transversales y Longitudinales.

Para determinar las dimensiones de las losas de concreto se tiene que ver la situación topográfica de la zona esto en la vía con una longitud por calles:

Para el cálculo de la separación entre juntas transversales consideramos la relación para el caso de un carril de ancho 5.6 m, se realiza el reemplazo en la ecuación se tiene lo siguiente:

$$0.71 < \frac{\text{largo de la losa}}{\text{ancho de la losa}} < 1.4$$

$$0.71 < \frac{X}{2.8} < 1.4$$

De donde los valores son: 1.99 m < x < 3.92 m

De donde se realizara losas de 2.80m x 3.80m

3.5.3.2 Diseño del Mecanismo de Transmisión de Carga.

1. Factores Que Contribuyen A La Transferencia De Carga

a) Trabazón De Agregados

La trabazón de agregados depende de la resistencia al cortante entre las partículas del agregado en las caras de la junta, debajo del corte inducido en la junta. Este sistema de transferencia de carga es más efectivo para pavimentos construidos con una corta separación de las juntas y bases estabilizadas no erosionables o bases permeables que experimenten bajos volúmenes de tráfico pesado.

En general se recomienda dejar la transferencia de carga únicamente a la trabazón de agregados para proyectos con menos de 5 millones de ESALs rígidos (Ejes Sencillos Equivalentes de 18 kips o 8.2 ton) o con un tráfico inferior a los 80 o 120 vehículos pesados diarios, ya que se ha encontrado con la experiencia que un tráfico mayor a este ya produce molestas fallas en las juntas, como lo son las diferencias de elevación, es decir que no empatan ambos lados de la junta.

b) Transferencia De Carga Mecánica - Pasajuntas

La trabazón de agregados por sí sola no provee la suficiente transferencia de carga para un buen comportamiento a largo plazo en la mayoría de los pavimentos, principalmente en los proyectos carreteros donde se tienen altos volúmenes de tráfico pesado. Por lo que en caso inverso a las cantidades de tráfico mencionadas para la trabazón de agregados, se recomienda usar las barras pasajuntas y dejar la transferencia de carga en las juntas a medios mecánicos como lo son las barras pasajuntas en proyectos con un tráfico superior a los 120 vehículos pesados diarios o más de 5 millones de ESALs rígidos.

c) Diseño estructural de veredas

Se tiene una Vereda de ancho promedio de 1.00 m con sardineles de ancho 0.15 m con una resistencia del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, el espesor de la losa de concreto es de 0.10 m, con una resistencia de del concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, en las esquinas se incorpora rampas para discapacitados, de un ancho mínimo de 0.90m.

Elemento		Tipo de Pavimento	Aceras o Veredas	Pasajes Peatonales	Ciclovías
Sub-rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar			
		Espesor compactado: ≥ 150 mm			
Base		CBR ≥ 30 %		CBR ≥ 60%	
Espesor de la capa de rodadura	Asfáltico	≥ 30 mm			
	Concreto de cemento Portland	≥ 100 mm			
	Adoquines	≥ 40 mm (Se deberán apoyar sobre una cama de arena fina , de espesor comprendido entre 25 y 40 mm)			
Material	Asfáltico	Concreto asfáltico*			
	Concreto de cemento Portland	$f'c \geq 175 \text{ Kg/cm}^2 (17,5 \text{ MPa})$			
	Adoquines	$f'c \geq 320 \text{ Kg/cm}^2 (32 \text{ MPa})$		N.R. **	

Cuadro 3. 54: Requisitos de los Pavimentos Especiales.

Fuente: NTE C.E. 010 PAVIMENTOS URBANOS.

3.6. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE

3.6.1. DISEÑO DE CUNETAS

3.6.1.1. ECUACIÓN DE MANNING PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES

Tomando como referencia la Norma Técnica O.S. 060 Drenaje Pluvial Urbano.

Obtenemos la ecuación 3.34, el cual se relaciona con la siguiente figura.

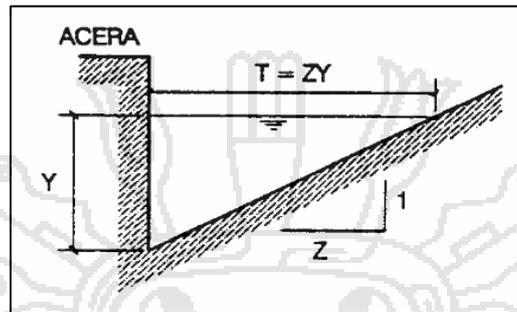


Figura 3.19: Cuneta de Sección Transversal: Triángulo Rectángulo

Fuente: Norma Técnica O.S. 060 Drenaje Pluvial Urbano.

$$Q = 315 \frac{Z}{n} S^{1/2} Y^{8/3} \left(\frac{Z}{1 + \sqrt{1 + Z^2}} \right)^{2/3} \quad (3.34)$$

Dónde:

- Q : Caudal en Litros/seg.
- n : Coeficiente de Rugosidad de Manning.
- S : Pendiente longitudinal del Canal.
- Z : Valor recíproco de la pendiente transversal (1:Z)
- Y : Tirante de agua en metros.
- T : Ancho superficial o Espejo de agua en metros.
- P : Perímetro mojado en metros.

