

**U  
N  
S  
A  
A  
C  
C  
U  
S  
C  
O**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO  
ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

---

**“MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL EMP. CU112-  
ROQUEPATA, DISTRITO DE COLQUEPATA-PAUCARTAMBO-  
CUSCO”**

---

---

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

Presentado por:

Bach. NICOLAS WILBERTO BERMEJO COLQUE  
Bach. WILFREDO CRUZ HUAMAN

JURADOS:

Presidente: Dr. Ing. ADAN WILBERT SOLORZANO MONTESINOS

Integrantes: Ing. NEMESIO RAUL CASTRO CCOSCCO

Mgt. Ing. JUAN PABLO ESCOBAR MASIAS

**CUSCO – PERÚ  
2019**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis la dedico con todo mi amor a mi esposa Rebeca Jara Yucra por su sacrificio, comprensión y por creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su apoyo.

A mi madre, Bacilia Huaman Ccoyo y a todos mis hermanos a quienes agradeceré toda mi vida por sus palabras de aliento para que siguiera adelante.

A mis hijas Mayra y Dayana por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depara un mejor futuro

**Wilfredo Cruz Huaman**

Esta tesis la dedico con todo mi amor a mi familia, esposa e hijos por su sacrificio, comprensión y por creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su apoyo.

A mis padres, Paulino Bermejo Barriga, Francisca Colque Huanca y a mis hermanos a quienes agradeceré toda mi vida por sus palabras de aliento para que siguiera adelante.

**Nicolas Wilberto Bermejo Colque**

## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS, quien siempre ha guiado nuestros pasos y darnos fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de todas nuestras vidas.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO, por ser la fuente de conocimientos académicos que forjo nuestro aprendizaje y sabiduría, también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

A NUESTROS JURADOS DE TESIS, quien con sus conocimientos, experiencias, consejos y motivación han logrado que nosotros pudiésemos terminar con éxito la tesis.

# ÍNDICE GENERAL

<b>CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES .....	2
1.2. NOMBRE DEL PROYECTO.....	2
1.3. OBJETIVO DEL PROYECTO.....	2
1.3.1 OBJETIVO CENTRAL .....	2
1.4 TERMINOLOGIA.....	3
1.4.1. REHABILITACION.....	3
1.4.2. MEJORAMIENTO.....	3
1.5. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO.....	3
1.6. ACCESIBILIDAD A LA ZONA DEL PROYECTO.....	5
1.6.1. DESDE LA CAPITAL DEL DISTRITO Y PROVINCIA.....	5
1.6.2. DESDE LA CAPITAL DEL DEPARTAMENTO.....	5
1.7. ALTITUD .....	5
1.8. TOPOGRAFÍA .....	6
1.9. HIDROLOGÍA .....	6
1.9.1. HIDROGRAFÍA.....	6
1.9.2. PRECIPITACIÓN .....	6
1.10. CLIMA.....	6
1.11. GEOLOGÍA.....	6
1.12. ESTADO ACTUAL DE LA VÍA.....	7
1.12.1. PLATAFORMA .....	7
1.12.2. SUPERFICIE DE RODADURA .....	7
1.12.3. GEOMETRÍA DE LA VÍA.....	7
1.12.4. OBRAS DE ARTE Y DRENAJE.....	7
1.12.5. PLAZOLETAS DE CRUCE .....	7
1.13. METAS Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	8
1.14. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	8
<b>CAPITULO II. ESTUDIO TOPOGRAFICO .....</b>	<b>9</b>
2.1. GENERALIDADES .....	10
2.2. OBJETIVO .....	10
2.3. POLIGONOS DE APOYO.....	11
2.4. METODOLOGIA DEL TRABAJO .....	11
2.4.1. GEOREFERENCIACION.....	12
2.4.1.1. PLANEAMIENTO.....	12
2.4.1.2. RECONOCIMIENTO DE CAMPO .....	13

2.4.1.3. MONUMENTACIÓN.....	13
2.4.1.4. LEVANTAMIENTO DE PUNTOS DE CONTROL DEL PROYECTO.....	14
2.4.2. TOPOGRAFIA .....	15
2.4.2.1. MEDICIÓN DE COORDENADAS DE LAS POLIGONALES DE APOYO .....	16
2.4.2.2. ALTIMÉTRICO, NIVELACIÓN GEOMÉTRICA .....	21
2.4.2.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	22
2.4.3. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	23
<b>CAPITULO III. INVENTARIO VIAL.....</b>	<b>24</b>
3.1. GENERALIDADES .....	25
3.2. OBJETIVO DEL INVENTARIO .....	25
3.3. METODOLOGIA DE TRABAJO.....	25
3.3.1. INFORMACION PRELIMINAR .....	25
3.3.2 TRABAJO DE CAMPO .....	25
3.3.3. TRABAJO DE GABINETE.....	26
3.4. ELEMENTOS Y CARACTERÍSTICA DE LA VÍA .....	26
3.4.1. CARACTERISTICAS, CONDICIONES, ANALISIS DE LAS DEFICIENCIAS TECNICAS Y FUNCIONALES DE LA PLATAFORMA.....	26
3.4.2. CARACTERISTICAS, CONDICIONES, ANALISIS DE LAS DEFICIENCIAS TECNICAS Y FUNCIONALES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA.....	26
3.4.3. CARACTERISTICAS, CONDICIONES Y ANALISIS DE LAS DEFICIENCIAS TECNICAS Y FUNCIONALES DE LA GEOMETRIA VIAL.....	27
3.4.3.1. ALINEAMIENTO Y PERFIL LONGITUDINAL .....	27
3.4.4. CARACTERISTICAS, CONDICIONES Y ANALISIS DE LAS DEFICIENCIAS TECNICAS Y FUNCIONALES DE PLAZOLETAS DE CRUCE. ....	28
3.4.5. CARACTERISTICAS, CONDICIONES Y ANALISIS DE LAS DEFICIENCIAS TECNICAS Y FUNCIONALES DE LAS SEÑALIZACIONES. ....	28
3.4.6. CARACTERISTICAS, CONDICIONES Y ANALISIS DE LAS DEFICIENCIAS TECNICAS Y FUNCIONALES DE LAS OBRAS DE ARTE Y DRENAJE. ....	29
3.4.6.1. BADENES EXISTENTES.....	29
3.4.6.2. ALCANTARILLAS EXISTENTES .....	29
3.4.6.3. ALVIADEROS.....	30
3.4.6.4. CUNETAS LATERALES.....	30
3.4.6.5. CUNETAS (ZANJAS) DE CORONACIÓN.....	31
3.5 CONCLUSION.....	31
3.5.1. PLANTEAMIENTO TECNICO.....	31
<b>CAPITULO IV. ESTUDIO DEL TRANSITO .....</b>	<b>32</b>

4.1. GENERALIDADES .....	33
4.2. OBJETIVOS .....	33
4.3. CLASIFICACIÓN VEHICULAR DE ACUERDO EL PESO .....	33
4.3.6. VEHICULOS LIGEROS .....	33
4.3.7. VEHICULOS PESADOS .....	34
4.4. AFORO VEHICULAR .....	34
4.4.1. IDENTIFICACION DE TRAMOS HOMOGENIOS .....	34
4.4.2. UBICACIÓN DE ESTACION DE CONTEO .....	34
4.4.3. CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR.....	34
4.4.4. RESULTADOS OBTENIDOS DEL AFORO VEHICULAR .....	36
4.4.4.1. CLASIFICACIÓN VEHICULAR PROMEDIO.....	37
4.4.4.2. ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN HORARIA .....	37
4.4.4.3. ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DIARIA.....	38
4.4.5. INDICE MEDIO DIARIO SEMANAL (IMDs) .....	38
4.4.6. FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIONAL .....	38
4.4.7. INDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA).....	39
4.5. PROYECCIÓN DEL TRANSITO.....	40
4.5.1. METODOLOGIA .....	40
4.5.2. PERIODO DE DISEÑO.....	42
4.5.3. TRANSITO PROYECTADO .....	42
4.6 EAL DE DISEÑO (ESAL: EQUIVALENT SINGLE AXLE ROAD).....	44
4.6.1. FACTOR DIRECCIONAL Y FACTOR CARRIL .....	44
4.6.2. FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO (FCA) .....	45
4.6.3. NÚMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES.....	46
4.6.4. FACTOR CAMION (FC) .....	47
4.6.5. CLASIFICACIÓN DE NÚMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES EN EL PERÍODO DE DISEÑO .....	50
<b>CAPITULO V. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA .....</b>	<b>51</b>
5.1. GENERALIDADES .....	52
5.2. OBJETIVO .....	52
5.3. NORMATIVIDAD .....	52
5.4. DERECHO DE VIA O FAJA DE DOMINIO.....	52
5.5. CRITERIOS BASICOS PARA EL DISEÑO GEOMETRICO.....	52
5.5.1. CLASIFICACIÓN DE LA CARRETERA .....	53
5.5.1.1. POR SU DEMENDA .....	53
5.5.1.2. POR SU OROGRAFIA.....	53

5.5.2. VEHICULO DE DISEÑO .....	54
5.5.3. VELOCIDAD DE DISEÑO.....	55
5.5.4. DISTANCIA DE VISIBILIDAD.....	55
5.5.4.1. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA .....	55
5.5.5. VALORES ESTETICOS Y ECOLOGICOS .....	57
5.6. DISEÑO GEOMETRICO PLANTA .....	58
5.6.1. TRAMOS EN TANGENTE.....	58
5.6.2. RADIOS MINIMOS .....	59
5.6.3. CURVAS DE TRANSICION .....	60
5.6.4. CURVAS DE VUELTA .....	61
5.6.5. SOBREANCHOS .....	62
5.6.6. CUADRO DE ELEMENTO DE CURVA DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL .....	63
5.7. ALINEAMIENTO VERTICAL .....	63
5.7.1. PENDIENTE .....	64
5.7.1.1. PENDIENTE MINIMA .....	64
5.7.1.2. PENDIENTE MAXIMA.....	64
5.7.2. CURVAS VERTICALES .....	64
5.7.2.1. LONGITUD DE LAS CURVAS CONVEXAS .....	64
5.7.2.2. LONGITUD DE LAS CURVAS CONCAVAS .....	65
5.8. SECCION TRANSVERSAL.....	66
5.8.1 ELEMENTOS DE LA SECCION TRANSVERSAL .....	66
5.8.2. CALZADA O SUPERFICIE DE RODADURA .....	66
5.8.3. BERMAS.....	67
5.8.3.1. ANCHO DE LAS BERMAS .....	67
5.8.3.2. INCLINACION DE LAS BERMAS .....	67
5.8.4. BOMBEO .....	67
5.8.5. PERALTE.....	68
5.8.5.1. VALORES DEL PERALTE MAXINO.....	68
5.8.5.2. DISTRIBUCION DEL PERALTE .....	68
5.8.5.3. TRANSICION DE PERALTE.....	69
5.8.6. TALUDES .....	73
5.8.6.1. TALUDES DE CORTE .....	73
5.8.6.2. TALUDES DE TERRAPLENES.....	73
5.8.7. CUNETAS .....	74
5.8.8. PLAZOLETAS DE CRUCE.....	75
5.8.9. SECCION TIPICA DE LA VIA .....	76
5.9. RESUMEN DE CARACTERISTICAS TECNICAS .....	77

<b>CAPITULO VI: ESTUDIO HIDROLOGICO Y DISEÑO DE DRENAJE VIAL .....</b>	<b>78</b>
6.1. GENERALIDADES .....	79
6.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	79
6.3. UBICACIÓN .....	79
6.4. ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA PRECIPITACIÓN Y CAUDALES .....	80
6.4.1 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA .....	80
6.4.2. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA .....	80
6.4.3. ESTUDIO DE LAS MICROCUENCAS .....	81
6.4.3.1. PARÁMETROS RELATIVOS AL RELIEVE .....	83
6.4.3.2. PARÁMETROS HIDRAULICOS. ....	86
6.4.4. ANALISIS DE DATOS PLUVIOMETRICOS .....	88
6.4.4.1. ESTIMACION DE DATOS FALTANTES .....	88
6.4.4.2. PRECIPITACION MEDIA ANUAL .....	89
6.4.4.3. PRECIPITACION MAXIMA DIARIA .....	89
6.4.5. TORMENTA DE DISEÑO .....	90
6.4.5.1 PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE .....	90
6.4.5.2. MODELOS DE DISTRIBUCION .....	91
6.4.5.3. CURVAS INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA .....	93
6.5. DISEÑO DE DRENAJE VIAL .....	96
6.5.1. SELECCIÓN DE PERIODO DE RETORNO .....	96
6.5.2. ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS .....	97
6.5.2.1. METODO RACIONAL .....	97
6.5.3. DIMENSIONAMIENTO DE OBRAS DE DRENAJE .....	99
6.5.4. CUNETAS .....	99
6.5.4.1. CAPACIDAD DE LAS CUNETAS .....	100
6.5.4.2. DIMENSIONES MÍNIMAS .....	101
6.5.4.3. LONGITUD DEL TRAMO .....	101
6.5.4.4. CAUDAL Q DE APORTE .....	101
6.5.5. DISEÑO DE ALCANTARILLAS .....	103
6.5.5.1. UBICACIÓN EN PLANTA .....	104
6.5.5.2. PENDIENTE LONGITUDINAL .....	104
6.5.5.3. ELECCIÓN DEL TIPO DE ALCANTARILLA .....	104
6.5.5.4. RECOMENDACIONES Y FACTORES A TOMAR EN CUENTA PARA EL DISEÑO DE UNA ALCANTARILLA .....	105
6.5.5.5. DISEÑO HIDRÁULICO .....	105
6.5.5.6. ALCANTARILLAS PLANTEDAS EN EL PROYECTO .....	105
6.5.6. DISEÑO DE BADENES .....	107

6.5.6.1. UBICACIÓN EN PLANTA.....	107
6.5.6.2. PENDIENTE LONGITUDINAL DEL BADÉN.....	107
6.5.6.3. PENDIENTE TRANSVERSAL DEL BADÉN .....	107
6.5.6.4. BORDE LIBRE.....	107
6.5.6.5. DISEÑO HIDRÁULICO .....	107
6.5.6.6. BADENES PLANTEADOS EN EL PROYECTO .....	107
6.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	108
6.6.1. CONCLUSIONES:.....	108
6.6.2. RECOMENDACIONES: .....	110
<b>CAPITULO VII. ESTUDIO DE SUELOS, CANTERAS, FUENTES DE AGUA Y</b>	
<b>BOTADEROS .....</b>	<b>111</b>
7.1. GENERALIDADES .....	112
7.1.1. ANTECEDENTES .....	112
7.1.2. UBICACIÓN .....	112
7.2 ESTUDIO DE LA SUBRASANTE.....	112
7.2.1. OBJETIVO .....	112
7.2.2. METODOLOGIA DE TRABAJO.....	112
7.2.2.1. TRABAJO DE CAMPO .....	112
7.2.2.2. ENSAYOS DE LABORATORIO .....	115
7.2.2.3 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.....	121
7.3. ESTUDIO DE CANTERAS PARA AFIRMADO .....	122
7.3.1. OBJETIVOS .....	122
7.3.2. INVESTIGACIÓN DE CAMPO .....	122
7.3.2.1 EXPLORACIÓN.....	122
7.3.2.2. ENSAYOS DE LABORATORIO .....	123
7.4 ESTUDIO DE FUENTES DE AGUA.....	129
7.5 BOTADEROS.....	131
7.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	133
<b>CAPITULO VIII. DISEÑO DEL PAVIMENTO .....</b>	<b>135</b>
8.1. GENERALIDADES .....	136
8.2. NUMERO DE REPETICIONES DE EJE EQUIVALENTE (ESAL).....	136
8.3. CAPACIDAD SOPORTE DE LA SUBRASANTE.....	136
8.3.1 DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO .....	136
8.4. DISEÑO ESTRUCTURAL – DETERMINACION DE ESPESORES .....	138
8.4.1 METODO USACE .....	139
8.4.2. MÉTODO DEL MTC .....	140

8.4.3. ESPESOR DE DISEÑO.....	141
8.5. MATERIALES PARA PAVIMENTO.....	141
8.5.1. DEL AFIRMADO.....	142
8.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	143
<b>CAPITULO IX. ESTUDIO SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL .....</b>	<b>144</b>
9.1. GENERALIDADES .....	145
9.2. OBJETIVO .....	145
9.3. SEÑALIZACION .....	145
9.4. METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	145
9.5. SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....	146
9.5.1. SEÑALES DE PREVENTIVAS:.....	146
9.5.1.1. COLOR .....	146
9.5.1.2. DIMENSIONES Y FORMA.....	146
9.5.1.3. UBICACIÓN.....	147
9.5.1.4. ORIENTACION.....	147
9.5.1.5. ALTURA.....	148
9.5.1.6. TIPOS DE SEÑALES PREVENTIVAS.....	148
9.5.2. SEÑALES REGULADORAS O DE REGLAMENTACIÓN.....	152
9.5.2.1. COLOR .....	152
9.5.2.2. DIMENSIONES Y FORMA.....	152
9.5.2.3. UBICACIÓN.....	152
9.5.2.4. ORIENTACION.....	152
9.5.2.5. ALTURA.....	152
9.5.2.6. TIPOS DE SEÑALES REGULADORAS O DE REGLAMENTACIÓN.....	152
9.5.3. SEÑALES DE INFORMACIÓN.....	153
9.5.3.1. COLOR .....	153
9.5.3.2. DIMENSIONES Y FORMA.....	153
9.5.3.3. UBICACIÓN.....	153
9.5.3.4. ORIENTACION.....	153
9.5.3.5. ALTURA.....	154
9.5.3.6. CLASIFICACIÓN .....	154
9.5.3.7. TIPO DE SEÑALES INFORMATIVAS EN EL PRESENTE PROYECTO .....	154
9.6. SEÑALIZACION DURANTE LA ETAPA DE CONSTRUCCION.....	156
9.7. CALCULO DE TAMAÑO DE LA PLACA PARA LA SEÑALES INFORMATIVAS.....	159
<b>CAPITULO X: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....</b>	<b>162</b>

<b>CAPITULO XI: METRADOS</b> .....	<b>163</b>
<b>CAPITULO XII. COSTOS Y PRESUPUESTOS</b> .....	<b>164</b>
12.1. COMPONENTES DEL PRESUPUESTO DE OBRA .....	165
12.2. METRADOS.....	165
12.3. PRESUPUESTO.....	165
12.4. ANALISIS DE COSTOS DIRECTOS .....	165
12.4.1. MANO DE OBRA .....	166
12.4.1.1. RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA .....	166
12.4.1.3. COSTO DE MANO DE OBRA.....	166
12.4.2. MATERIALES .....	172
12.4.2.1. CANTIDADES DE MATERIAL O INSUMOS REQUERIDOS .....	172
12.4.3. EQUIPO.....	173
12.4.3.1. RENDIMIENTO DE EQUIPOS .....	173
12.4.3.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO .....	173
12.4.4 HERRAMIENTAS .....	174
12.5. ANALISIS DE COSTOS INDIRECTOS .....	175
12.5.1. GASTOS GENERALES FIJOS.....	175
12.5.2. GASTOS GENERALES VARIABLES.....	175
12.6. UTILIDAD .....	176
12.7. IMPUESTO GENERAL A LA VENTA (IGV).....	176
12.8. FORMULA POLINOMICA .....	177
12.8.1. FORMULA POLINOMICA DE REAJUSTE.....	177
12.9 BASES DE CALCULO .....	178
12.9.1. COSTO DE MANO DE OBRA .....	178
12.9.2. RENDIMIENTO DE EQUIPOS .....	179
12.9.2.1. RENDIMIENTO DE TRACTOR SOBRE ORUGAS .....	179
12.9.2.2. RENDIMIENTO DE CARGADOR SOBRE LLANTAS .....	180
12.9.2.3. RENDIMIENTO DE LA RETROEXCAVADORA .....	181
12.9.2.4. RENDIMIENTO DE LA MOTONIVELADORAS .....	181
12.9.2.5. RENDIMIENTO DEL RODILLO AUTOPROPULSADO.....	183
12.9.3. CALCULO DE FLETE.....	184
12.9.4. COSTO DE MATERIALES .....	184
12.9.5. RELACION DE EQUIPO MINIMO .....	184
12.9.6. MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION .....	184
12.9.7. COSTO ALQUILER DE MAQUINARIAS Y EQUIPO MECÁNICO .....	184
12.9.8. DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE (DM) .....	185

12.9.8.1. DIAGRAMA DE MASA .....	185
<b>12.9.8.2. DISTANCIA LIBRE DE TRANSPORTE (DL) .....</b>	<b>187</b>
12.9.8.3. DISTANCIA DE TRANSPORTE .....	187
12.9.8.4. CICLO DE TRANSPORTE.....	187
12.9.8.5. DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE DE AGUA .....	188
12.9.8.6. DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA .....	189
12.9.8.7. DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE DE MATERIAL PARA MEJORAMIENTO .....	190
12.9.8.8. DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE DE MATERIAL PARA RELLENO CON EXCEDENTE DE CORTE.....	191
12.9.8.9. DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE A BOTADEROS.....	192
12.9.8.10. DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE DE AGREGADO PARA CONCRETO .....	193
12.9.9. RENDIMIENTO DE TRANSPORTE .....	193
12.10. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS .....	193
12.11. PRECIOS Y CANTIDADES DE INSUMOS REQUERIDOS .....	193
12.12 PRESUPUESTO .....	193
12 13 FORMULA POLINÓMICA .....	193
<b>CAPITULO XIII. PROGRAMACION DE OBRA .....</b>	<b>194</b>
13.1 GENERALIDADES .....	195
13.2. OBJETIVOS DE LA PROGRAMACION .....	195
13.3. PROCEDIMIENTO POR ETAPAS DE LA PROGRAMACION .....	195
13.4. METODOS DE PROGRAMACION.....	195
13.4.1. METODO GANTT .....	195
13.4.1.1. ETAPA PREVIA – ESTUDIO .....	196
13.4.1.2. ETAPA I - PLANIFICACION.....	196
13.4.1.3. ETAPA II - PROGRAMACION.....	196
13.4.1.4. ETAPA III – CONTROL .....	197
13.5. CRONOGRAMA DE GASTOS.....	197
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>205</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>208</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>209</b>
<b>PLANOS .....</b>	<b>421</b>



# **CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES**



## **CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. ANTECEDENTES**

El proyecto se encuentra en el distrito de Colquepata que tiene una población marcadamente rural, 94.2% y 5.8% urbana; distribuida en 38 comunidades campesinas y 10 anexos. La pobreza del distrito llega al 94.4% de la población y la extrema al 67.8%. en el aspecto educativo el 35.5% de la población entre 15 años a mas no sabe leer ni escribir (Desarrollo económico-Municipalidad distrital de Colquepata).

Una de las causas de la situación expuesta es la falta de una adecuada interconexión de los caminos del distrito, siendo uno de ellos el Camino Vecinal Emp. CU 112 – Roquepata, que fue construido en el año 2002 por la municipalidad distrital de Colquepata, y hasta la fecha no se ha llevado a cabo intervención alguna para su rehabilitación o mejoramiento, solo se realizan mantenimientos de emergencia.

En la actualidad el Camino vecinal se encuentra en mal estado de conservación, con infraestructura incompleta y limitaciones técnicas, siendo su plataforma de terreno natural sin afirmar, de 3.76m de ancho promedio; con carencia de obras de arte y drenaje, ubicada en terrenos de topografía ondulada, accidentada y escarpada con presencia de derrumbes, de recorrido sinuoso a media ladera con curvas estrechas y con pendientes verticales pronunciadas, en una zona lluviosa que dificulta y pone en riesgo el tránsito de pasajeros y carga.

En este contexto los pobladores del ámbito del proyecto vienen afrontando desde hace muchos años el problema de transitabilidad, que dificulta enormemente el acceso a los servicios, especialmente de salud, educación, transporte y comercialización oportuna de los productos de la zona, principalmente en el periodo de mayor recurrencia de las precipitaciones pluviales, en el cual la vía existente es intransitable, agravándose esta situación por la lejanía y poca cantidad de los establecimientos de salud e instituciones educativas.

### **1.2. NOMBRE DEL PROYECTO**

Mejoramiento del camino vecinal Emp. CU112 – Roquepata, distrito de Colquepata – Paucartambo – Cusco.

### **1.3. OBJETIVO DEL PROYECTO**

#### **1.3.1 OBJETIVO CENTRAL**

“Mejorar las condiciones de transitabilidad del camino vecinal para facilitar el acceso de los usuarios del área de influencia a los mercados locales y regionales”.



De este modo los usuarios tendrán menores costos de producción, podrán trasladarse a los mercados de consumo local, a servicios de salud, educación y otros, en forma oportuna, permanente y directa a menor costo, así mismo podrán tener mejores servicios básicos.

## **1.4 TERMINOLOGIA**

### **1.4.1. REHABILITACION**

Ejecución de las obras necesarias para devolver a la infraestructura vial sus características originales y adecuarla a su nuevo periodo de servicio; las cuales están referidas principalmente a reparación y/o ejecución de pavimentos, puentes, túneles, obras de drenaje, de ser el caso movimiento de tierras en zonas puntuales y otros. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, pág. 42)

### **1.4.2. MEJORAMIENTO**

Ejecución de las obras necesarias para elevar el estándar de la vía mediante actividades que implican la modificación sustancial de la geometría y de la estructura del pavimento; así como la construcción y/o adecuación de los puentes, túneles, obras de drenaje, muros, y señalizaciones necesarias. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, pág. 33)

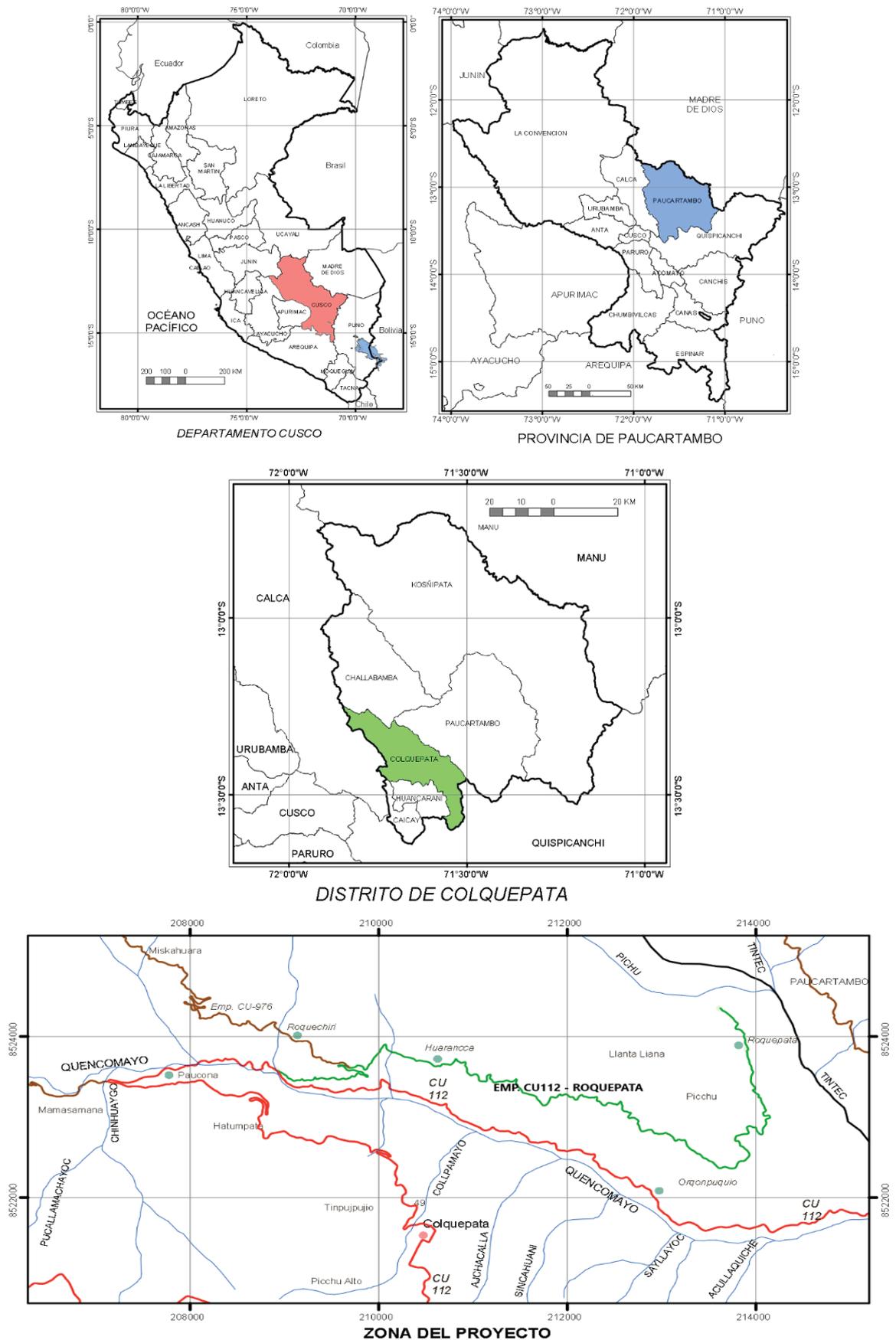
## **1.5. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO**

El camino vecinal se ubica entre las comunidades de Roquechiri, Huaranca, Orcompugio y Roquepata del Distrito de Colquepata, Provincia de Paucartambo del Departamento Cusco.

El proyecto tiene una longitud de 9.665 km, inicia en los terrenos de la comunidad campesina de Roquechiri km 0+000, (zona de empalme con la carretera departamental CU-112) a una altura de 3365 msnm, cerca del río Quencomayo, pasa por los terrenos y poblado de la Comunidad Campesina de Huaranca km 2+720 a una altura de 3535 msnm, recorriendo luego por los terrenos de la comunidad campesina de Orcompugio, para después llegar al pequeño poblado de Roquepata ubicado en el km 9+040 a una altura de 3625 msnm, con final en el km 9+665, a una altura de 3675 msnm.



Figura 1.1. Mapa de Ubicación del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.



## 1.6. ACCESIBILIDAD A LA ZONA DEL PROYECTO

### 1.6.1. DESDE LA CAPITAL DEL DISTRITO Y PROVINCIA

Desde Colquepata, capital del distrito, se accede por la carretera departamental CU 112, recorriendo 8.90 km hasta llegar al inicio del camino vecinal en estudio.

Desde Paucartambo capital de la provincia, se accede por la carretera departamental CU 112, se recorre 17.39 km aproximadamente.

El acceso desde Colquepata y Paucartambo al punto de inicio del tramo, se encuentra en regular condición de transitabilidad requiriendo mantenimiento rutinario.

### 1.6.2. DESDE LA CAPITAL DEL DEPARTAMENTO

Desde la ciudad del Cusco, el acceso a la zona del proyecto se realiza a través de dos rutas, la ruta 1 pasa por Huancarani, y la ruta 2 por Pisac.

#### RUTA 1: CUSCO – HUANCARANI – VISCOCHONI – COLQUEPATA

Tabla 1. 1  
Accesibilidad a la zona del proyecto por la Ruta 1

DESDE	HASTA	DISTANCIA (KM)	TIPO DE VIA	ESTADO
Cusco	Viscochoni	67.13	asfaltado	bueno
Viscochoni	Colquepata	12.02	afirmado	regular
Colquepata	Emp. CU 112	8.90	afirmado	regular
	<b>TOTAL</b>	<b>88.05</b>		

*Fuente:* Elaboración propia.

#### RUTA 2: CUSCO – PISAC – COLQUEPATA

Tabla 1. 2  
Accesibilidad a la zona del proyecto por la Ruta 2

DESDE	HASTA	DISTANCIA (KM)	TIPO DE VIA	ESTADO
Cusco	Pisac	32.85	asfaltado	bueno
Pisac	Colquepata	51.20	afirmado	regular
Colquepata	Emp. CU-112	8.90	afirmado	regular
	<b>TOTAL</b>	<b>92.95</b>		

*Fuente:* elaboración propia

## 1.7. ALTITUD

Las altitudes del proyecto (Emp. CU-112-Roquepata) varían desde 3365 msnm a 3675 msnm.



## 1.8. TOPOGRAFÍA

La zona del proyecto presenta una topografía propiamente de sierra, ondulada, accidentada y escarpada con cumbres, quebradas bastante cerradas, laderas con pendientes pronunciadas, al mismo tiempo la presencia de lomas y mesetas.

## 1.9. HIDROLOGÍA

Partiendo del análisis de la información hidrológica y meteorológica disponible en el área de estudio, se obtienen los siguientes resultados.

### 1.9.1. HIDROGRAFÍA

El desarrollo del camino vecinal Emp. CU-112-Roquepata, cruza relieves topográficos variados con bastantes quebradas y cursos de agua que interceptan el eje de la carretera.

La mayor cantidad de cursos de aguas, por donde se desarrolla el camino vecinal desembocan sus aguas al río Quencomayo hasta el km 8+140, desde esta progresiva hasta el final km 9+665 desembocan al río Tintec, afluente del río Quencomayo.

### 1.9.2. PRECIPITACIÓN

La precipitación pluvial en la zona del proyecto, presenta un sesgo estacional donde la mayor parte de la precipitación ocurre entre los meses de noviembre a abril (**Anexo HID-02**), siendo los meses restantes el periodo de escasa y ocasional precipitación pluvial, la precipitación media anual registrada en la estación de Colquepata es de 531.10 mm.

El valor de la precipitación máxima en 24 horas más alto registrado en la estación meteorológica de Colquepata es de 48.2 mm, correspondiente al mes de febrero del año 2003.

## 1.10. CLIMA

El clima en el área de estudio es típico de la sierra sur del Perú, por su ubicación en altura entre 3365 m.s.n.m. a 3675 m.s.n.m. aproximadamente, donde los niveles de precipitación son moderados, con dos estaciones marcadas de inviernos secos (mayo a octubre) aunque no se exceptúan lluvias esporádicas en dicho lapso, y veranos lluviosos (noviembre a abril). Las precipitaciones se producen con frecuencia en forma de lluvia y granizo.

## 1.11. GEOLOGÍA

En las proximidades de la zona de estudio afloran rocas metamórficas que están constituidos principalmente por pizarras, cuarcitas, limolitas y lutitas.

La zona de estudio se encuentra en la cuenca del río Mapacho, cuyos afloramientos rocosos predominan principalmente las rocas metamórficas del paleozoico.



## **1.12. ESTADO ACTUAL DE LA VÍA**

### **1.12.1. PLATAFORMA**

La plataforma actual tiene un ancho promedio de 3.76m que está conformada por la superficie de rodadura, bermas en algunos tramos y cunetas de sección reducida que se encuentran en mal estado de conservación.