Espejo de Agua (T)

Es el ancho de la superficie libre del agua en la sección transversal de la cuneta, esta expresada por la siguiente relación:

$$T = ZY \quad (3.35)$$

Área Hidráulica

Es el área ocupada por el líquido en una sección transversal normal cualquiera, en la sección triangular (Fig. 3.20) está representada por la ecuación 3.36.

$$A = \frac{1}{2}TY = \frac{1}{2}ZY^2 \quad (3.36)$$

Perímetro Mojado (P)

Es la parte del contorno del conducto que está en contacto con el líquido, esta expresado matemáticamente por la siguiente expresión:

$$P = 2Y\sqrt{1 + Z^2} \quad (3.37)$$

3.6.1.2. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

El siguiente cuadro muestra los valores del coeficiente de rugosidad de Manning correspondiente a los diferentes acabados de los materiales de las cunetas de las calles y berma central.

Cunetas de las calles		n
a.	Cuneta de concreto con acabado paletado	0.012
b.	Pavimento Asfáltico	
	1 Textura lisa	0.013
	2 Textura rugosa	0.016
c.	Cuneta de concreto con pavimento asfáltico	
	1 Liso	0.013
	2 Rugoso	0.015
d.	Pavimento de concreto	
	1 Acabado con llano de madera	0.014
	2 Acabado escobillado	0.016
e.	Ladrillo	0.016
f.	Para cunetas con pendiente pequeña, donde el sedimento puede acumularse, se incrementaran los valores de n.	0.002

Cuadro 3. 55: Coeficiente de rugosidad de Manning para Cunetas.

Fuente: Norma Técnica O.S. 060 Drenaje Pluvial Urbano.

3.6.1.3. RESUMEN DE RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO.

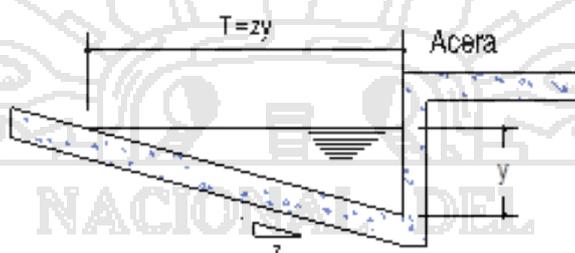
En el ítem ESTUDIOS HIDROLÓGICOS del presente proyecto de tesis, se obtuvo los siguientes resultados, los cuales se utilizaran en el diseño del sistema de drenaje.

DESCRIPCION	AREA TRIBUTARIA (m ²)	AREA TRIBUTARIA (ha)	COEF, DE ESCOREN (c)	INT. MAX (mm/h)	CAUDAL (m ³ /seg)	CAUDAL (l/seg)
1	8569.25	0.86	0.42	25.00	0.02	24.99
2	8237.31	0.82	0.42	25.00	0.02	24.03
3	3177.09	0.32	0.42	25.00	0.02	21.27
4	7293.87	0.73	0.42	25.00	0.02	21.27
TOTAL	27277.52	2.73			0.09	91.57

Cuadro 3. 56: Determinación de caudales para las áreas tributarias

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.1.4. PARÁMETROS DE DISEÑO



Ecuación de Manning:

$$Q = 315 \frac{Z}{n} S^{1/2} Y^{8/3} \left(\frac{Z}{1 + \sqrt{1 + Z^2}} \right)^{2/3} \tag{3.38}$$

a. Caudal en Litros/seg. (Q)

La determinación del caudal se realizó en el cuadro3.54

b. Coeficiente de Rugosidad de Manning. (n)

Se obtiene del cuadro3.53

$n = 0.012$

c. Pendiente longitudinal del Canal. (S)

Se obtiene de la diferencia de las cotas superior e inferior luego divididos entre la longitud del área tributaria. La cual se muestra en el cuadro3.55.

d. Valor recíproco de la pendiente transversal (1:Z)

El valor recíproco de la pendiente transversal se asume:

$Z = 2.00$

e. Tirante de agua en metros (Y)

El tirante de agua se asume:

$$Y = 0.130m$$

Aplicando la ecuación de Manning 3.38 se obtuvo el siguiente cuadro.

AREA	LONG	COTA SUPERIOR (msnm)	COTA INFERIOR (msnm)	PENDIENTE (s)	Z (m)	RUGOSIDA MANING	TIRANTE DE AGUA (m)	CAUDAL POR SECCION Q(l/seg)	CAUDAL Q(l/seg)	OBS
1	185.15	3850.69	3850.15	0.020	2	0.012	0.13	25.80	24.99	Q<Q _s
2	171.88	3850.48	3850.02	0.020	2	0.012	0.13	25.80	24.03	Q<Q _s
3	69.80	3849.13	3849.06	0.020	2	0.012	0.13	25.80	21.27	Q<Q _s
4	159.14	3850.47	3850.08	0.020	2	0.012	0.13	25.80	21.27	Q<Q _s

Cuadro 3. 57: determinación de caudal aplicando la ecuación de Manning.

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.1.5. SECCIÓN FINAL DE LA CUNETA

Se observa en el cuadro 3.55 que el caudal que soporta la cuneta es mayor que el caudal que se obtuvo para cada una de las áreas tributarias, por lo tanto concluimos que la sección de la cuneta es la siguiente:

Determinamos el espejo de agua:

$$T = ZY \quad T = (2.00)(0.130) \quad T = 0.26m$$

$$T = 0.26m$$

AREA	PENDIENTE (s)	Z (m)	RUGOSIDA MANING	TIRANTE DE AGUA (m)	CAUDAL POR SECCION Q(l/seg)	VELOCIDAD (m/seg)
1	0.020	2	0.012	0.13	25.80	1.38
2	0.020	2	0.012	0.13	25.80	1.38
3	0.020	2	0.012	0.13	25.80	1.38
4	0.020	2	0.012	0.13	25.80	1.38

Cuadro 3. 58: características finales de la cuneta.

Fuente: Elaboración Propia.