### **1.12.2. SUPERFICIE DE RODADURA**

La superficie de rodadura es de terreno natural compactado sin afirmar de 3.5m. de ancho promedio, en mal estado de conservación, de superficie irregular con presencia de baches y con pendientes mínimas de bombeo, que ha permitido que las aguas de lluvias discurren en forma indiscriminada y lo erosionen. El terreno en gran parte del tramo es de grava arcillo limosa, que al contener material granular, ha coadyuvado en parte a su conservación, existiendo tramos críticos donde la superficie está apoyada sobre suelos de mala calidad, haciendo de su condición de funcionamiento deficiente.

### **1.12.3. GEOMETRÍA DE LA VÍA**

En el alineamiento horizontal se observa que existe una excesiva cantidad de curvas con alineamientos reversos abruptos debido a que su trazado se adecua a las condiciones del relieve que es de topografía ondulada, accidentada y escarpada generando zonas críticas cuyas curvas tienen radios de 6m. y con tramos muy cortos en tangente.

El alineamiento vertical se desarrolla en ascenso, con zonas críticas de pendiente pronunciada mayores de 10% que alcanzan hasta 12.33%.

Estas características dificultan:

- a) La circulación ininterrumpida de los vehículos.
- b) Garantizar la seguridad, al no permitir desarrollar la misma velocidad directriz en tramos largos.
- c) Tener adecuada visibilidad de adelantamiento, agravándose en las curvas de volteo que se advierte un mayor peligro de accidentes por obstrucciones a la visibilidad de parada.

### **1.12.4. OBRAS DE ARTE Y DRENAJE**

La vía existente cuenta con una cantidad mínima de obras de arte y drenaje, Todas de ellas se encuentra en mal estado y requieren ser remplazadas.

### **1.12.5. PLAZOLETAS DE CRUCE**

La vía existente no cuenta con plazoletas de cruce.



### 1.13. METAS Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Para cumplir el objetivo planteado se desarrollarán las siguientes metas.

- a) Movimiento de tierras para mejorar el alineamiento horizontal y vertical adecuándose al manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2014 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, y tratamiento de puntos críticos: para lo cual será necesario ejecutar trabajos de explanaciones con maquinaria pesada.
- b) Afirmado con material granular de cantera a lo largo de toda la vía (9.665 km) con un espesor de 0.15m y un ancho de 5.00m en tangentes, más el sobreebanco en zonas de curva, las plazoletas de cruce también tendrán un espesor de afirmado de 0.15m.
- c) Construcción de obras de drenaje.
  - ✚ 05 badenes.
  - ✚ 42 alcantarillas 23 de alivio y 19 de paso, las alcantarillas serán de tubería metálica corrugadas TMC. Protegidas con cabezales de concreto armado, y aliviaderos de entrada y salida.
  - ✚ Cunetas laterales de superficie de tierra sin revestir, de sección triangular, por el lado de corte.
  - ✚ Zanjas de coronación de superficie de tierra de sección trapezoidal.
  - ✚ Construcción de aliviaderos en la salida de alcantarillas y badenes.
- d) Señalización, se construirán 45 señales preventivas, 7 señales reglamentarias, 5 señales informativas y 10 hitos kilométricos.

### 1.14. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se justifica principalmente porque su ejecución permitirá mejorar la problemática de transitabilidad vehicular, peatonal y de pasajeros en el tramo mencionado, principalmente de las comunidades de: Roquechiri, Huaranca, Orcompugio y Roquepata. Además, contribuirá a ampliar la red vial de integración del distrito de Colquepata, de la provincia de Paucartambo y de la región Cusco.

En general contribuirá a la mejora y el bienestar de las poblaciones asentadas, que por muchos años vivieron de la actividad agrícola y ganadera, que por falta de un acceso adecuado a los mercados locales no pueden comercializar oportunamente y que hoy tienen que buscar otras posibilidades de actividades económicas para mejorar su situación.



## **CAPITULO II. ESTUDIO TOPOGRAFICO**



## CAPITULO II. ESTUDIO TOPOGRAFICO

### 2.1. GENERALIDADES

El estudio topográfico comprende la información de trabajos topográficos realizadas en campo y gabinete, incluirá la información cartográfica georreferenciada correspondiente, a las escalas requeridas, considerando las áreas levantadas, longitud de poligonales, magnitud de los errores de cierre, puntos de control enlazados a la Red Geodésica Nacional GPS en el sistema WGS84 (World Geodetic System 1984), estableciendo en cada uno de ellos sus coordenadas en el sistema de proyección UTM (Universal Transversal Mercator), comprendiendo básicamente lo siguiente:

- e) Definición de la franja a levantar, teniendo en cuenta, la longitud del proyecto y considerando un ancho suficiente (ancho mínimo de la franja 60 m.) para poder efectuar variaciones del trazo.
- f) Colocación de pares de puntos de control del proyecto cada 5 km a lo largo de la vía, incluyendo al inicio y fin del tramo, con la finalidad de establecer las poligonales de apoyo, cerradas a corta distancia y minimizar los errores de cierre angular y altimétrico.
- g) Establecimiento de poligonales de apoyo cuyos vértices se ubicarán entre los puntos de control del proyecto, conformando poligonales abiertas con control de cierre.
- h) Colocación BMs (Bench Mark) cada 500 m. para el control vertical, tomando como referencia las cotas de los hitos de control del proyecto.
- i) Monumentación de los puntos de control del proyecto, vértices del poligonal de apoyo y BMs, las cuales son hitos de concreto y acero corrugado de ½".
- j) Establecimiento de una red de puntos ubicados a distancias no mayores a 15 metros o menores en caso de existir variaciones en el relieve del terreno.
- k) Representación gráfica del terreno (planos topográficos, detalles altimétricos y planimétricos)

### 2.2. OBJETIVO

El objetivo del estudio topográfico es la representación gráfica de las características físicas del terreno natural (relieve del terreno) a fin de:

- a) Proporcionar información de base para los estudios de: hidrología, para el mejoramiento del diseño geométrico de la vía (plano topográfico)

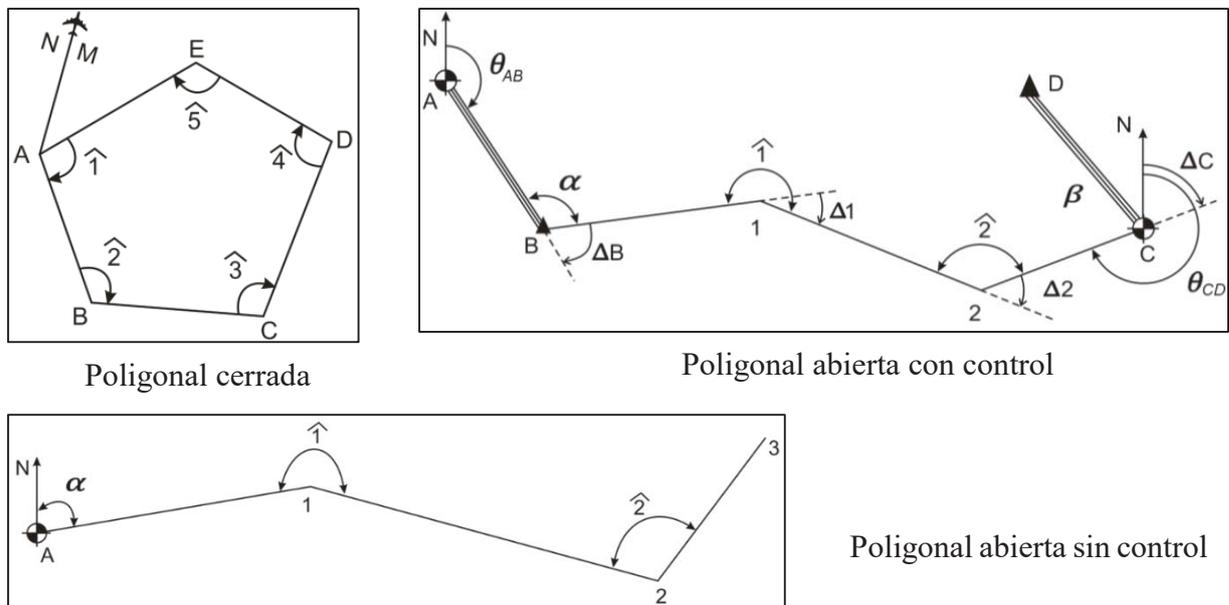
- b) Posibilitar la definición precisa de la ubicación y las dimensiones de los elementos del proyecto.
- c) Establecer puntos de referencia para el replanteo durante la construcción.

### 2.3. POLIGONOS DE APOYO

“La poligonación es uno de los procedimientos topográficos más comunes. Las poligonales se usan generalmente para establecer puntos de control y puntos de apoyo para el levantamiento de detalles, para el replanteo, y para el control topográfico en la etapa de construcción de las obras”.

Existen dos tipos de poligonales: poligonales cerradas y abiertas, dentro de las poligonales abiertas encontramos poligonales abiertas sin control y poligonales con control de cierre

Figura 2. 1. Tipos de polígonos de enlace



Fuente: (Casanova matera, 2002, págs. 5-2)

En proyectos lineales como es el caso de líneas de conducción, líneas férreas, carreteras y otros, se utilizan como polígono de apoyo o de enlace las poligonales abiertas con control de cierre, en las que se conocen las coordenadas de los puntos inicial y final, y la orientación de las alineaciones inicial y final, siendo también posible efectuar los controles de cierre angular y lineal.

### 2.4. METODOLOGIA DEL TRABAJO

El trabajo realizado comprende dos fases, la **Georeferenciación y Topografía - levantamiento topográfico.**



### 2.4.1. GEOREFERENCIACION

Para los trabajos de georeferenciación se seguirán los lineamientos del “proyecto de normas técnicas de levantamientos geodésicos” del IGN (Instituto Geográfico Nacional).

La georeferenciación consiste en realizar trabajos tales como: planeamiento, reconocimiento, monumentación, Trabajos de campo, cálculos de gabinete y obtención de las coordenadas de los puntos de control del proyecto. Según las precisiones que se dan a continuación.

**Tabla 2. 1**  
Órdenes y precisiones de levantamientos geodésicos, para el control horizontal

ORDEN	CLASE	PRECISION RELATIVA
0	Única	1:100 000 000
A	Única	1:10 000 000
B	Única	1:1 000 000
C	Única	1:100 000

*Fuente:* (Instituto Geografico Nacional, 2005, pág. 31).

**Tabla 2. 2**  
Clasificación de los levantamientos Geodésicos Verticales.

ORDEN	CLASE	PRECISION (mm)
PRIMER ORDEN	Única	$\pm 4\sqrt{k}$
SEGUNDO ORDEN	Única	$\pm 8\sqrt{k}$
TERCER ORDEN	Única	$\pm 12\sqrt{k}$

En estas expresiones, “k” es la distancia de desarrollo de la nivelación en un solo sentido, entre puntos de elevación conocida, expresada en kilómetros.

*Fuente:* (Instituto Geografico Nacional, 2005, pág. 64).

De acuerdo con el ministerio de transportes y comunicaciones los trabajos de topografía y de control en carreteras estarán concordantes con las tolerancias que se dan en la tabla 2.4.

#### 2.4.1.1. PLANEAMIENTO

Consiste en elaborar estrategias de trabajo y determinar los recursos necesarios para realizar el trabajo sin ningún perjuicio, por otro lado, es necesario e importante realizar el reconocimiento de la zona trabajo a través de las fotografías aéreas (google earth), conseguir Información del IGN de la ubicación de puntos geodésicos (puntos de enlace), más cercanos a la zona del proyecto con sus respectivas coordenadas y cotas.



#### 2.4.1.2. RECONOCIMIENTO DE CAMPO

Consiste en ubicar en campo los puntos Oficiales del IGN (puntos de enlace), selección y ubicación de Puntos de Control del proyecto.

Para la ubicación de los puntos de control del proyecto y para los vértices del poligonal de apoyo se tomaron los siguientes aspectos

- a) Se ubicaron pares de puntos de control cada 5.0 km a lo largo de la vía, incluyendo al inicio y final del tramo, con la finalidad de establecer poligonales de apoyo cerradas a corta distancia y minimizar los errores de cierre angular y altimétrico.
- b) Los puntos de control se ubicaron en la cercanía del eje de la carretera, para el levantamiento topográfico, replanteo y control durante la ejecución de obra.
- c) Los puntos de control del proyecto estarán ubicados en lugares despejados para evitar las interferencias de la señal satelital y protegidos para su seguridad, los puntos pares deberán tener visibilidad entre sí, para permitir la respectiva medición de distancia.
- d) En la etapa de construcción los puntos del eje de la vía serán replanteadas desde los vértices de la poligonal de apoyo, es por esta razón que los vértices de la poligonal de apoyo se ubicarán en lugares cercanas a la vía proyectada.
- e) A lo largo de la vía se han determinado 6 puntos de control de proyecto, dos poligonales de apoyo y 32 vértices de la poligonal de apoyo, 19 vértices en el primer polígono y 13 en el segundo polígono.

#### 2.4.1.3. MONUMENTACIÓN

Los puntos de control del proyecto han sido debidamente monumentados mediante hitos de concreto de forma piramidal de 0.30x0.30x0.4m con una varilla de acero corrugado de  $\phi \frac{1}{2}$ ", cuyos datos se da en la Tabla 2.3, los hitos de control de proyecto están codificados de la siguiente manera GEO-1 para primer punto, GEO-2 para el segundo y así sucesivamente hasta GEO-6, ver Figura 2.3.

A lo largo de la vía se han desarrollado 2 poligonales de apoyo cuyos vértices se han monumentado mediante hitos de concreto de forma cilíndrica con un diámetro de 13 cm, cuyos datos se da en la Tabla 2.8, los hitos de los vértices de la poligonal de apoyo están codificados de la siguiente manera V-1 para primer vértice, V-2 para el segundo vértice y así sucesivamente hasta V-32, ver Figura 2.4 y 2.5.



Los BMs (BENCH MARK) han sido monumentados aproximadamente cada 500 metros mediante una barra de acero empotrado en concreto y pintado con pintura sobre roca fija, Los BMs (BENCH MARK) tienen código desde BM-1 al BM-26. Ver Tabla 2.6.

#### 2.4.1.4. LEVANTAMIENTO DE PUNTOS DE CONTROL DEL PROYECTO

Para el control horizontal se utilizó el método diferencial o estático con GPS, la cual consiste en colocar un equipo GPS master (BASE), en el punto geodésico con coordenadas conocidas, y un rover móvil (RTK) estacionado en el punto de la cual queremos saber sus coordenadas.

Para este proyecto se utilizó como base el punto geodésico de Colquepata de orden C, ubicado en la plaza de dicha ciudad perteneciente al Instituto Geográfico Nacional del Perú (IGN)

**Figura 2. 2.** Estación base en la plaza del distrito de Colquepata



**Fuente:** Elaboración propia

A lo largo de la vía se han monumentado 6 puntos geodésicos de control del proyecto (GEO-1, GEO-2, GEO-3, GEO-4, GEO-5 Y GEO-6) tal como se aprecia en la Figura 2.2,

Los resultados después del post proceso (conversión de coordenadas UTM del sistema WGS 84 a coordenadas topográficas planas), se muestran en la Tabla 2.3, con las cuales se efectuarán los levantamientos topográficos y replanteos requeridos.

La tolerancia para errores relativos o posiciones de los puntos de control de georreferenciación o de proyecto será de 1/100 000. De orden “C” para la horizontal y de primer orden para la vertical  $e = \pm 5\sqrt{k}$  (k: en kilómetros)



**Tabla 2. 3**  
Puntos geodésicos finales

DESCRIPCION	ESTE	NORTE	COTA	OBSERVACION
GEO-1	208903.609	8523585.928	3365.012	margen derecho de la carretera CU112, al inicio de la vía emp. CU112-roquepata
GEO-2	209051.340	8523506.570	3387.727	margen izquierdo de la vía a unos 20 metros de la vía
GEO-3	211596.274	8523304.851	3560.928	margen izquierdo de la vía a unos 25 metros de la vía
GEO-4	211733.745	8523095.345	3538.609	margen derecho de la vía a unos 40 metros de la vía
GEO-5	213816.900	8524146.375	3658.059	margen derecho de la vía a unos 5 metros de la vía
GEO-6	213692.302	8524283.482	3671.560	margen derecho de la vía a unos 5 metros de la vía

**Fuente:** Elaboración propia.

## 2.4.2. TOPOGRAFIA

El levantamiento topográfico consiste en: determinar las coordenadas de los vértices del polígono de apoyo, obtención de red puntos de la franja a levantar y la determinación de las cotas de los BMs a través de una nivelación geométrica.

Los vértices del polígono de apoyo nos servirán como punto estación para obtener la red de puntos.

Las órdenes de control topográfico están asociadas a las necesidades y características propias de un determinado trabajo topográfico y sus aplicaciones, por lo que los distintos órdenes de control están en función de:

- a) La importancia de las obras.
- b) La extensión del área por levantar.
- c) La escala del plano que se desea dibujar.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones elaboro la siguiente tabla de tolerancias para diferentes trabajos que involucra la construcción de una carretera.



**Tabla 2. 4**

Tolerancias para de levantamientos topográficos, replanteos y estacado en construcción de carreteras.

FASE DE TRABAJO	TOLERANCIA	
	Horizontal	Vertical (mm)
Georreferenciación (GPS)	1:100 000	$\pm e = 5\sqrt{k}$
Puntos de control (TOPOGRAFICO)	1:10 000	$\pm e = 12\sqrt{k}$
Puntos del eje, (PC), (PT), puntos en curva referencias	1:5 000	$\pm 10$ mm
Otros puntos en eje	$\pm 50$ mm	$\pm 100$ mm
Sección transversal y estacas de talud	$\pm 50$ mm	$\pm 100$ mm
Alcantarillas, cunetas y estructuras menores	$\pm 50$ mm	$\pm 20$ mm
Muros de contención	$\pm 20$ mm	$\pm 10$ mm
Límites para rose y limpieza	$\pm 500$ mm	--
Estacas de subrasante	$\pm 50$ mm	$\pm 10$ mm
Estacas de rasante	$\pm 50$ mm	$\pm 10$ mm

K: distancia nivelada en metros

**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015, pág. 56)

#### 2.4.2.1. MEDICIÓN DE COORDENADAS DE LAS POLIGONALES DE APOYO

Este trabajo se realizó con estación total Topcon OS 105, para lo cual se usó 02 poligonales abiertas con control de cierre, a partir de una base de inicio con 02 puntos de Control del proyecto (GEO-1 y GEO-2) y una base de cierre similar al final de la poligonal (GEO-3 y GEO-4) para el primer polígono y para el segundo polígono se usó como base de inicio GEO-3 y GEO-4, y como base cierre GEO-5 y GEO-6. Por consiguiente, se ha trabajado en dos poligonales abiertas con control de cierre, cuya compensación de error lineal se realizó por el **método de la brújula**, los cálculos se exponen en el **Anexo TOP-01**, y los resultados en la Tabla 2.5.

A lo largo de la zona del proyecto tenemos 32 vértices de la poligonal de apoyo (V1, V2, ..., V31, V32) tal como se aprecian en las Figuras 2.4 y 2.5.

La tolerancia de cierre angular de cada poligonal abierto será de tercer orden:  $10'' \sqrt{n}$ , n= número de vértices de la poligonal, en lo que se refiere a la tolerancia de cierre lineal esta será de 1/10 000, la tolerancia con respecto a la vertical también es de tercer orden  $e = \pm 12\sqrt{k}$  milímetros (k: distancia nivelada en kilómetros).

La tabla 2.5 muestra las coordenadas de los vértices de la poligonal de apoyo, en la tabla 2.7 Se muestra las cotas de estos vértices.



**Tabla 2. 5**

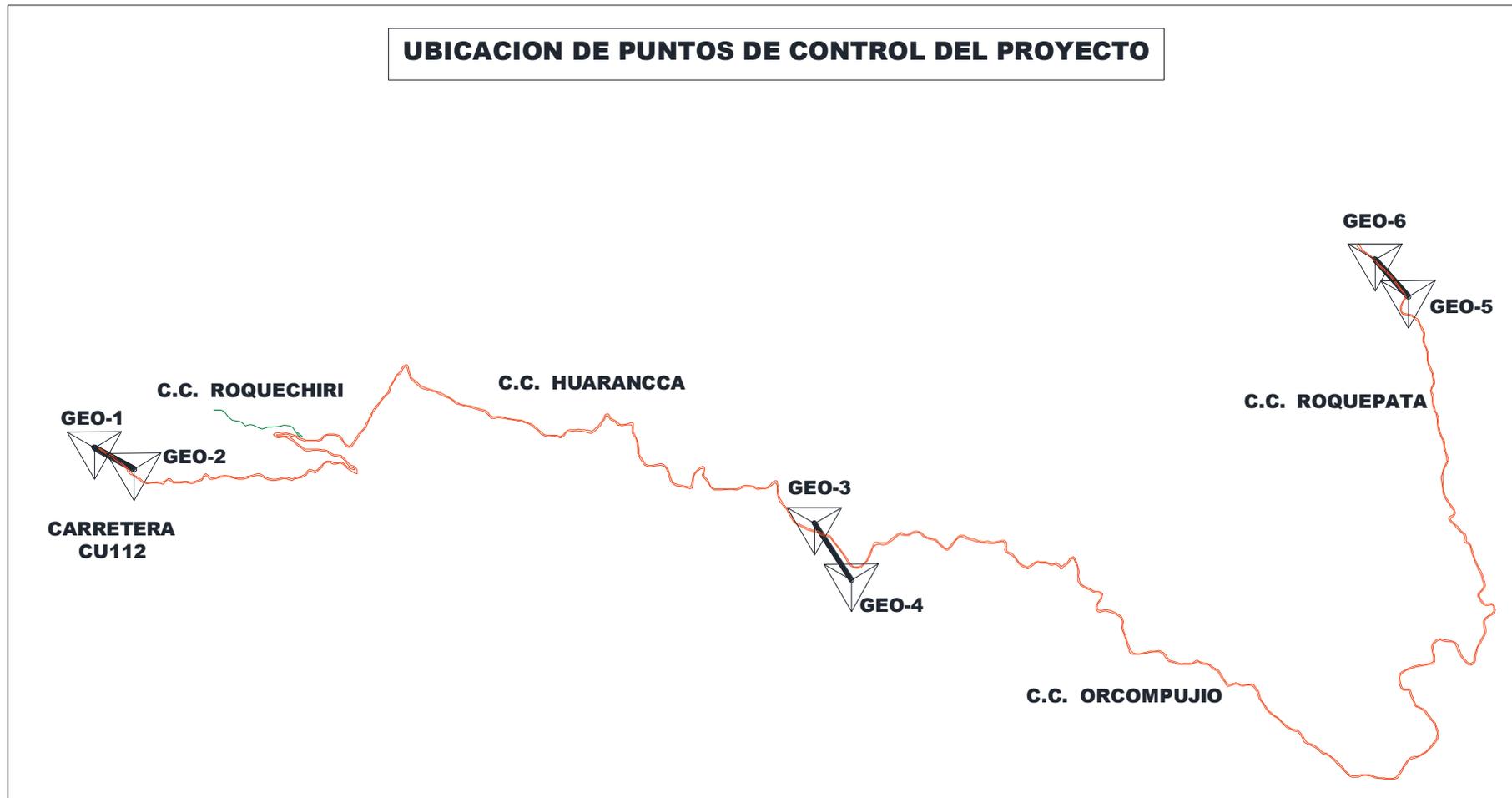
Coordenadas finales de los vértices de los polígonos de apoyo.

COORDENADAS CORREGIDAS					
CIRCUITO 01			CIRCUITO 02		
PUNTO	ESTE	NORTE	PUNTO	ESTE	NORTE
<b>GEO-2</b>	<b>209051.340</b>	<b>8523506.570</b>	<b>GEO-4</b>	<b>211733.745</b>	<b>8523095.345</b>
V-1	209158.640	8523450.013	V-20	212026.926	8523136.967
V-2	209259.022	8523452.883	V-21	212397.442	8523137.683
V-3	209340.390	8523476.573	V-22	212665.278	8522976.752
V-4	209451.408	8523483.354	V-23	212790.928	8522818.871
V-5	209583.504	8523465.636	V-24	213138.344	8522703.459
V-6	209724.220	8523517.083	V-25	213612.981	8522377.081
V-7	209649.043	8523540.967	V-26	213930.041	8522300.274
V-8	209709.893	8523650.201	V-27	214090.738	8522559.115
V-9	209858.960	8523588.022	V-28	214131.639	8522996.125
V-10	209954.059	8523738.560	V-29	213988.772	8523335.608
V-11	210008.983	8523797.438	V-30	213963.484	8523532.718
V-12	210019.158	8523728.538	V-31	213943.169	8523605.059
V-13	210402.706	8523696.263	V-32	213878.003	8524006.187
V-14	210597.878	8523628.368	<b>GEO-5</b>	<b>213816.900</b>	<b>8524146.375</b>
V-15	210767.283	8523643.420			
V-16	210862.041	8523671.248			
V-17	210945.030	8523563.433			
V-18	211134.420	8523433.867			
V-19	211308.954	8523430.663			
<b>GEO-3</b>	<b>211596.274</b>	<b>8523304.851</b>			

*Fuente:* Elaboración propia



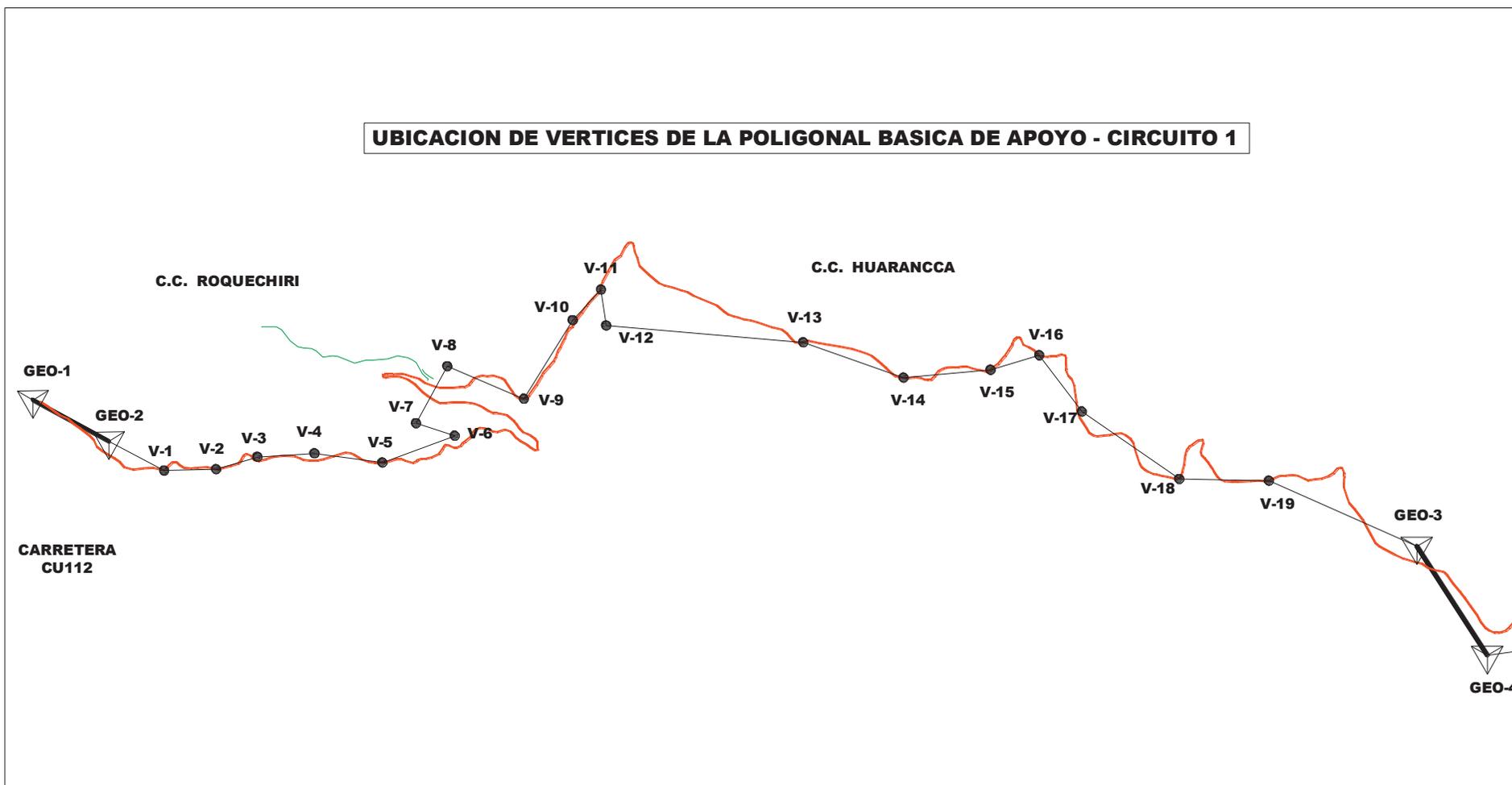
Figura 2. 3. Ubicación de pares de puntos de control del proyecto.



Fuente: elaboración propia



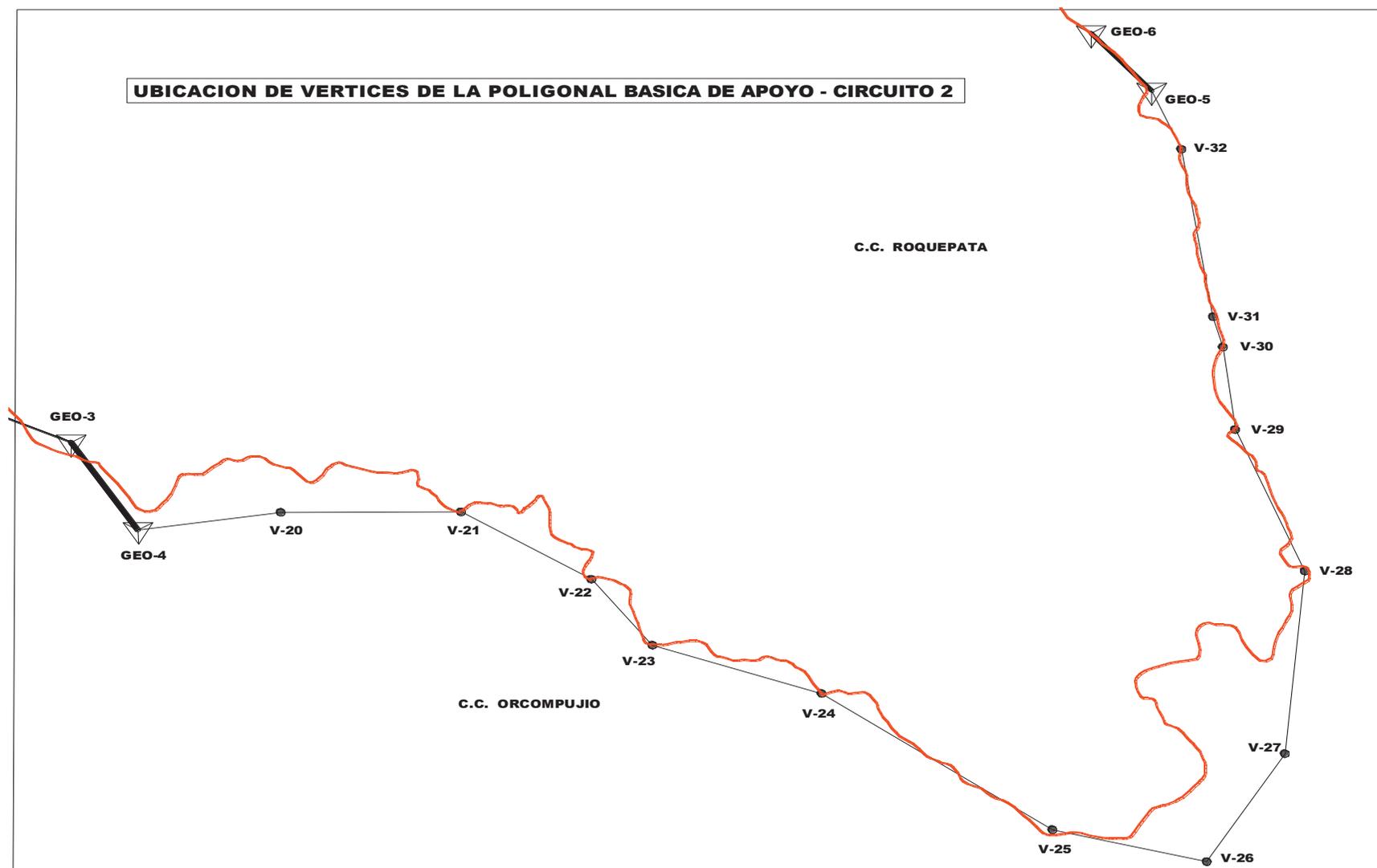
Figura 2. 4. Ubicación de vértices de la poligonal básica de apoyo del circuito 1



Fuente: elaboración propia



Figura 2. 5. Ubicación de vértices de la poligonal básica de apoyo del circuito 2



Fuente: elaboración propia



### 2.4.2.2. ALTIMÉTRICO, NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

Se colocaron BMs (Bench Mark) monumentados en lugares debidamente protegidos, fuera del alcance de los trabajos y referenciados a puntos inamovibles, tomando como referencia las cotas de los hitos del control del proyecto más cercano.

Las cotas de los BMs y de las poligonales de apoyo se nivelaron diferencialmente (nivelación geométrica) mediante circuitos cerrados de ida y vuelta cada 500 metros aproximadamente, con precisiones dentro de lo admisible, cuya tolerancia de cierre es de  $12\sqrt{k}$  milímetros (k: distancia nivelada en kilómetros), para tal fin se usó el nivel de ingeniero Topcon ATB4. los resultados obtenidos se aprecian en la Tabla 2.6, los cálculos realizados para obtener los resultados se muestran en el **Anexo TOP-02**.