Disposiciones del RNE OS. 060	Cunetas del proyecto	verificación
Pendiente longitudinal mínima $\geq 0.5\%$	2%	cumple
Velocidad Mínima 0.9m/seg	1.38m/seg	cumple
Velocidad Máxima $f'c$ 175 kg/m ² =2.65m/seg	1.8 m/seg	cumple

Cuadro 3. 59: Disposiciones del RNE OS.060

Fuente: Elaboración Propia.

3.7. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

3.7.1. UBICACIÓN POLÍTICA

Caminaca es un Distrito ubicado en la Provincia de Azángaro en la Región Puno.

Tiene los siguientes límites:

- Por el Norte : Arapa.
- Por el Sur : Juliaca.
- Por el Este : Samán.
- Por el Oeste : Achaya.

3.7.2. ACTIVIDADES RELEVANTES DEL PROYECTO

3.7.2.1. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

- Cartel de obra de 3.60x2.40m
- Oficina, almacén y caseta de guardianía provisionales
- Señalización de seguridad y/o desvío de tráfico en obra
- Movilización y desmovilización de maquinaria y equipo pesado
- Trazo, nivelación y replanteo durante el proceso
- Corte en terreno normal c/ maquinaria
- Excavación superficial de terreno para veredas
- Carguío y transporte de material excedente
- Perfilado y compactado
- Relleno manual con material de préstamo
- Nivelación y compactado c/equipo liviano
- Material de cantera para sub-base
- Escarificado y batido por capa
- Conformación de sub base c/equipo pesado
- Riego para compactación

- Pavimento rígido: concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$
- Pavimento rígido: encofrado y desencofrado
- Pavimento rígido: junta asfáltica
- Cunetas: concreto $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$
- Sardinel: concreto $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$
- Sardinel: encofrado y desencofrado
- Vereda: concreto $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$
- Vereda: encofrado y desencofrado
- Veredas: acabados con frotachado coloreado según diseño
- Vereda: junta asfáltica
- Rampa: concreto $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$
- Rampa: encofrado y desencofrado
- Rampa: bruña $e=1\text{cm}$
- Ensayo de concreto
- Control de suelos
- Pintura en sardineles
- Pintura de tráfico para señalización de vías
- Transporte de materiales de almacén a obra
- Riego de vías alternas
- Reconformación de cantera
- Sembrado de arbustos
- Adecuaciónreconformación de botadero
- Limpieza permanente y final de obra

3.7.2.2. ETAPA DE ABANDONO DE OBRA

- a. Abandono de área ocupada por la maquinaria.
- b. Abandono de canteras.
- c. Abandono de botaderos.

3.7.2.3. ETAPA DE FUNCIONAMIENTO

En esta etapa se considera como actividad de mayor relevancia al funcionamiento en si del sistema vial:

- a. Funcionamiento de la obra
- b. Funcionamiento de las obras de arte (cunetas)

3.7.2.4. MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES

Los resultados obtenidos se trabajaron en gabinete para la construcción de las matrices de impacto ambiental, así como de grado de los impactos (ponderación) y las medidas de control ambiental.

3.7.2.4.1. Matriz de Iteración

Para la valoración del presente proyecto, utilizamos una matriz de iteración, en la cual aplicamos la metodología de la Valoración Cualitativa. La base del sistema es una matriz en la cual las entradas según columnas contiene las acciones del hombre que pueden alterar el medio ambiente y las entradas según las filas son características del medio o factores ambientales que pueden ser alteradas. Una vez que se han considerado las acciones (columnas) y todos los factores ambientales de importancia (filas), se procede a evaluar cuantitativamente según la escala del 1 al 3 positiva y negativa. Para los Valores de magnitud utilizaremos una escala de tres rangos que son:

CATEGORÍA	VALOR
BAJO	1
MEDIO	2
ALTO	3

Cuadro 3. 60: valores para matriz de iteración

Fuente: Elaboración Propia.

Los manifestados valores nos dan el grado de afectación de la obra, hacia el medio ambiente, donde la más considerable toma un valor de 3 puntos, al mismo tiempo que cuando la afectación es mínima se tiene un valor de 1 (bajo). Asimismo irán antecidos del signo (+) o (-), según corresponda si el impacto es positivo o negativo.

3.7.3. MEDIOS DE MANEJO

3.7.3.1. PLAN DE ACCIÓN PREVENTIVO Y/O CORRECTIVO

Considerando que los principales Impactos Ambientales se sintetizan en la eliminación de la cobertura vegetal con la consiguiente alteración del ecosistema local, debido a los cambios en las corrientes superficiales de agua e inestabilidad geomorfológica, las medidas correctivas se orientarán principalmente a evitar que tales impactos se originen y que sean las causas de otras alteraciones menores, que en conjunto actúan sinérgicamente para acelerar el proceso de desertificación de la zona de estudio.

En tal sentido, se viene prestando atención a los principios y prácticas de ingeniería vial, en especial a las recomendaciones del Manual Ambiental para el Diseño y Construcción Vial elaborado por la Dirección General de Medio Ambiente.

A fin de evitar y disminuir los impactos ambientales negativos a niveles aceptables en el área de influencia del proyecto vial se recomienda que se ejecuten las siguientes medidas de prevención y/o corrección:

a) **RELACIONES CON LA POBLACIÓN Y MANEJO DE PREDIOS.**

En el proceso constructivo se pueden presentar dificultades entre la entidad ejecutora y los propietarios de los predios aledaños a la obra, para lo cual será necesario que la entidad ejecutora se acoja a una serie de normas que garanticen relaciones armónicas con los propietarios y las autoridades locales. Los siguientes aspectos deben ser considerados:

- Al ingresar a un predio se deberá solicitar permiso a los propietarios e informar sobre el trabajo que se realizará, no se accederá a un predio en forma violenta ni amenazante.
- Para una mejor coordinación de los aspectos sociales y comunitarios, la entidad ejecutora deberá implementar una oficina o departamento permanente de relaciones con los pobladores y mantener una constante comunicación con la Dirección General de Medio Ambiente.

b) COORDINACIONES CON GOBIERNOS LOCALES.