**Tabla 2. 6**  
Cota de los BMs del proyecto

BENCH MARK	COTA
BM 1=GEO-1	3365.012
BM 2=V-1	3388.248
BM 3=V-4	3412.197
BM4	3438.728
BM5	3464.295
BM6=V-9	3478.168
BM 7=V-11	3495.589
BM 8=V-13	3522.239
BM 09=V-14	3535.535
BM 10=V-16	3549.118
BM 11=V-18	3549.590
BM 12	3547.253
BM13	3559.190
BM 14	3586.678
BM 15 = V-21	3611.215
BM16 = V-22	3623.838
BM 17 = V-23	3624.162
BM 18 = V-24	3627.435
BM 19	3646.301
BM20	3641.329
BM21	3635.359
BM 22 = V-28	3622.808
BM 23	3618.946
BM24	3613.637
BM25 = GEO-5	3658.059
BM26 = GEO-6	3671.560



**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 2. 7**

Cota de los vértices de los polígonos de apoyo del proyecto

CIRCUITO 01		CIRCUITO 02	
PUNTO	COTA	PUNTO	COTA
V-1	3388.248	V-20	3549.692
V-2	3393.902	V-21	3611.215
V-3	3402.921	V-22	3623.838
V-4	3412.197	V-23	3624.162
V-5	3417.630	V-24	3627.435
V-6	3436.048	V-25	3658.537
V-7	3448.258	V-26	3630.946
V-8	3481.461	V-27	3627.917
V-9	3478.168	V-28	3622.808
V-10	3491.016	V-29	3618.946
V-11	3495.589	V-30	3613.763
V-12	3473.253	V-31	3620.478
V-13	3522.239	V-32	3642.394
V-14	3535.535		
V-15	3541.499		
V-16	3549.118		
V-17	3553.597		
V-18	3549.590		
V-19	3546.942		

**Fuente:** Elaboración propia.

### 2.4.2.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Después de establecer todos los puntos de control planimétrico y altimétrico se procede con el levantamiento topográfico, para lo cual se ha definido el área a levantar, teniendo en cuenta el ancho suficiente para poder mover el eje de la vía, siendo el mínimo aceptable de 30 metros a cada lado del eje preliminar.

El levantamiento topográfico se realizó, haciendo uso de la estación total Topcon OS 105, mediante el método de radiación a partir de los vértices de las poligonales, cuyas coordenadas fueron obtenidos realizando cálculos, con las tolerancias indicadas en los ítems anteriores.

En este proceso se incluyeron todas las singularidades de la franja, quebradas mayores y menores, emplazamiento de estructuras, canteras, fuentes de agua, accesos e intersecciones, terrenos y viviendas afectadas, árboles, postes, cercos, canales, buzones, detalles urbanos, viviendas, etc



La faja de levantamiento topográfico abarca un ancho suficiente que permita proyectar las obras complementarias como: cunetas de coronación, zanjas de drenaje, bajadas de aliviaderos, obras de arte, con un ancho mínimo de 30 metros a cada lado del eje de vía existente.

**Figura 2. 6**

Trabajos realizados en campo



**Fuente:** Elaboración propia.

### 2.4.3. PROCESAMIENTO DE DATOS

Consiste en el procesamiento de la data topográfica recopilada, para lo cual se usó el software de topografía y diseño geométrico de carreteras AutoCad Civil 3D, el cual ha permitido la elaborar la representación gráfica del relieve del terreno, que nos permitirá hacer modificaciones del trazo existente y plantear el sistema de drenaje que requiere la carretera para su posterior elaboración de planos. ver plano topográfico.



## **CAPITULO III. INVENTARIO VIAL**



## CAPITULO III. INVENTARIO VIAL

### 3.1. GENERALIDADES

El inventario vial del tramo Emp. CU112 - Roquepata (km 0+000 al Km 9+665) se realizó recorriendo el tramo en estudio con la finalidad de verificar las características actuales de la vía, para ello se utilizó los formatos estandarizados, para Elaboración de Expedientes Técnicos de Mantenimiento y mejoramiento elaborado por PROVIAS DESCENTRALIZADO.

El inventario vial se ha registrado en los formatos estandarizados.

- ✚ Formato N° 01 : Datos Generales.
- ✚ Formato N° 02 : Topografía
- ✚ Formato N° 03 A – 03 B: Pavimentos
- ✚ Formato N° 04 : Canteras, Fuentes de agua, DME.
- ✚ Formato N° 05 : Drenaje y Obras de Arte
- ✚ Formato N° 06 : Plazoletas de cruce y señalización.

### 3.2. OBJETIVO DEL INVENTARIO

El inventario vial se desarrolla con el objetivo de:

- ✚ Identificar las características, condiciones, deficiencias técnicas y la funcionalidad de los elementos de la vía, para determinar las soluciones técnicas pertinentes.
- ✚ Determinar las características geométricas actuales de la vía para clasificarla y determinar la capacidad de servicio de la vía, la cual se podría mejorar o mantener.
- ✚ Tener información de los puntos críticos donde se requiera un mejoramiento del diseño geométrico o un cambio de la ruta (cortes).
- ✚ Tener información actualizada a cerca de la cantidad y las condiciones de servicio de las obras de drenaje (alcantarillas, badenes y cunetas)
- ✚ Tener información acerca de las propiedades, poblados y zonas que se encuentran dentro del derecho de vía de la carretera.

### 3.3. METODOLOGIA DE TRABAJO

#### 3.3.1. INFORMACION PRELIMINAR

Recopilación de la información vial para identificar la trayectoria de la carretera, su punto inicial, puntos fijos de control, puntos notables y punto final (teniendo como referencia el plano topográfico)

#### 3.3.2 TRABAJO DE CAMPO

El trabajo en campo consiste en:



- a) Ubicar en campo el punto de inicio, recorrer la trayectoria de la carretera, ubicar los puntos fijos de control, puntos notables y punto final.
- b) Recolección de información de los detalles y características de todas las obras existentes (elementos viales) a lo largo de la trayectoria del proyecto, para lo cual utilizamos los Formatos estandarizados elaborados por Provias Descentralizado.

### **3.3.3. TRABAJO DE GABINETE**

Consiste en la evaluación y análisis de datos obtenidos en campo para identificar las deficiencias técnicas que tiene los diferentes elementos viales (alineamientos horizontales, pendientes, la plataforma, la superficie de rodadura, obras de arte y drenaje, y otros), para luego dar solución técnica para elevar el estándar de vía, con un nivel servicio óptimo.

## **3.4. ELEMENTOS Y CARACTERÍSTICA DE LA VÍA**

### **3.4.1. CARACTERISTICAS, CONDICIONES, ANALISIS DE LAS DEFICIENCIAS TECNICAS Y FUNCIONALES DE LA PLATAFORMA.**

La plataforma actual tiene un ancho de 3.76m, que está conformada por la superficie de rodadura, cunetas de sección reducida en algunos tramos, no tiene bermas, y se encuentra en mal estado de conservación.

Para que la vía cumpla con un servicio óptimo, esta debe contar con una plataforma a nivel de subrasante capaz de alojar a la superficie de rodadura de 4.00m de ancho, más 0.50m a cada lado de la superficie de rodadura para la berma, adecuados a la manual de Diseño Geométrico de carreteras DG-2014 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, además de un espacio para las cunetas laterales, que en este caso deben ser de 1.00m de ancho, lo que demanda un ancho mínimo de plataforma en zonas de tangente de 6.45m, más el sobreaño en zonas de curva.

De lo expuesto se concluye que la deficiencia técnica encontrada en la plataforma es su ancho insuficiente y que adolece de bermas y cunetas laterales, siendo en consecuencia deficiente su funcionamiento.

### **3.4.2. CARACTERISTICAS, CONDICIONES, ANALISIS DE LAS DEFICIENCIAS TECNICAS Y FUNCIONALES DE LA SUPERFICIE DE RODADURA.**

La superficie de rodadura es de terreno natural compactado sin afirmar de 3.5m de ancho promedio, en mal estado de conservación, de superficie irregular, con presencia baches, y con



pendientes de bombeo inferiores a las mínimas exigidas, que ha permitido que las aguas de lluvias discurran en forma indiscriminada y lo erosionen.

Al respecto, para que la vía existente cumpla con un servicio óptimo, esta debe contar con una capa de afirmado que funcione como superficie de rodadura de 4.00m de ancho mínimo.

### 3.4.3. CARACTERISTICAS, CONDICIONES Y ANALISIS DE LAS DEFICIENCIAS TECNICAS Y FUNCIONALES DE LA GEOMETRIA VIAL.

A continuación, se describen las características geométricas de la vía, que advierte una condición de funcionamiento deficiente.

#### 3.4.3.1. ALINEAMIENTO Y PERFIL LONGITUDINAL

**Tramo 01: km 00 al km 3.00**, se ubica en los terrenos de las comunidades de Roquechiri y Huaranca, su alineamiento horizontal, es de recorrido muy sinuoso, con 74 curvas circulares: 02 curvas de volteo de 6m de radio y 72 curvas con radios que varían de 8 a 100m, haciendo un promedio de 25 curvas por kilómetro. El sector más crítico es el ascenso mediante desarrollos entre km 01+000 al km 01+500, en el que se tiene que superar 2 curvas de volteo sobre la misma ladera, con obstrucciones a la visibilidad. Su alineamiento vertical se desarrolla en ascenso, de pendiente pronunciada 5.95% en promedio, el sector más crítico está en la progresiva 0+485, donde se tiene una pendiente de 9.38% en 100m; en resumen, este tramo 1 es el más crítico de todo el camino vecinal.

**Tramo 02: km 3.00 al km 4.06**, ubicado en los terrenos de la comunidad de Huaranca, su alineamiento horizontal, es de recorrido muy sinuoso con 24 curvas circulares cuyos radios varían de 8 a 180m, haciendo un promedio de 23 curvas circulares por cada kilómetro, se tiene 5 curvas críticas: una de 8m de radio, 3 de 9m y una de 10m. Su alineamiento vertical se desarrolla con pendientes moderadas, 0.5% a 2%, no se advierte un sector con pendiente pronunciada.

**Tramo 03: km 4.06 al km 6.90**, ubicado en los terrenos de las comunidades de Huaranca, Orconpujio, su alineamiento horizontal, es de recorrido muy sinuoso con 66 curvas circulares cuyos radios varían de 8 a 150m, haciendo un promedio de 23 curvas circulares por cada kilómetro, se tiene 5 curvas críticas: una de 8m de radio, una de 9m y tres de 10m. Su alineamiento vertical se desarrolla en ascenso, con pendientes pronunciadas 3.74% en promedio, el sector más crítico está en la progresiva 5+315 donde se tiene una pendiente de 10.46% en 55m.



**Tramo 04: km 6.90 al km 8.84**, se ubica en los terrenos de las comunidades de Orconpujio y Roquepata, su alineamiento horizontal, es de recorrido sinuoso con 34 curvas circulares cuyos radios varían de 9 a 150m, haciendo un promedio de 18 curvas circulares por cada kilómetro, se tiene 2 curvas críticas: una de 8m de radio y otra de 9m. Su alineamiento vertical se desarrolla en descenso con pendiente moderadas, de -2.03% en promedio, no se tiene un sector crítico.

**Tramo 8.84: km 8.84 al km 9.876**, ubicado en los terrenos de la comunidad de Roquepata, su alineamiento horizontal, es de recorrido muy sinuoso con 20 curvas circulares cuyos radios varían de 15 a 120m, haciendo un promedio de 21 curvas circulares por cada kilómetro, no se tiene curvas críticas. Su alineamiento vertical se desarrolla en ascenso, con pendientes pronunciadas, 6.63% en promedio, el sector más crítico está en la progresiva 9+418 donde se tiene una pendiente de 12.33% en 50m.

En conclusión, el camino vecinal presenta limitaciones técnicas en su geometría, que hacen deficiente e inseguro su condición de funcionamiento, por contar:

- ✚ Con una excesiva cantidad de curvas (22 por cada kilómetro – promedio), y contrariamente con tramos muy cortos en tangente.
- ✚ Con zonas críticas cuyas curvas tienen radios de 6m, agravadas algunas por ser curvas de volteo y alineamientos reversos abruptos.
- ✚ Con pendientes verticales pronunciadas (5.95% en promedio)
- ✚ Con zonas críticas donde las pendientes son mayores de 10% excepcionalmente alcanzan hasta 12.33%.

#### **3.4.4. CARACTERISTICAS, CONDICIONES Y ANALISIS DE LAS DEFICIENCIAS TECNICAS Y FUNCIONALES DE PLAZOLETAS DE CRUCE.**

No cuenta con plazoletas de cruce, por lo planteamos en el presente proyecto, habilitar una plazoleta de cruce por cada 500m aproximadamente.

#### **3.4.5. CARACTERISTICAS, CONDICIONES Y ANALISIS DE LAS DEFICIENCIAS TECNICAS Y FUNCIONALES DE LAS SEÑALIZACIONES.**

De acuerdo con el inventario realizada, el tramo en estudio no cuenta ni con una señal (preventiva, informativa y reguladora)



### 3.4.6. CARACTERISTICAS, CONDICIONES Y ANALISIS DE LAS DEFICIENCIAS TECNICAS Y FUNCIONALES DE LAS OBRAS DE ARTE Y DRENAJE.

La vía existente cuenta con un mínimo de obras de drenaje, que no cubren ni el 10% del requerimiento mínimo, la mayoría de ellas se encuentra en mal estado y requieren ser remplazadas.

#### 3.4.6.1. *BADENES EXISTENTES.*

Ubicadas en las zonas de cruce de las quebradas, solo se cuenta con tres badenes en mal estado de conservación.

##### **Baden existente 01: km 06+670**

Su estructura principal es una losa de concreto simple de 7m de largo, 3m de ancho y 0.12m de espesor, se encuentra colapsada, por la erosión severa de la superficie de rodadura y por las fisuras considerables que presenta, al estar ubicada en una quebrada pequeña sin presencia de agua, que se activa solamente cuando llueve, requiere ser remplazada por una alcantarilla.

##### **Baden existente 02: km 08+582**

Su estructura principal es una losa de concreto simple de 8.5m de largo, 6m de ancho y 0.2m de espesor, se encuentra colapsada, por la erosión severa de la superficie de rodadura y por las fisuras considerables que presenta, está ubicada en una pequeña quebrada con presencia de agua, que tiene un caudal de 5 litros/s. Que crece con las precipitaciones pluviales, requiere ser remplazada por una alcantarilla.

Aguas debajo de la losa, se cuenta además con un canal de salida tipo gradas de concreto ciclópeo, de 4 pasos, que se encuentra en mal estado de conservación. Esta estructura se utiliza para proteger el talud adyacente y dispar la energía del agua.

##### **Baden existente 03: km 08+693**

Su estructura principal es una losa de concreto simple de 8.0m de largo, 3.5m de ancho y 0.2m de espesor, que se encuentra colapsada, por la erosión severa de la superficie de rodadura y por las fisuras considerables que presenta, está ubicada en una pequeña quebrada con presencia de agua, que tiene un caudal de 5 litros/s. Que crece con las precipitaciones pluviales, requiere ser remplazada por un Baden nuevo.

#### 3.4.6.2. *ALCANTARILLAS EXISTENTES.*

##### **Alcantarilla existente 1 km 7+625.**



Su estructura principal es un canal de concreto simple con losa de concreto armado, de 6.0m de largo, 1m de ancho y 0.80m de altura, que se encuentra mal estado de conservación, está ubicada en una pequeña quebrada con presencia de agua, que tiene un caudal de 5 litros/s. Que crece con las precipitaciones pluviales, requiere ser remplazado, la superficie de rodadura requiere ser elevada a fin de evitar el daño de la alcantarilla.

#### **Alcantarilla existente 2 km 8+356.50.**

Su estructura principal es un canal de piedras con losa de palos (tajea), de 6.0m de largo, 1m de ancho y 0.80m de altura, que se encuentra en mal estado de conservación, está ubicada en una pequeña quebrada con presencia de agua, que tiene un caudal de 4 litros/s. Que crece con las precipitaciones pluviales, requiere limpieza y mantenimiento, la superficie de rodadura requiere ser remplazada por una alcantarilla.

**Tabla 3. 1**

Inventario de obras Existentes (badenes y alcantarillas).

DESCRIPCION	PROG. KM	NOMBRE SECTOR	CARACTERISTICAS DE LA OBRA		TIPO DE MATERIAL	OBSERVACIONES
			LARGO	ANCHO		
BADEN 1	6+670	S/N	7.00	3.00	Cº SIMPLE	BADEN COLAPSADO REQUIERE CONSTRUIR ALCANTARILLA NUEVA
BADEN 2	8+582	S/N	8.50	6.00	Cº SIMPLE Y CICLOPEO EN EL DISIPADOR	BADEN COLAPSADO REQUIERE CONSTRUIR ALCANTARILLA NUEVA
BADEN 3	8+693	QDA ROQUEPATA	8.00	3.50	Cº SIMPLE	BADEN COLAPSADO REQUIERE CONSTRUIR ALCANTARILLA NUEVA
ALCANTAR. 1	7+625	S/N	6.00	1.00X0.80	Cº Ciclópeo	MAL ESTADO REQUIERE REPLAZO
ALCANTAR. 2	8+356.5	S/N	6.00	1.00X0.80	PIEDRA Y PALOS	MAL ESTADO REQUIERE REPLAZO

*Fuente:* elaboración propia

#### **3.4.6.3. ALIVIADEROS.**

La vía no cuenta con estas obras de drenaje, lo que ocasiona que las aguas de las alcantarillas que desfogan erosionen la debilitando la cimentación, por lo que se propone construir aliviaderos en la salida de todas las alcantarillas y badenes

#### **3.4.6.4. CUNETAS LATERALES.**

Existe escasa cantidad de cunetas laterales de sección mínima  $a=0.30m$ , que están obstruidas debido a la colmatación de materiales de arrastre y de derrumbes.



#### 3.4.6.5. CUNETAS (ZANJAS) DE CORONACIÓN.

El camino vecinal no cuenta con cunetas de coronación lo que hace que en época de lluvias las aguas que discurren en algunos tramos de los taludes que están por encima de la carretera, saturan el suelo y se produzcan derrumbes a la plataforma restringiendo el tránsito.