Se deberá coordinar con la Municipalidad, entidad ejecutora y beneficiarios, a fin de llegar a acuerdos para los trabajos a realizarse.

Aplicación estricta de las normas sobre manejo de recursos, tales como la Ley Forestal y Fauna, Ley General de Aguas, el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, y la Ley de Áreas Naturales Protegidas entre otras.

c) AFECTACIÓN DE LA TRANSITABILIDAD EN LA ETAPA DE LA CONSTRUCCIÓN.

La entidad ejecutora deberá prever rutas alternas en las zonas donde no existan vías de desvíos, a fin de que los usuarios no sean perjudicados. En el caso de que no se pueda usar una ruta alterna la entidad ejecutora deberá ejecutar la obra escogiendo un método de trabajo, de tal forma que no perjudique el tránsito vehicular.

d) CONTROL DE LA EROSIÓN.

Se deberán tomar medidas adecuadas para mitigar la erosión en cárcavas, así como en las canteras abandonadas que no presentan taludes verticales, lo cual podría ocasionar deslizamientos sobre la carretera.

Los efectos negativos de cárcavas, deberán evitarse mediante la construcción de diques de piedra, controlando de ésta manera en una primera etapa la extensión de la cárcava que puede ser complementada con el repoblamiento de pastos naturales de la zona, que cumplan un papel importante en cuanto se refiere a la retención hídrica.

e) DRENAJE.

Las secciones transversales de las vías deben tener el bombeo suficiente (2.0%), que permita el drenaje rápido y frecuente de las aguas de escorrentía, desde la plataforma hacia las obras de drenaje de la vía.

Se deberá proteger la entrada y salida de las obras de arte de concreto, enrocado o vegetación para prevenir problemas de socavación local.

f) EXCAVACIONES SUPERFICIALES.

Se deberá evitar o mitigar los impactos ambientales que se generan debido a las actividades que se realizarán para las excavaciones superficiales en la vía, como son:

- Emisión de ruidos y partículas de suelos
- Emisión de ruidos y partículas.
- Desestabilización de taludes
- Cambios en el uso del suelo
- Ahuyentamiento de la fauna

Por lo que se deberá considerar lo siguiente:

Se deberá realizar la excavación de tal manera que no produzca deslizamientos inesperados, identificando el área de trabajo y verificando que no haya personas u obstrucciones cerca.

Para el manejo de los materiales producto del corte, éstos deberán ser transportados a un lugar adecuado, ubicado con anterioridad, para posteriormente serán trasladados a los botaderos establecidos.

Debe procurarse el uso de máquinas pesadas y de explosivos con la menor intensidad. En lo posible eliminar toda práctica de voladura de rocas y resguardar el silencio que la fauna del lugar requiere para no abandonar su hábitat y generar estrés que perjudique la reproducción.

g) SEÑALIZACIÓN.

Durante la etapa de construcción de la vía urbana, deberá observarse los dispositivos reglamentarios existentes, como es la colocación de avisos y señales de interrupción y desvío de tráfico, tanto en el día como en la noche.

Debido a que el tránsito será más fluido y la velocidad de los vehículos serán mayores, se incrementará el riesgo de atropellamiento sobre la población, para lo cual se deberá colocar las respectivas señalizaciones de carácter preventivo a lo largo de las vías a fin de que los vehículos disminuyan su velocidad en los cruces.

h) OTRAS CONSIDERACIONES.

1. CANTERAS.

Las canteras que se utilizarán en la construcción de las vías urbanas serán aquellas que ya se vienen explotando en su rehabilitación, asimismo se está considerando que no se afectará a la vida silvestre, las áreas sensibles y se evitará en lo posible no contaminar las zonas donde se encuentran los ecosistemas frágiles o únicos, como el lago, cursos de agua, zonas de cultivo, y resguardos de las comunidades campesinas existentes en la zona.

La explotación de las canteras en laderas no deberá comprometer la estabilidad de taludes durante ni después de su uso, evitando provocar deslizamientos posteriores, ni se deberán generar cortes inestables de gran altura. De presentarse éste caso, la explotación debe hacerse respetando los taludes mínimos de acuerdo al tipo de material existente en la zona y si el terreno presenta taludes que sobrepasan los tres metros de alto, deberá explotarse en forma de banquetas, para tal fin, se deberá realizar el alisado o redondeado (desquinche) de los taludes, permitiendo suavizar la topografía de la zona.

El material descartado en la selección será apilado convenientemente para ser utilizada posteriormente en el nivelado y recomposición final de la cantera, lo que debe realizarse proporcionándole un talud adecuado al tipo de terreno utilizado, para que no se produzcan derrames posteriores.

2. BOTADEROS.

Entre las medidas para evitar la contaminación de aguas, destrucción de suelos, y también los recursos vegetales y de fauna se recomienda la eliminación de excedentes de cortes hasta los lugares seleccionados, denominados botaderos, en éstos los materiales deben ser colocados, según el diseño que se haga al respecto, que debe estar relacionado con el paisaje fisiográfico que lo rodea, compactándolo por capas y en caso necesario preverlos de muros de contención al pie del talud del relleno que se forma. La parte superior debe ser cubierta con la tierra vegetal que exista en el área ocupada y que al inicio de la construcción del botadero debe ser guardada

adecuadamente. Luego se debe proceder a revegetalizar el área con especies propias del lugar.