### 3.5 CONCLUSION

#### 3.5.1. PLANTEAMIENTO TECNICO

El planteamiento técnico tiene como finalidad mejorar la vía actual, con un nivel de servicio óptimo, para lo cual se plantea; Mejoramiento del camino vecinal a nivel de afirmado con un espesor de  $e=0.15m$  en todo el tramo, que consiste en:

- a) Mejoramiento del alineamiento vertical y horizontal, ensanche de plataforma como las bermas adecuándose al manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2004 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, y tratamiento de puntos críticos: para lo cual será necesario ejecutar trabajos e explanaciones con maquinaria pesada
- b) Afirmado con material granular de cantera a lo largo de toda la vía (9.665 km), con un espesor de 0.15m y un ancho de 5.00m en tangentes y más el sobreebancho en zonas de curva, así como en las plazoletas de cruce.
- c) Construcción de obras de drenaje
  - ✚ 05 badenes:
  - ✚ 42 alcantarillas 23 de alivio y 19 de paso, de tubería metálica corrugadas TMC. Protegidas con cabezales de concreto armado, y aliviaderos de entrada y salida.
  - ✚ cunetas laterales de superficie de tierra sin revestir, de sección triangular, por el lado de corte.
  - ✚ zanjias de coronación de superficie de tierra de sección trapezoidal.
  - ✚ Construcción de aliviaderos en la salida de alcantarillas y badenes
- d) Restauración de canteras, campamentos y botaderos, se realizarán trabajos necesarios para mitigar los efectos negativos ambientales.
- e) Señalización se construirán 45 señales preventivas, 7 señales reglamentarias, 5 señales informativas y 10 hitos kilométricos.



## **CAPITULO IV. ESTUDIO DEL TRANSITO**



## CAPITULO IV ESTUDIO DEL TRANSITO

### 4.1. GENERALIDADES

El estudio de tránsito es requisito indispensable para una inteligente evaluación del problema vial, es por ello por lo que se le debe dar la importancia que merece, en efecto no debe procederse a efectuar ningún estudio si la situación actual no ha demostrado su necesidad de lo contrario, lo único que se consigue es desperdiciar los escasos recursos económicos existentes que podrían haber sido empleados en otros proyectos técnicamente bien planificados y priorizados.

Para la determinación del Índice Medio Diario Anual y el cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes a 18 000 libras=8.2 toneladas (ESAL de diseño) producto final del estudio de tránsito, es necesario contar con la información primaria que constituye los aforos vehiculares en la carretera en estudio, para luego efectuar trabajos de gabinete y llevar a cabo el análisis de los resultados obtenidos, por tanto, como requisito mínimo para la elaboración del estudio se pasan por las siguientes etapas:

- ✚ Identificación de tramos homogéneos, (estaciones de conteo)
- ✚ Recopilación de la información en campo (aforos vehiculares).
- ✚ Procesamiento de la información obtenida en campo.

### 4.2. OBJETIVOS

El Estudio de Tránsito Vehicular tiene por objetivo; cuantificar, clasificar por tipos de vehículos, conocer el volumen diario de los vehículos que transitan por la carretera y el cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes a 18 000 libras=8.2 toneladas (ESAL de diseño) durando el periodo de diseño de la carretera; todo esto para determinar las características de diseño geométrico de la vía y el diseño estructural de la capa de afirmado.

### 4.3. CLASIFICACIÓN VEHICULAR DE ACUERDO EL PESO

Según el ministerio de transportes y comunicaciones (MTC) los vehículos según a su peso se clasifican de la siguiente manera.

#### 4.3.6. VEHICULOS LIGEROS

Conforme al Reglamento Nacional de Vehículos, se consideran como vehículos ligeros aquellos correspondientes a las categorías L (vehículos automotores con menos de cuatro ruedas) y M1 (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros con ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras, Diseño Geométrico DG-2014, 2016, pág. 31),



#### 4.3.7. VEHICULOS PESADOS

Serán considerados como vehículos pesados, los pertenecientes a las categorías M (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros, excepto la M1), N (vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y construidos para el transporte de mercancías), O (remolques y semirremolques) y S (combinaciones especiales de los M, N y O)” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras, Diseño Geometrico DG-2014, 2016, pág. 31)

### 4.4. AFORO VEHICULAR

#### 4.4.1. IDENTIFICACION DE TRAMOS HOMOGENIOS

Para Identificar la homogeneidad del tramo se realizó un recorrido a todo lo largo de la ruta desde el empalme a la carretera CU112 hasta la comunidad de Roquepata, determinando que la vía es homogénea, en toda su longitud.

#### 4.4.2. UBICACIÓN DE ESTACION DE CONTEO

El punto más estratégico para realizar el conteo de tránsito para fines del presente estudio es la estación E1 que se ubica en la intersección con la carretera departamental CU112 (Colquepata – Paucartambo), en el kilómetro 0+000, tal como se observa en la figura 4.1.

#### 4.4.3. CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

El conteo vehicular se hizo desde la estación E1 haciendo uso el formato para aforos vehiculares de Provias Descentralizado, el conteo y clasificación vehicular se realizó durante (7) siete días consecutivos las 24 horas del día, desde el domingo 8 al sábado 14 de octubre del 2017, obteniendo de esta forma un Promedio diario de la semana 28 veh. /día, en el **Anexo TRA-01** se muestra los formatos de campo, utilizados para los Estudios de Conteo y clasificación vehicular.



Figura 4. 1. Ubicación de la estación de conteo E1, Km 0+000



Fuente: elaboración propia



#### 4.4.4. RESULTADOS OBTENIDOS DEL AFORO VEHICULAR

En la estación E1, correspondiente a la estación ubicada en la intersección con la carretera departamental CU112 (Colquepata – Paucartambo), se ha contabilizado el tránsito de vehículos en un numero de 194 unidades durante una semana, dando un promedio diario de 28 vehículos. Observándose un pico marcado como máximo de tránsito vehicular de 35 vehículos los días domingos, esto por la feria dominical que se lleva en la capital del distrito, los vehículos ligeros representan 67 % de total de vehículos que transitan en la vía del proyecto, más resultados se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 4. 1**

Volumen del tráfico por día y tipo de vehículo: estación de conteo E1.

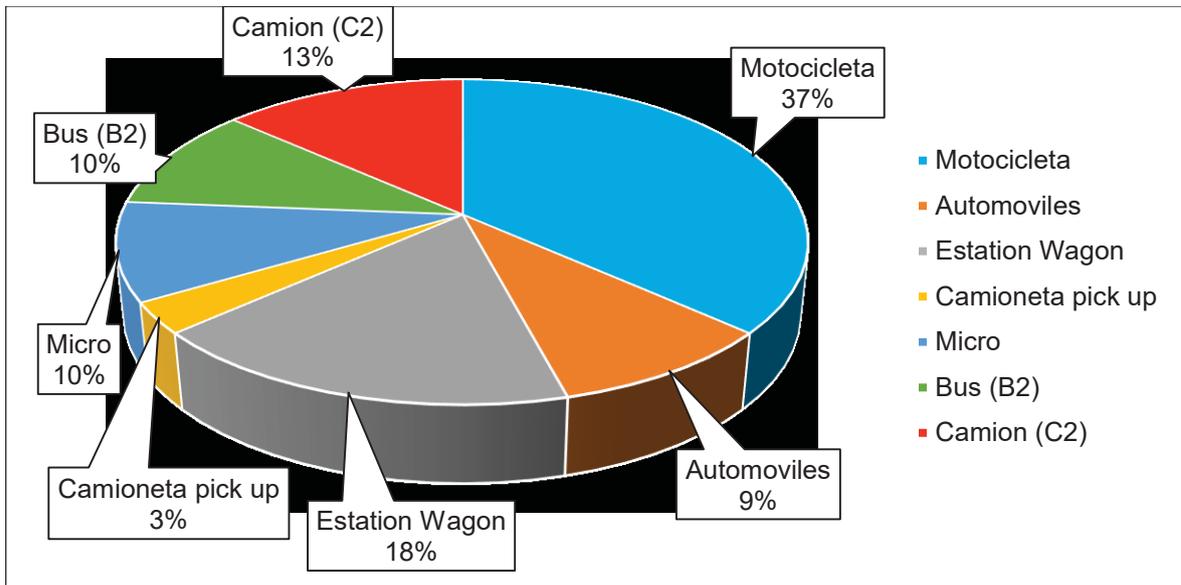
CLASIFICACION VEHICULAR		DIA						
		LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
VEHICULOS LIGEROS	<b>CATEGORIA L</b>							
	Motocicleta	11	10	11	9	9	7	14
	<b>CATEGORIA M</b>							
	Automóviles	3	1	2	4	4	2	2
	Estation Wagon	5	5	5	4	4	4	7
	Camioneta pick up	0	2	0	0	2	0	2
VEHICULOS PESADOS	Micro	2	2	2	4	2	3	4
	Bus (B2)	4	4	4	4	4	0	0
	<b>CATEGORIA N</b>							
	Camión (C2)	0	4	4	6	2	4	6
Vehículos Ligeros		19	18	18	17	19	13	25
Vehículos pesados		6	10	10	14	8	7	10
<b>TOTAL</b>		194 vehículos						

CLASIFICACION VEHICULAR		TOTAL	% DE PREFERENCIA	Vol. Total semanal	TPDS
VEHICULOS LIGEROS	CATEGORIA L			129 veh. - 67%	28 veh/día
	Motocicleta	71	37%		
	CATEGORIA M				
	Automóviles	18	9%		
	Estation Wagon	34	18%		
	Camioneta pick up	6	3%		
VEHICULOS PESADOS	Micro	19	10%	65 veh. - 33%	
	Bus (B2)	20	10%		
	CATEGORIA N				
	Camión (C2)	26	13%		

*Fuente:* Elaboración propia.

#### 4.4.4.1. CLASIFICACIÓN VEHICULAR PROMEDIO

Figura 4. 2. Clasificación vehicular en porcentajes de preferencia, estación de conteo E1.



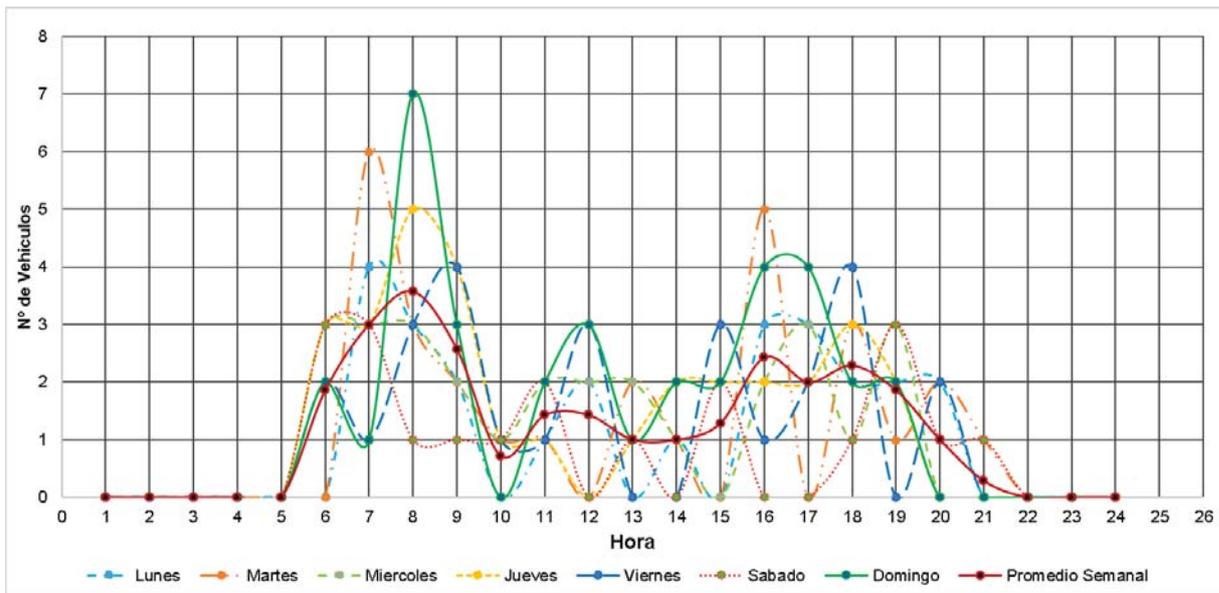
Fuente: elaboración propia

#### 4.4.4.2. ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN HORARIA

El mayor volumen de tránsito se presenta los domingos de 7.00 – 8.00, con 7 vehículos.

La figura 4.3, contienen las curvas de variación diaria y horaria que transitan los vehículos registrados en la estación de conteo E1.

Figura 4. 3. Variación horaria del flujo del tránsito estación de conteo E1.



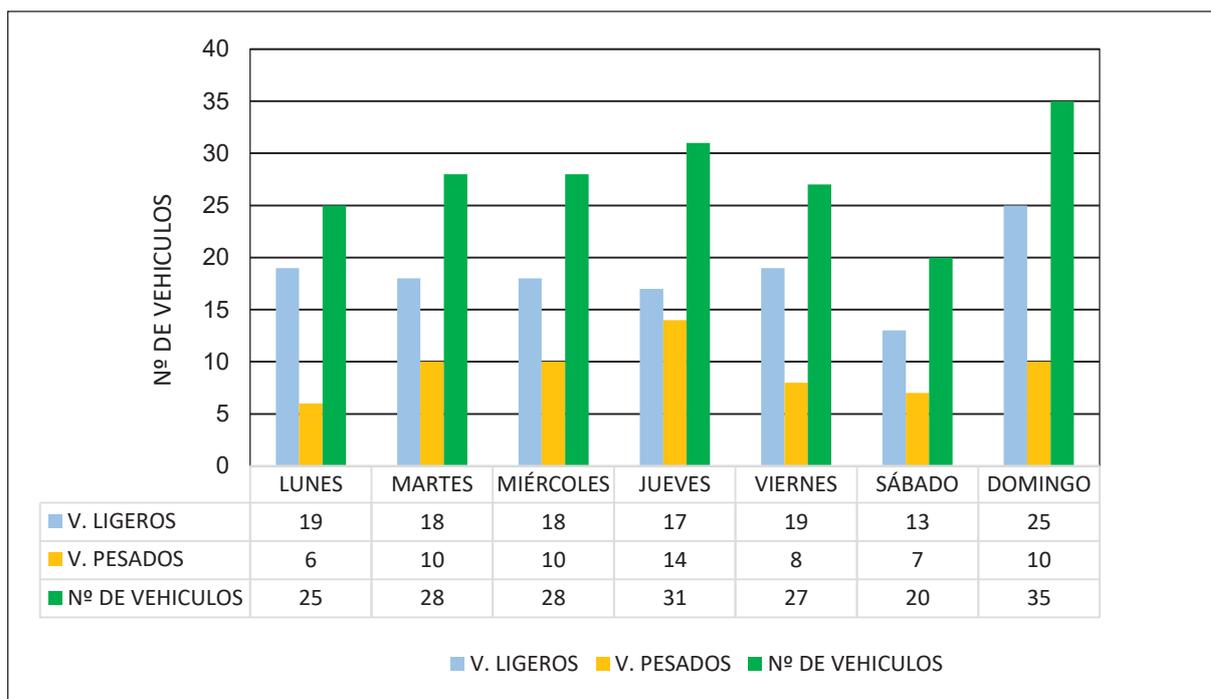
Fuente: Elaboración propia



#### 4.4.4.3. ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DIARIA

De acuerdo a los resultados de conteo vehicular el mayor volumen de tránsito se presentan los domingos y los jueves con 35 y 31 vehículos por día respectivamente, y el día de menor volumen de tránsito son los días sábados con 20 vehículos, los resultados se muestran en figura 4.4.

Figura 4. 4. Variación diaria del tránsito estación conteo E1.



Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.5. INDICE MEDIO DIARIO SEMANAL (IMDs)

El promedio de tráfico diario semanal o Índice Medio Diario Semanal (IMDs), se obtiene a partir del volumen diario, aplicando la siguiente fórmula.

$$IMDs = (\sum Vi + Vs + Vd) / 7$$

Donde:

Vi = Volumen clasificado día laboral (lunes, martes, miércoles, jueves, viernes)

Vnl = Volumen clasificado días no laborables (día sábado (Vs), domingo (Vd),

#### 4.4.6. FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIONAL

Los volúmenes de tránsito varían cada mes dependiendo de las épocas de cosecha, lluvias, estaciones del año, festividades, vacaciones, etc.; siendo necesario por ello, para obtener el Índice Medio Diario Anual (IMDA), hacer uso de un factor de corrección.



El factor de corrección estacional se determina a partir de una serie anual de tráfico registrada por una unidad de Peaje, con la finalidad de hacer una corrección o para eliminar las diversas fluctuaciones del volumen de tránsito que se producen durante el año.

Para el cálculo del factor de corrección estacional (FCE), se obtuvo de la información proporcionada por Provias Nacional – Gerencia de Operaciones Zonales del año 2017, de la Unidad de Peaje de Saylla, ubicada en la carretera Cusco-Puno, km 1064+300 RN-03S

Se toma como referencia esta estación de peaje, porque corresponde a una ruta más cercana a la de estudio.