Cuando se utilicen como botaderos áreas con vegetación, ésta y la capa superficial con materia orgánica, deben ser previamente removidas y guardadas adecuadamente para ser posteriormente utilizadas en la revegetalización de la superficie del botadero, De requerirse de mayor cantidad de elementos vegetales deberá utilizarse especies nativas similares a las que se encuentren en áreas aledañas.

3. EN EL PATIO DE MÁQUINAS.

La entidad ejecutora de la obra, conjuntamente con el supervisor de la misma, en concordancia con lo señalado en el Manual Ambiental para el Diseño y Construcción de vías, deben proceder a la ubicación definitiva de dichas instalaciones, y se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Los patios de máquinas deben estar localizados en forma aislada de cualquier curso de agua.
- El aprovisionamiento de combustible y el mantenimiento del equipo móvil y maquinaria, incluyendo lavado y cambio de aceite deberá realizarse de manera que las actividades no contaminen los suelos o aguas.
- Se debe revisar frecuentemente el estado de los vehículos y maquinaria a fin de corregir cualquier fuga o escape de lubricante o aceites.
- Por ningún motivo el lavado de los vehículos y la maquinaria deberá realizarse en los cuerpos de agua, o en cursos que lleguen directamente a éstos.
-

3.7.3.2. PLAN DE VIGILANCIA Y CONTROL AMBIENTAL

El Plan de Vigilancia Ambiental, establecerá un sistema de control que garantice el cumplimiento de las acciones y medidas preventivas y correctivas, enmarcadas dentro del manejo y conservación del medio ambiente en armonía con el desarrollo integral y sostenido de las áreas que se incluyen en el recorrido de la vía de transporte. Las siguientes consideraciones generales para el seguimiento de los impactos ambientales, se tomarán en cuenta:

a) DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

Durante la construcción de las obras, el plan de seguimiento y vigilancia estará a cargo de la supervisión ambiental constituida por personal profesional idóneo, para verificar el cumplimiento de las medidas propuestas en el Plan de Manejo Ambiental, así mismo deberá tenerse en cuenta el siguiente:

b) DURANTE LA OPERACIÓN DEL PROYECTO.

En ésta etapa del proyecto las acciones de seguimiento estará orientada a:

SISTEMA DE DRENAJE.

Será necesario inspeccionar el funcionamiento de las obras que constituyen el sistema de drenaje durante la ocurrencia de lluvias, a fin de poder detectar problemas relacionados con socavación local y deficiencias en la sección hidráulica de las estructuras para evacuar los gastos de agua.

Igualmente a fin de evitar inundaciones, es de suma importancia la inspección y mantenimiento (limpieza y reparaciones) de las obras de drenaje antes y después de poner en funcionamiento de las obras y de la presencia de lluvias.

3.7.3.3. IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE ABANDONO Y RESTAURACIÓN

El plan de abandono y restauración incluye las medidas necesarias para mitigar el daño ambiental que cause el abandono del proyecto una vez concluidas las obras. Así mismo permitirá restaurar las áreas intervenidas que fueron ocupadas temporalmente durante la ejecución de las obras, al respecto éstas medidas están referidas a:

a) EN LAS CANTERAS.

Respecto a la cantera se debe restaurar en lo posible la geomorfología a fin de evitar deslizamientos durante las épocas de avenidas de precipitaciones pluviales.

b) EN EL CAMPAMENTO.

La instalación del campamento y almacenes serán retirados. El material servible (calamina, madera, etc.) podrá ser donado a los pobladores y/o trabajadores y el que está deteriorado se depositará en el botadero, así mismo los pisos serán demolidos y podrán ser retirados hacia los botaderos.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. 1. LOGROS Y OBJETIVOS

4.1.1. LOGROS OBTENIDOS

Se ha elaborado el estudio definitivo de pavimentación en los jirones de la localidad de Caminaca, la cual consiste en la construcción de pavimento rígido, está diseñado por dos métodos para su mayor confiabilidad de diseño estructural de los espesores de dicho pavimento rígido, consecuentemente brindará adecuadas condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal en la localidad de Caminaca.

4.1.1.1. ESTUDIO BÁSICOS DE INGENIERÍA

Se realizó los estudios previos de Ingeniería básica, técnicos y normativos para elaborar el presente proyecto las cuales se han dividido en cuatro grupos.

a. Estudio topográfico.

Se realizó el levantamiento topográfico por el método de la poligonal abierta, para luego realizar los trabajos de gabinete en la que se realizaron todos los cálculos, considerando en el siguiente orden:

- Reconocimiento de terreno
- Datos en libreta de campo
- Levantamiento de datos planimétricos y altimétricos
- Ordenamiento y procesamiento de los datos de campo
- Dibujo de los planos
- Ploteo de los planos.

b. Estudio geológico.

La información geológica fue desarrollada en base al estudio de los cuadrantes 30-v de Azángaro, publicado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET).

Se concluye que nuestro proyecto se encuentra en una zona arcillosa y en las canteras se tienen clastos redondeados y subredondeados, y arena con limo, arcilla y otras canteras de yeso y caliza.

c. Estudio geotécnico.

El estudio geotécnico se ha desarrollado de acuerdo a las indicaciones de la norma técnica NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS, en la cual indica para vías locales se debe tomar un punto de investigación cada 1800 m², para el proyecto que se ha elaborado se tomó tres puntos de investigación.

El respectivo análisis de la muestra de suelos se ha realizado en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de nuestra facultad, obteniéndose los siguientes resultados para la sub base granular.

ENSAYO DE LABORATORIO	Material para sub base 40% cantera Moro Pacco y 60% rio Coata
Humedad Natural (%)	11.31
Clasificación AASHTO	A-1-a(0)
Clasificación SUCS	GM-GM
Límite Líquido	22.88
Límite Plástico	19.39
Índice Plasticidad	3.49
Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	2.14
Óptimo Contenido de Humedad (%)	7.5
95% de la Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	2.03
C.B.R. al 100% de la M.D.S. (%)	95
C.B.R. al 95% de la M.D.S. (%)	65

Cuadro 4. 1: Resultados obtenidos de los ensayos de suelos.

Fuente: Elaboración Propia.

ENSAYO	NORMA MTC	REQUERIMIENTO ≥ 3000 msnm	MEZCLA 40%A+60%B	OBSERVACION
CBR	MTC E 132	40 % mín.	95%	CUMPLE
Límite Líquido	MTC E 110	25 % máx.	22.88%	CUMPLE
Índice de Plasticidad	MTC E 111	4 % máx.	3.49%	CUMPLE

Cuadro 4. 2: Requerimientos de calidad para sub base granular.

Fuente: CE 010, Pavimentos Urbanos.

d. Estudio hidrológico.

Para la determinación de las secciones de las cunetas se ha determinado el caudal que se genera en el área de estudio, el caudal se calculó con la Formula del Método Racional ya que nuestro proyecto tiene un área de 0.027km² que es menor de 13km² que indica la Norma OS 0.60 ANEXO 1 HIDROLOGIA, la cual se obtuvo $Q = 0.02499$ m³/seg.

4.1.1.2. EVALUACIÓN DEL TRANSITO

Se ha determinado el volumen de transito que presenta actualmente el jirón Achaya, mediante la realización de un aforo, y después ha utilizado como parámetro para la propuesta a realizar. En el cuadro siguiente se muestra el resumen de aforo vehicular del jirón Achaya de la ciudad de Caminaca.

DÍAS DE LA SEMANA	TIPOS DE VEHICULOS							TOTAL	
	AUTOS Y CAMIONETAS		COMBIS, MICROS, CUSTERS		BUSES	CAMIÓN	CAMIÓN		SEMITRAYLER
			B2		B3		C3		T2S1
LUNES (10/02/14)	11		4		2	4	4	1	26
MARTES (11/02/2014)	15		8		2	3	1	0	29
MIÉRCOLES (12/02/2014)	8		9		5	0	1	0	23
JUEVES (13/02/14)	10		6		0	3	0	1	20
VIERNES (14/02/14)	8		8		0	2	0	0	18
VIERNES (15/02/14)	7		6		0	2	1	0	16
VIERNES (16/02/14)	7		6		1	2	1	0	17
TOTAL	66		47		10	16	8	2	149

Cuadro 4. 3: Resultados obtenidos del conteo de vehículos.

Fuente: Elaboración Propia.

Se ha calculado el transito promedio diario anual TPDA, la cual es uno de los parámetros para el diseño estructural de la vía.

	TPDA POR TIPO DE VEHÍCULO							TOTAL		
	AUTOS Y CAMIONETAS		COMBIS, MICROS, CUSTERS		BUSES	CAMIÓN	CAMIÓN		SEMITRAYLER	
			B2		B3		C3		T2S1	
TPDS por tipo de Vehículo (f) = (a) * (d) / 7		9		7		1	2	1	0	20
TPDA POR VEHÍCULO	11		8		1	3	1	0	24.00	
% DE VEHICULOS	46		33		5	11	4	1	100.00	

Cuadro 4. 4: Resultados obtenidos del cálculo de TDPA.

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente se realiza el cálculo del número de ejes equivalentes (ESAL) para el periodo de análisis (W18) en el carril de diseño. A partir de conteos vehiculares y conversión a ejes equivalentes.

	TIPOS DE VEHICULOS							
	AUTOS Y CAMIONETA		COMBIS, MICROS, CUSTERS		BUSES	CAMIÓN	CAMIÓN	SEMITRAILER
			B2	B3-1	C2	C3	T2S1	
IMD (a)	11		8	1	3	1	0	
FC (b)	0.0016		4.5037	2.5599	4.5037	3.3390	7.7419	
Fcr (c)	26.87		26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	
DD (d)	1		1	1	1	1	1	
DL (e)	0.5		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
ESAL PARCIAL = (a)(b)(c)(d)(e) ³⁶⁵	84.8320		175,024.1609	14,111.3235	59,582.6931	12,475.0794	7,231.3781	
ESAL DE DISEÑO	268,509.4671		=	2.69E+05				

Cuadro 4. 5: Resultados obtenidos del cálculo de ESAL.

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.1.3. DISEÑO DE LA VÍA

El diseño de la estructura del pavimento se ha realizado mediante las recomendaciones del método AASTHO 93 y el método del PCA.

MÉTODO AASHTO:

Espesor Sub-base :	20.0	cm.
Espesor Losa Concreto :	16.0	cm.

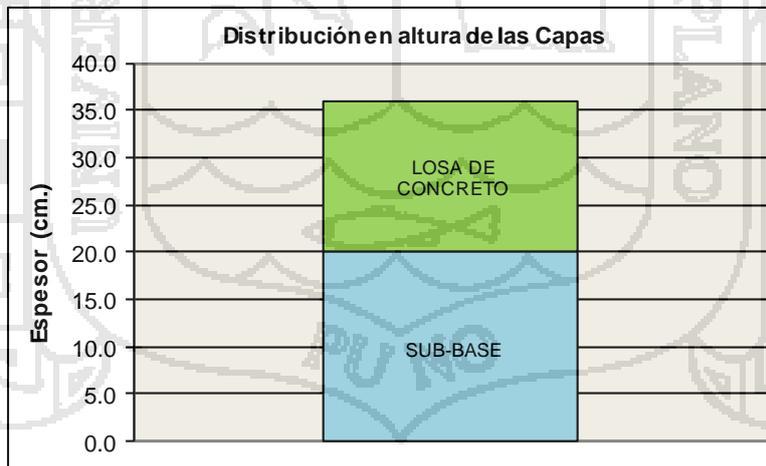


Figura 4. 1: Resultados obtenidos del diseño por el método AASHTO 93.