El factor de corrección promedio obtenido correspondiente para el mes de octubre en el período 2012 – 2016, para Ligeros: 0.983008 y Pesados: 0.960734, **Ver Anexo TRA-02.**

**Tabla 4. 2**

Factor de corrección estacional, Estación de Peaje Saylla

OCTUBRE	AÑO	FACTOR DE CORRECCION	
		LIGEROS	PESADOS
FACTOR DE CORRECCION	2012-2016	0.983008	0.960734

*Fuente:* Elaboración propia

Información base: Provias Nacional

#### 4.4.7. INDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDa)

El Índice Medio Diario Anual (IMDa), representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía.

Los valores de IMDA para tramos específicos de carretera, proporcionan al proyectista, la información necesaria para determinar las características de diseño de la carretera, su clasificación y desarrollar los programas de mejoras y mantenimiento. Los valores vehículo/día son importantes para evaluar los programas de seguridad y medir el servicio proporcionado por el transporte en carretera. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras, Diseño Geometrico DG-2014, 2016, pág. 99).

En carreteras que no es posible realizar el aforo todo el año, el IMDA se obtiene de multiplicando el Índice Medio Diario Semanal (IMDs) por el factor de corrección según el mes que se efectuó el aforo vehicular. (FCE).

$$IMDA = IMDs * FCE$$

Donde:

IMDs = promedio de tráfico diario semanal



FCE = Factor de corrección estacional según al mes en que se efectuó el aforo.

**Tabla 4. 3**  
Índice Medio Diario Anual

TIPO	VEHICULO	IMDs	FACTOR DE CORRECCION ESTACIONAL (OCTUBRE)		IMDA
			AMBOS SENTIDOS	LIGEROS	
VEHICULOS LIGEROS	Motocicleta	10.1	0.983008		10
	Automóviles	2.6	0.983008		3
	Estacion Wagon	4.9	0.983008		5
	Camioneta pick up	0.9	0.983008		1
VEHICULOS PESADOS	Micro	2.7		0.960734	3
	Bus (B2)	2.9		0.960734	3
	Camión (C2)	3.7		0.960734	4
<b>TOTAL</b>		<b>28 VEH./DIA</b>			<b>28 VEH./DIA</b>

*Fuente:* Elaboración propia

## 4.5. PROYECCIÓN DEL TRANSITO

### 4.5.1. METODOLOGIA

Existen dos procedimientos que son utilizados para proyectar el tráfico normal en vías de características similares a la carretera en estudio.

- ✚ Con información histórica de los Índices Medios Diarios Anuales (IMDA) del tráfico existente en la carretera en estudio.
- ✚ Con indicadores macroeconómicos, expresados en tasas de crecimiento y otros parámetros relacionados que permiten determinar las tasas de crecimiento del tráfico.

Respecto del primer procedimiento, no existe información estadística del tráfico referente a data histórica de varios años de la carretera. Por esta razón, para las proyecciones de tráfico se utiliza el segundo procedimiento que es el método de aplicación de tasas de generación de viajes en función a las tasas de crecimiento de las variables Macroeconómicas, normalmente se asocia la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de pasajeros con la tasa anual de crecimiento poblacional; y la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de carga con la tasa anual del crecimiento de la economía expresada como el cómo el Producto Bruto Interno (PIB), ambos índices de crecimiento correspondientes a la región, ya que las regiones cuentan con datos estadísticos de estas tendencias normalmente las tasas de crecimiento del tráfico varían



entre 2% y 6% (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de carreteras suelos, geotecnia y pavimentos seccion suelos y pavimentos, 2014, pág. 63).

Según (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de carreteras suelos, geotecnia y pavimentos seccion suelos y pavimentos, 2014) “El crecimiento del tránsito se puede calcular utilizando una fórmula de progresión geométrica por separado para el componente del tránsito de vehículos de pasajeros y para el componente del tránsito de vehículos de carga”. (Pág. 63).

$$T_n = T_o (1 + r)^{n-1}$$

Donde: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras, Diseño Geometrico DG-2014, 2016)

$T_n$ = Tránsito proyectado para el año “n” en veh/día

$T_o$ = Tránsito actual (año base 0) en veh/día

n= Número de años del periodo de diseño

r= Tasa anual de crecimiento de tránsito.

La tasa de crecimiento del tránsito está en función a indicadores macroeconómicos explicadas en los párrafos anteriores.

En las siguientes tablas se muestran los indicadores macroeconómicos para el departamento de cusco.

**Tabla 4. 4**

Tasa de crecimiento de la población departamento cusco

Departamento	1995 - 2000	2000 - 2005	2005 - 2010	2010 - 2015	2015 - 2017
Cusco	1.2	1.2	1.1	1.0	1.1
Tasa de crecimiento poblacional promedio = 1.12					

*Fuente:* Instituto Nacional de Estadística e Informática

**Tabla 4. 5**

Tasa de crecimiento anual del PIB departamento de cusco

Actividades	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013P/	2014P/	2015E/	2016E/
Valor PBI	...	6.9	16.9	13.0	12.8	1.9	16.9	0.1	1.7	3.6
Tasa anual de crecimiento de PIB promedio = 8.19										

*Fuente:* Instituto Nacional de Estadística e Informática.

La tasa de crecimiento anual del PBI y la tasa de crecimiento poblacional se muestra con más detalle en el **Anexo TRA-03**.



#### 4.5.2. PERIODO DE DISEÑO

El periodo de diseño es el tiempo elegido al iniciar el diseño, para el cual se determinan las características del pavimento, evaluando su comportamiento con el fin de satisfacerlas exigencias del servicio durante el periodo de diseño elegido a un costo razonable.

Generalmente el periodo de diseño será mayor al de la vida útil del pavimento, porque incluye en el análisis al menos una rehabilitación o mantenimiento. Los periodos de diseño recomendados por la AASHTO se muestran en la tabla 4.6.

**Tabla 4. 6**

Periodos de diseño en carreteras

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)
Urbano de transito elevado	30 – 50
Interurbano de transito elevado	20 – 50
Pavimentada de baja intensidad de transito	15 – 25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10 – 20

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

Nuestro proyecto se trata de una carretera de baja intensidad de tránsito, con revestimiento superior con grava, por lo cual, su periodo de diseño será de 10 años que es un periodo cómodo para el tipo de carretera.

#### 4.5.3. TRANSITO PROYECTADO

En cuanto al tipo de tránsito proyectado, se ha identificado el tránsito normal y generado, este último por efecto de mejoramiento de la carretera, el tránsito se proyecta al año 2030.

**Tránsito normal.** - Él tránsito normal es el que corresponden al volumen y clasificación vehicular de los Conteos efectuados.

La proyección del tráfico normal, tanto de carga como de pasajeros, para el horizonte de análisis (10 años), se obtuvo aplicando las tasas de crecimiento correspondientes al IMD por tipo de vehículo del año base (2017). Los resultados de la proyección del tráfico normal por periodos (quinquenios) y por tipo de vehículo se muestran en la Tabla 4.7.

**Tránsito Desviado.** - De acuerdo al reconocimiento de la carretera, no se identificado ninguna ruta alterna, que podría dar origen a un tránsito desviado, debido que no se presenta vía alterna

**Tráfico Generado.** - El tráfico generado o inducido corresponde a aquel que no existe en la situación sin proyecto, pero que aparecerá como consecuencia de la mejora de las



condiciones de transitabilidad de la infraestructura. se considera que el tráfico generado sería consecuencia de un mayor intercambio comercial, menor tiempo de viaje y distancia de recorrido entre principales poblaciones del área de influencia directa e indirecta.

Para el cálculo del tráfico generado, se considerarán los siguientes criterios y supuestos: Se considera como tráfico generado un 15% para vehículos de pasajeros; y 20% para vehículos de carga, con respecto al tráfico normal, porque es una vía que está en crecimiento, además el entorno de comunidades comprendidos en el área de influencia del proyecto cuenta con tierras aptas para la agricultura que pueden incrementarse en el futuro, de mejorarse la accesibilidad vial. Los porcentajes asumidos, responden a resultados observados en otras carreteras de la región y similares a nivel del país, que han sido rehabilitadas o mejoradas por el sector, y cuyos impactos se reflejan en el incremento del tráfico y de la actividad económica local, Los resultados de la proyección del tráfico total por períodos (quinquenios) y por tipo de vehículo se muestran en la tabla 4.8.

**Tráfico total.** - El tráfico total es la suma del tráfico normal, desviado y generado respectivamente. Los resultados de la proyección del tráfico total por períodos (quinquenios) y por tipo de vehículo se muestran en la tabla 4.9.

**Tabla 4. 7**

Proyección del tránsito, transito normal

AÑOS	VEHICULOS LIGEROS:				VEHICULOS PESADOS			TOTAL IMDA
	TASA DE CRECIMIENTO		1.12%		TASA DE CRECIMIENTO		8.19%	
	Motocicleta	Automóviles	Estacion Wagon	Camioneta pick up	Micro	Bus (B2)	Camión (C2)	
2017	10	3	5	1	3	3	4	29
2020	10	3	5	1	4	4	5	31
2025	11	3	5	1	5	5	6	36
2030	11	3	6	1	7	7	9	43

**Fuente:** Elaboración propia



**Tabla 4. 8**

Proyección del tránsito, transito generado

AÑOS	VEHICULOS LIGEROS:				VEHICULOS PESADOS			TOTAL IMDA
	TRANSITO GENERADO		15.00%		TRANSITO GENERADO		20.00%	
	Motocicleta	Automoviles	Estacion Wagon	Camioneta pick up	Micro	Bus (B2)	Camion (C2)	
2017	2	0	1	0	1	1	1	5
2020	2	0	1	0	1	1	1	5
2025	2	0	1	0	1	1	1	6
2030	2	1	1	0	1	1	2	8

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 4. 9**

Proyección del tránsito, transito total

AÑOS	VEHICULOS LIGEROS:				VEHICULOS PESADOS			TOTAL IMDA
	TRANSITO GENERADO		15.00%		TRANSITO GENERADO		20.00%	
	Motocicleta	Automoviles	Estacion Wagon	Camioneta pick up	Micro	Bus (B2)	Camion (C2)	
2017	12	3	6	1	4	4	5	34
2020	12	4	6	1	4	4	6	36
2025	12	4	6	1	6	6	8	43
2030	13	4	6	1	8	8	11	51

*Fuente:* Elaboración propia

#### 4.6 EAL DE DISEÑO (ESAL: equivalent single axle road)

El EAL de diseño, que viene hacer el número de aplicaciones de cargas de 18 000 libras (8.2 ton) que se producirán durante el periodo de diseño del pavimento.

##### 4.6.1. FACTOR DIRECCIONAL Y FACTOR CARRIL

“El facto direccional corresponde al número de vehículos pesados que circulan en una dirección o sentido de tráfico” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de carreteras suelos, geotecnia y pavimentos seccion suelos y pavimentos, 2014, pág. 63).

El factor de distribución carril expresado como una relación, que corresponde al carril que recibe el mayor número de EE, donde el tránsito por dirección mayormente se canaliza por ese carril.



El tráfico para el carril de diseño del pavimento tendrá en cuenta el número de direcciones o sentidos y el número de carriles por calzada de carretera, según el porcentaje o factor ponderado aplicado al IMD, para esto se utilizará el siguiente cuadro.

**Tabla 4. 10**

Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el carril de diseño.

Numero de calzadas	Numero de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor direccional (Fd)	Factor carril (Fc)	Factor ponderado FdxFc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentido	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentido	2	0.50	0.80	0.50
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las calzadas)	2 sentido	1	0.50	1.00	0.40
	2 sentido	2	0.50	0.80	0.50
	2 sentido	3	0.50	0.60	0.40
	2 sentido	4	0.50	0.50	0-30

*Fuente:* (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de carreteras suelos, geotecnia y pavimentos seccion suelos y pavimentos, 2014, pág. 62)

#### 4.6.2. FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO (FCa)

Para el cálculo del Esal de diseño será necesario seleccionar el Factor de Crecimiento Acumulado (Fca) para el periodo de diseño, considerando la tasa anual de crecimiento (r) y el periodo de análisis en años. Según la ASSTHO, para el cálculo del factor de crecimiento acumulado se utilizará la siguiente relación.

$$FCa = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r = Tasa anual de crecimiento

n = Período de diseño

Reemplazando en la fórmula, los valores de “r” y “n” obtenidos en la sección 4.6, el factor de crecimiento obtenido tenemos:



### Vehículo de pasajeros

n=10, vida útil del proyecto es hasta el 2030

r= 1.12%

$$FCa = \frac{(1 + 0.012)^{10} - 1}{0.012} = 13.91$$

### Vehículo de carga

n=10, vida útil del proyecto es hasta el 2030

r= 8.19%

$$FCa = \frac{(1 + 0.0819)^{10} - 1}{0.0819} = 21.76$$

#### 4.6.3. NÚMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES

Conocido también como (factor de equivalencia de carga) Para el diseño de pavimento, la demanda que corresponde al tráfico pesado de ómnibus y de camiones es la que preponderantemente tiene importancia.

El efecto del tránsito se mide en la unidad definida, por AASHTO, como Ejes Equivalentes (EE) acumulados durante el período de diseño tomado en el análisis. AASHTO definió como un EE, al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 ton de peso, con neumáticos a la presión de 80 lb/pulg<sup>2</sup>. Los Ejes Equivalentes (EE) son factores de equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento.

Para el cálculo de los EE, se utilizarán las siguientes relaciones simplificadas, que resultaron de correlacionar los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO'93, para las diferentes configuraciones de ejes de vehículos pesados (buses y camiones) y tipo de pavimento:

**Tabla 4. 11**

Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Afirados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE8.2 ton)
Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	EE <sub>S1</sub> = [ P / 6.6 ] <sup>4</sup>
Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	EE <sub>S2</sub> = [ P / 8.2 ] <sup>4</sup>
Eje Tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	EE <sub>TA1</sub> = [ P / 14.8 ] <sup>4</sup>



Eje Tándem ( 2 ejes de ruedas dobles) (EETA2)	$EE_{TA2} = [ P / 15.1 ]^4$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	$EE_{TR1} = [ P / 20.7 ]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	$EE_{TR2} = [ P / 21.8 ]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de carreteras suelos, geotecnia y pavimentos seccion suelos y pavimentos, 2014, pág. 65)

#### 4.6.4. FACTOR CAMION (FC)

“Se entiende por factor camión al número de aplicaciones de ejes estándar de 8.2 Tn, correspondiente al paso de un vehículo. El factor camión se puede obtener por pesaje. El peso es un método costoso para proyectos pequeños; por lo tanto, cuando se deba efectuar el diseño para un tramo de vía en la cual no se tengan datos sobre el pesaje quedan dos alternativas”<sup>1</sup>

- a) asumir el F.C. conocido de una vía cuyas características sean similares.
- b) Estimar el F.C. por algún método empírico.

se puede emplear el Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058 – 2003 – MTC.) donde en el ANEXO IV de la mencionada norma se publican las dimensiones y pesos por eje de vehículos pesados, los cuales se muestran en la tabla siguiente. Los autos no se incorporan en la presente norma, porque el paso de un vehículo ejerce un daño no significativo en el pavimento.

Adicionalmente el Micro tiene un peso bruto en toneladas: eje delantero 1.8 ton, eje posterior 3.88 ton, estos datos fueron tomados de los catálogos de los vehículos.

Tabla 4. 12  
Pesos y medidas de los vehículos.

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS								
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. ( m )	Peso máximo ( t )				Peso bruto máx. ( t )	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°		4°
C2		12.30	7	11	---	---	---	18

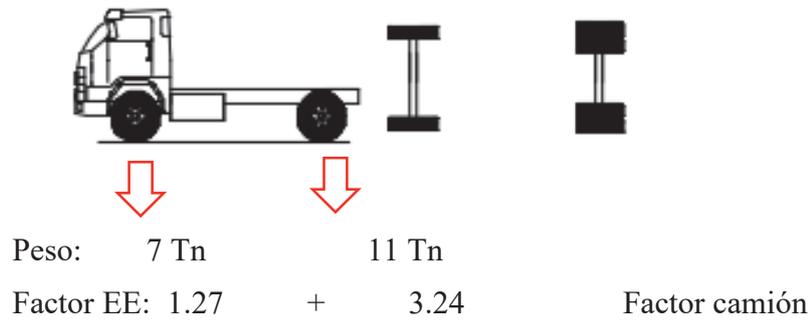
<sup>1</sup> M. Sc. Ing. A. Ordoñez – M. Sc. S. Minaya, Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil.