Fuente: Elaboración Propia.

MÉTODO PCA

Con los resultados obtenidos del conteo de vehículos se ha calculado la proyección del tránsito de vehículos comerciales en el carril de diseño durante el periodo de diseño.

$$Re = NVC = 127,545.60 \text{ Veh. Comerciales/carril de diseño/periodo de diseño.}$$

A partir de los parámetros obtenidos, se procede a calcular el espesor de la losa de concreto rígido mediante los criterios de diseño de la PCA, Erosión y Fatiga, para el proceso de iteración se ha utilizado el software BS - PCA. Los resultados obtenidos se muestran en el siguiente cuadro:

Espesor Sub-base :	20.0	cm.
Espesor Losa Concreto :	20.0	cm.

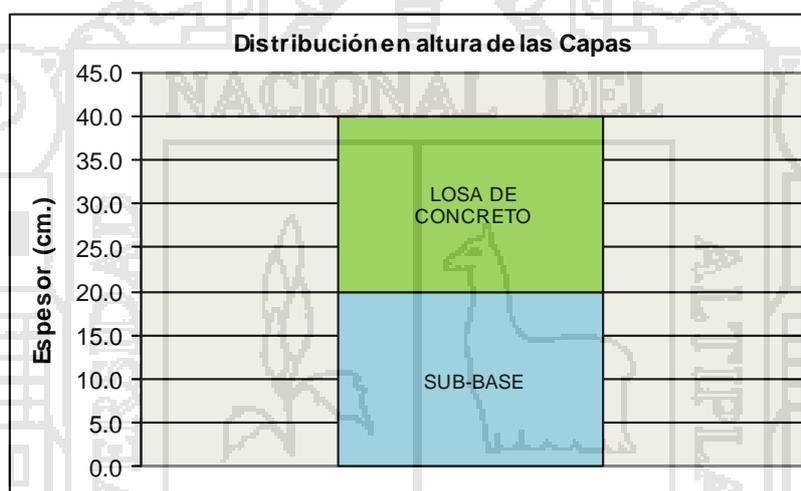


Figura 4. 2: Resultados obtenidos en la iteración para diferentes espesores.

Fuente: Programa BS PCA.

4.1.1.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE

Tomando como referencia la Norma Técnica O.S. 060 Drenaje Pluvial Urbano se ha determinado la sección de la cuneta triangular.

AREA	LONG	COTA SUPERIOR (msnm)	COTA INFERIOR (msnm)	PENDIENTE (s)	Z (m)	RUGOSIDA MANING	TIRANTE DE AGUA (m)	CAUDAL POR SECCION Q(l/seg)	CAUDAL Q(l/seg)	OBS
1	185.15	3850.69	3850.15	0.020	2	0.012	0.13	25.80	24.99	Q<Q _s
2	171.88	3850.48	3850.02	0.020	2	0.012	0.13	25.80	24.03	Q<Q _s
3	69.80	3849.13	3849.06	0.020	2	0.012	0.13	25.80	21.27	Q<Q _s
4	159.14	3850.47	3850.08	0.020	2	0.012	0.13	25.80	21.27	Q<Q _s

Cuadro 4. 6: Resultados obtenidos del cálculo del caudal soportado por la cuneta

Fuente: Elaboración

Disposiciones del RNE OS. 060	Cunetas del proyecto	verificación
Pendiente longitudinal mínima $\geq 0.5\%$	2%	cumple
Velocidad Mínima 0.9m/seg	1.38 m/seg	cumple
Velocidad Máxima $f'c$ 175 kg/m ² =2.65m/seg	1.8 m/seg	cumple

Cuadro 4. 7: Disposiciones del RNE OS. 0.60.

Fuente: RNE OS 060.

Según el cuadro se usara una cuneta de sección típica con un $f'c=175$ kg/cm².

4.1.1.5. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Los resultados obtenidos se trabajaron en gabinete para la construcción de las matrices de impacto ambiental, así como de grado de los impactos (ponderación) y las medidas de control ambiental.

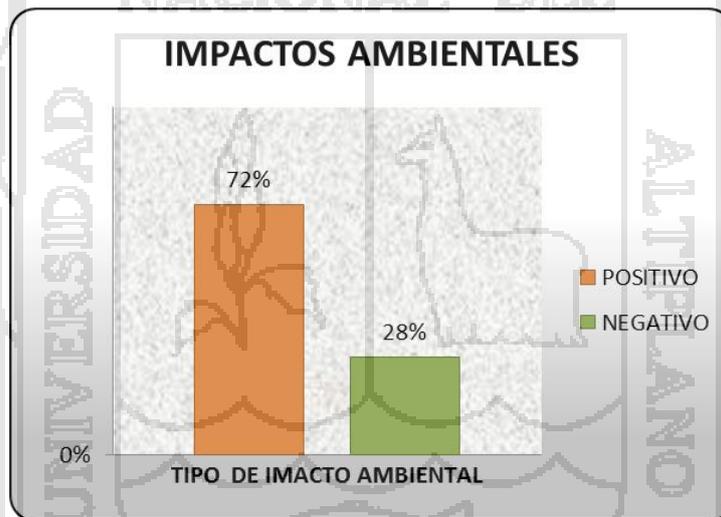


Figura 4. 3: Comparación de los impactos ambientales positivos y negativos

Fuente: Elaboración Propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se ha elaborado el estudio definitivo de pavimentación en los jirones Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica, y Puno-Caminaca, la cual constituye vías de suma importancia para la localidad de Caminaca.
- La determinación de los volúmenes de tránsito realizado en la zona de estudio presenta un TPDS de 20 Veh/día y un TPDA DE 24Veh/día. El tránsito principalmente está constituido por Autos y Camionetas, combis, camiones rurales. Se tomó en cuenta el Reglamento Nacional de Vehículos aprobado por D.S. N° 058-2003-MTC. Teniendo como resultado un ESAL de Diseño de: 0.27×10^6 Número de Ejes Equivalentes.
- El CBR de diseño del terreno de fundación se halló tomando en cuenta las recomendaciones de AASHTO - 93. Para el proyecto teniendo un ESAL de Diseño de 0.27×10^6 Número de Ejes Equivalentes corresponde un percentil del 75%, con lo que se obtiene un CBR de diseño de 11%.
- El caudal calculado crítico corresponde al Área Tributaria 1 y corresponde a 24.99 litros/seg. Los caudales obtenidos fueron usados para el diseño de cunetas, con lo que se obtiene, adoptando una cuneta de sección triangular, un ancho superficial igual a 0.26 m y un tirante de agua de 0.13m.
- La Norma Técnica CE. 010 PAVIMENTOS URBANOS (aprobado por D.S. N°001-2010-VIVIENDA de fecha 14 de enero de 2010), utiliza la metodología de diseño de pavimento rígido método PCA. Los espesores finales hallados mediante este método son de las siguientes dimensiones: espesor de Losa 20cm, subbase granular de 20cm, acumulando un espesor total de 40cm.
- El Diseño Geométrico (diseño, trazo y características técnicas) fue definido en función del Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas - 2005 y el Manual de Diseño Geométrico DG-2013. La vía en estudio cumple con los criterios de una Vía local, del cual se obtuvieron los siguientes parámetros de diseño: Velocidad Directriz de 30 Km/hora, Distancia de Visibilidad de

Parada de 30 m, Pendiente longitudinal de 0.5%, Bombeo de 2%, Cunetas de diseño triangular.

- El impacto Ambiental que se producirá durante la ejecución será beneficioso, el cual permitirá mejorar las condiciones socioeconómicas de la población en la zona de influencia.
- Se ha elaborado el expediente técnico



RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el Estudio de Tránsito (aforo vehicular) de una manera cuidadosa, ya que es uno de los factores más importantes e imprescindibles para el diseño de pavimentos.
- Se recomienda el adecuado control de calidad durante el proceso de construcción del pavimento, tanto de la mano de obra, materiales, equipos y lo referente a la dirección técnica en vista que sólo se garantizará la obra, teniendo especial cuidado en los controles de calidad.
- Se recomienda tener cuidado con las instalaciones sanitarias de los domicilios, con el sistema agua y desagüe, para ello se recomienda realizar reparación y/o mantenimiento de la red de agua y desagüe.



BIBLIOGRAFÍA

- Abanto, F. (2003) Tecnología del Concreto. Perú: Edición San Marcos.
- Bowles, J. (1980) Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. (2a.ed.) Colombia.: McGRAW-HILL Latinoamericana, S.A.
- Cárdenas, J. (2002) Diseño Geométrico de Carreteras. (1a.ed.) Colombia.: Ecoe Ediciones.
- Chereque, W. (2001), HIDROLOGÍA (2da.ed.) Perú: Universidad Católica de Perú.
- EG-2013 Especificaciones para el diseño de Carreteras. Perú- MTC.
- Fredy A. Chura Zea, (2014). Tesis “Mejoramiento de la infraestructura vial a nivel de pavimento flexible en la Av. Simón Bolívar de la ciudad de Arapa- Provincia de Azángaro”. Universidad Nacional del Altiplano-Puno.
- Loayza, V. (2005) Manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005 – VCHI. (2a. ed.) Perú: ICG.
- Montejo, A. (2008) Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Fundamentos, estudios básicos y diseño. Tomo I. (3a.ed.) Colombia.: Universidad Católica de Colombia.
- Mora, S. Pavimentos de Concreto Hidráulico, FIC-UNI ASOCEM.
- Minaya, S. (2001) Manual de Laboratorio Ensayos para pavimentos Volumen I. (1a. ed.) Perú.: UNI-Lima.
- Rico, R. (2001) La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Volumen I. (2a.ed.) México.: EDITORIAL LIMUSA-Grupo Noriega Editores.
- Rojas, D. (2008) Compendio Geología General. (1a. ed.) Perú: UNI-Lima.
- Sergio Beltrán Huanca (2013) “Diseño de la infraestructura vial del pavimento urbano del jr. Arequipa en la ciudad de Azángaro” Universidad Nacional del Altiplano-Puno.
- Villón, M. (2002) Hidrología. (2a.ed.) Perú.: Ed. Villón.

ANEXO**EXPEDIENTE TECNICO**

1. MEMORIA DESCRIPTIVA
2. ESPECIFICACIONES TECNICAS
3. PLANILLA DE METRADOS
4. PRESUPUESTO
5. COSTO HORA HOMBRE
6. GASTOS GENERALES
7. RELACION DE INSUMOS
8. ANALISIS DE PRESIOS UNITARIOS
9. RENDIMIENTO DE TRANSPORTE
10. PROGRAMACION DE OBRA Y VALORIZACION
11. ESTUDIO DE SUELOS Y DISEÑO DE MEZCLA
12. PLANOS Y MAPA GEOLOGICO