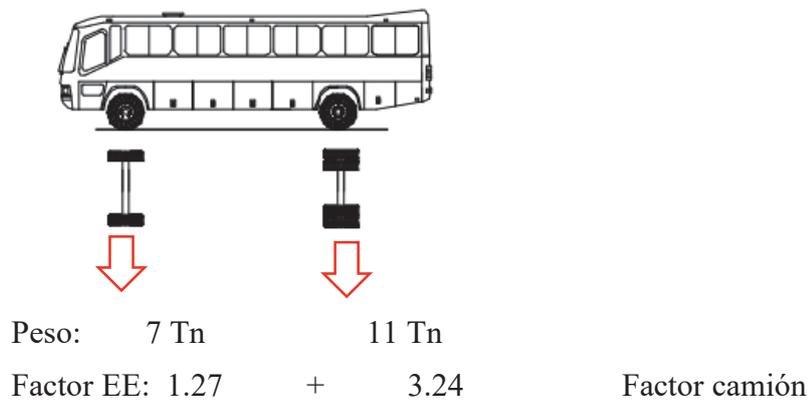
B2		13.20	7	11				18
----	--	-------	---	----	--	--	--	----

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, reglamento nacional de vehiculos, 2003, pág. 78)

Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C2, Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos



Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Bus B2, Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos



Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Micro, Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos



Peso: 1.80 Tn                      3.88 Tn  
 Factor EE: 0.01                      +                      0.12                      Factor camión Micro=

Para el cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 ton, en el período de diseño, se usará la siguiente expresión por tipo de vehículo; el resultado final será la sumatoria de los diferentes tipos de vehículos pesados considerados: La tabla 4.13 muestra el cálculo de ESAL de diseño

$$ESAL_{Diseño} = \sum [EE_{día-carril} \times Fca \times 365]$$

Donde:

EE<sub>día-carril</sub> = Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño. Resulta del IMD por cada tipo de vehículo pesado, por el Factor Direccional, por el Factor Carril de diseño, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de neumáticos. Para cada tipo de vehículo pesado, se aplica la siguiente relación:

FCa=Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado

365=Número de días del año

**Tabla 4. 13**

Cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL de diseño)

TIPO DE VEHICULO	Nº veh/día en el carril de diseño	CARGA DE VEH. POR EJE	Factor de Equivalencia por Eje (EE Por Eje)	FACTOR CAMION	EE_día-carril	Factor de crecimiento	ESAL_Diseño
AUTOS, CAMIONETAS Y COMBIS	9	1.00	0.0005	0.001	0.01	13.91	48.17
		1.00	0.0005				
MICRO	3	1.80	0.0055	0.12	0.37	13.91	1903.59
		3.88	0.1194				
B2	3	7.00	1.2654	4.50	13.51	13.91	68599.65
		11.00	3.2383				
C2	4	7.00	1.2654	4.50	18.01	21.76	143106.52
		11.00	3.2383				
						TOTAL	213657.92

**Fuente:** Elaboración propia



#### 4.6.5. CLASIFICACIÓN DE NÚMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES EN EL PERÍODO DE DISEÑO

El tránsito para diseño de pavimentos, en el Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos – MTC/14, ha sido clasificado en rangos de Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes, tal como se indica en la Tabla 4.14.

En el manual se determina los siguientes rangos en número de repeticiones de ejes equivalentes, para el carril y período de diseño.

##### CAMINOS NO PAVIMENTADOS

Los Caminos No Pavimentados con Afirmado (revestimiento granular) tendrán un rango de aplicación de Número de Repeticiones de EE en el carril y período de diseño de hasta 300,000 EE, de acuerdo a la Tabla 4.14.

**Tabla 4. 14**

Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2tn, en el Carril de Diseño Para Caminos No Pavimentados

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
T <sub>NP1</sub>	≤ 25,000 EE
T <sub>NP2</sub>	> 25,000 EE ≤ 75,000 EE
T <sub>NP3</sub>	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE
T <sub>NP4</sub>	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE

**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de carreteras suelos, geotecnia y pavimentos seccion suelos y pavimentos, 2014, pág. 73)

Nota: T<sub>NPX</sub>: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño

NPX = No Pavimentada, X = número de rango (1, 2, 3).

De acuerdo al ESAL de diseño 213658 la carretera se clasifica en la categoría de T<sub>NP4</sub>.



# CAPITULO V. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA



## CAPITULO V. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA

### 5.1. GENERALIDADES

El diseño geométrico de una determinada vía está orientado a establecer la relación entre el conductor, el vehículo y la vía.

Previo al desarrollo de las Actividades de Diseño Vial es indispensable conocer , los principales parámetros y elementos básicos para el diseño vial, como son: vehículo de diseño, velocidad directriz, ancho de calzada, ancho de bermas, radio mínimo, pendiente longitudinal máxima, distancia de visibilidad de parada y sobrepaso y las secciones típicas de diseño, en concordancia con la clasificación de la carretera, la demanda proyectada, el tipo de topografía, los suelos, el clima, etc., según sea lo más conveniente de acuerdo al Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG – 2014 y En forma complementaria se podrá aplicar las Normas de Diseño AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

El proyecto requiere conseguir un alineamiento horizontal homogéneo, donde tangentes y curvas se sucedan armónicamente, evitando en lo posible la utilización de radios mínimos y pendientes máximas.

### 5.2. OBJETIVO

El objetivo principal es brindar un diseño geométrico con criterios técnicos sólidos y coherentes, para posibilitar la construcción de un camino eficiente, optimizando en su costo.

### 5.3. NORMATIVIDAD

El presente proyecto se ha basado en el manual de Diseño Geométrico de carreteras DG-2014, norma modificada mediante la Resolución Directoral N° 028-2014-MTC/14 de fecha 30 de octubre del 2014.

### 5.4. DERECHO DE VIA O FAJA DE DOMINIO

Es la faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario, de acuerdo a la Manual DG-2014 el ancho correspondiente para el tipo de carretera es de 16 metros.

### 5.5. CRITERIOS BASICOS PARA EL DISEÑO GEOMETRICO

Los usuarios de las carreteras, los vehículos que circulan por ellas, las carreteras mismas y los controles que se aplican para normar su operación son los cuatro elementos básicos que interactúan y se relacionan entre sí para determinar las características del tránsito. Las



carreteras deben diseñarse con suficiente capacidad para satisfacer los requerimientos de las demandas de dicho tránsito, durante todo el periodo seleccionado para el diseño.

Tan importante como ofertar mediante un buen diseño la capacidad requerida de una carretera, es brindarla en condiciones de optima seguridad y eficiencia en los costos de operación de los vehículos.

### 5.5.1. CLASIFICACIÓN DE LA CARRETERA

Según la normatividad vigente para el diseño de carreteras, una vía se clasifica según su demanda y según las condiciones orográficas, la carretera en estudio para el presente proyecto de tesis se clasifica como sigue.

#### 5.5.1.1. POR SU DEMANDA

Como resultado del estudio de tránsito, se tiene cuantificado un IMDA 51 vehículos por día para un horizonte de periodo de diseño de 10 años, el cual es menor a 200 vehículos por día, conforme a la sección 101.06, de la DG-2014, la vía en estudio se clasifica como **TROCHA CARROZABLE** “Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m, La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar”. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015, pág. 18)

#### 5.5.1.2. POR SU OROGRAFIA

De acuerdo a las condiciones orográficas observadas en campo y las secciones transversales al eje proyectado se considera que la carretera en estudio atraviesa por sectores bien marcados que de acuerdo al manual Diseño Geométrico de carreteras DG-2014, le corresponden las siguientes clasificaciones.

**Tabla 5. 1**  
Clasificación de la carretera en estudio según la orografía

CLASIFICACION DE LA CARRETERA EN ESTUDIO SEGÚN LA OROGRAFIA				
Nº	TRAMO	LONGITUD (KM)	INCLINACION TRANSVERSAL	TOPOGRAFIA
1	KM 0+000 al 4+800	4.800	Mayor a 50%	Carretera tipo 3
2	KM 4+800 al 6+500	1.700	Mayor a 100%	Carretera tipo 4
3	KM 6+500 al 8+350	1.850	Mayor a 50%	Carretera tipo 3
4	KM 8+350 al 8+800	0.450	Mayor a 100%	Carretera tipo 4
5	KM 8+350 al 9+837	-----	Mayor a 50%	Carretera tipo 3

**Fuente:** Elaboración propia.

De acuerdo a lo indicado en la tabla anterior se considera, según orografía del terreno, que la carretera se divide en 02 clasificaciones, **tipo 3 y tipo 4**, en el orden progresivo que se indica en la tabla anterior.

Con estos parámetros definidos por demanda y orografía, determinaremos la sección tipo y la velocidad directriz de la carretera en estudio.

### 5.5.2. VEHICULO DE DISEÑO

Conforme al (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Diseño Geometrico DG-2014, 2015) “el vehículo de diseño normal será el vehículo comercial rígido (Camiones y/o buses)” Pag. 31.

Las características de los vehículos de diseño definen los distintos aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de una carretera. Así, por ejemplo.

- ✚ El ancho del vehículo adoptado incide en los anchos del carril, calzada, bermas y sobreancho de la sección transversal, el radio mínimo de giro, intersecciones y gálibo.
- ✚ La distancia entre los ejes influye en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles.
- ✚ La relación de peso bruto total/potencia, guarda relación con el valor de las pendientes admisibles.

De acuerdo al aforo vehicular y, el vehículo de diseño para el **presente proyecto es un camión de dos ejes (C2)**.

**Tabla 5. 2**  
Características del vehículo de diseño

Tipo de vehículo	Alto total (m)	Ancho total (m)	Vuelo lateral (m)	Ancho ejes (m)	Largo total (m)	Vuelo delantero (m)	Separación de ejes (m)	Vuelo trasero (m)	Radio mínimo rueda exterior
Camión de dos ejes (C2)	4.10	2.60	0.00	2.60	9.10	1.20	6.10	1.80	12.80

**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Diseño Geometrico de carreteras DG-2001, 2001, pág. 25)

**Figura 5. 1.** Vehículo de diseño camión de dos ejes (C2)



**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Diseño Geometrico de carreteras DG-2001, 2001, pág. 25)



### 5.5.3. VELOCIDAD DE DISEÑO

“Es la velocidad máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG-2014, 2015, pág. 105).

La velocidad diseño condiciona todas las características geométricas de la vía, su definición se encuentra íntimamente ligada al costo de construcción de cada carretera. Para una velocidad diseño alta, el diseño vial obliga, entre otros, al uso de mayores anchos de plataforma y mayores radios de giro en las curvas horizontales, lo que trae como consecuencia el incremento del presupuesto de construcción.

Para el presente proyecto de tesis se ha definido la velocidad de diseño, de acuerdo a la demanda analizada y la orografía existente.

De acuerdo a la demanda la carretera se clasifica como una **TROCHA CARROZABLE** y de acuerdo a la orografía, como una carretera de **TIPO 3 y TIPO 4**.

Conforme a la definición del ítem 204.01 (DG-2014) para el presente estudio se vio factible usar **como velocidad de diseño la correspondiente a 20 km/h en toda la longitud de la trocha**.

### 5.5.4. DISTANCIA DE VISIBILIDAD

Es la longitud continua hacia adelante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar. En diseño se consideran dos distancias, la de visibilidad suficiente para detener el Vehículo “Distancia de Visibilidad de Parada”, y la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaje a velocidad inferior, en el mismo sentido, “Distancia de Visibilidad de Paso”.

#### 5.5.4.1. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA

Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria.

El diseño geométrico se realizó procurando proveer de distancia mínima de visibilidad de parada a todos los puntos de la carretera, así mismo se identificó aquellos puntos que, por condiciones orográficas (cruce de quebradas estrechas) no pudo asignarse la distancia mínima.

La norma DG-2014, propone para el cálculo de la distancia de visibilidad de parada la siguiente formula.



$$D_p = \frac{V \cdot t_p}{3.6} + \frac{V^2}{254(f \pm i)}$$

Dónde:

D<sub>p</sub>: Distancia de parada (m)

V: Velocidad de diseño

t<sub>p</sub>: Tiempo de percepción + reacción (s)

f: Coeficiente de fricción, pavimento húmedo

i: Pendiente longitudinal (tanto por uno)

+i: Subidas respecto al sentido de circulación

-i: Bajadas respecto al sentido de circulación.

La norma indica que t<sub>p</sub>= 2.5 seg. Pero no da valores de f.

Los valores de la tabla 5.3, corresponden a la propuesta en el Capítulo 3 de AASTHO

$$D_p = 0.278 V t_p + \frac{V^2}{254(a/g \pm i)}$$

Donde:

a= 3.4 m/seg<sup>2</sup>

t<sub>p</sub>= 2.5 seg. g= 9.81 m/seg<sup>2</sup>

i= pendiente

**Tabla 5. 3**

Distancia de visibilidad de parada en metros

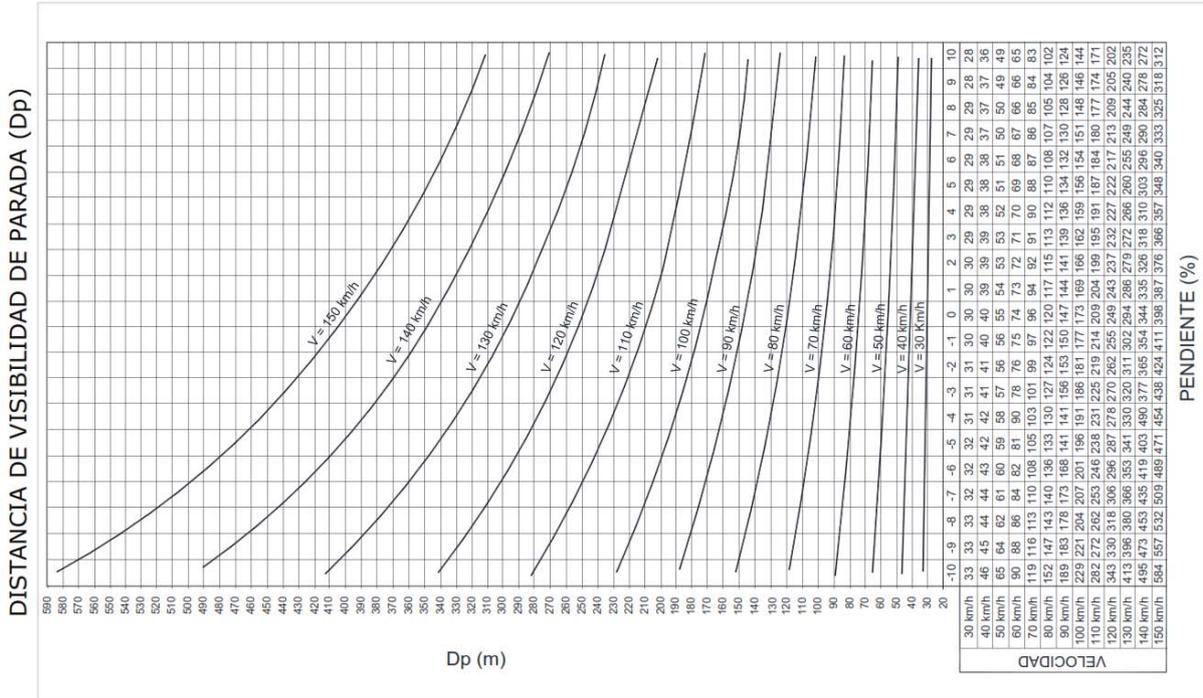
Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75
70	105	110	116	124	100	97	93
80	130	136	144	154	123	118	114
90	160	164	174	187	148	141	136
100	185	194	207	223	174	167	160
110	220	227	243	262	203	194	186
120	250	283	293	304	234	223	214
130	287	310	338	375	267	252	238

**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Diseño Geometrico DG-2014, 2015, pág. 114).



Para el cálculo de distancia de visibilidad el manual también nos brinda la figura con la cual podremos obtener las distancias para diferentes pendientes, el cual se muestra a continuación.

Figura 5. 2. Distancia de visibilidad de parada en metros



Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Diseño Geometrico DG-2014, 2015, pág. 114).

### 5.5.5. VALORES ESTETICOS Y ECOLOGICOS

En el diseño de una carretera se tendrá en cuenta, no sólo su incorporación al paisaje, sino también el aprovechamiento de las bellezas naturales, dichos valores estéticos y ecológicos deberán considerarse conjuntamente con la utilidad, economía, seguridad y demás factores del proyecto. Por tanto, el alineamiento, el perfil y la sección transversal deben guardar armonía con las condiciones del medio, evitando así un quiebre de los factores ecológicos.

Para lograr los efectos deseados, deberá tenerse en consideración, entre otros aspectos, los que se enumeran a continuación:

- El trazado de la carretera deberá ser tal que el proyecto en ejecución proteja el medio ambiente y destaquen las bellezas naturales existentes.
- En lo posible, el trazado y el perfil de la carretera deberán acomodarse a las características del terreno, con la finalidad de disminuir el movimiento de tierras.
- Es esencial evitar la destrucción de la vegetación en general.



- ✚ Las estructuras deberán ser ubicadas y diseñadas para que, además de prestar su servicio, ofrezcan la mejor estética posible.
- ✚ Los taludes, cada vez que sea posible y conveniente, deberán alabearse y tenderse como una manera de disimular las líneas de construcción y permitir el arraigo de la vegetación, de acuerdo a la sección transversal encontrada.
- ✚ Las áreas de intersección deberán proyectarse de tal manera que sus formas se adapten a los contornos naturales.

## 5.6. DISEÑO GEOMETRICO PLANTA

El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente.

### 5.6.1. TRAMOS EN TANGENTE

Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, en función a la velocidad de diseño, serán obtenidas utilizando las siguientes formulas.

$$L_{min.s}: 1,39 V$$

$$L_{min.o}: 2,78 V$$

$$L_{max}: 16,70 V$$

Dónde:

$L_{min.s}$ : Longitud mínima (m) para trazados en “S” (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).

$L_{min.o}$ : Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).

$L_{max}$ : Longitud máxima deseable (m).

V: Velocidad de diseño (km/h).

El presente proyecto de tesis es una trocha carrozable a nivel de afirmado, con velocidad diseño de 20km/h, las longitudes de las tangentes para dicha velocidad de diseño son:

**Tabla 5. 4**

Longitudes de tangentes para una velocidad de 20km/h

V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
20	28	56	334

*Fuente:* Elaboración propia.



### 5.6.2. RADIOS MINIMOS

Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad, para cuyo cálculo puede utilizarse la siguiente fórmula:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(P_{\max} + f_{\max})}$$

Dónde:

R<sub>mín</sub>: Radio Mínimo

V: Velocidad de diseño

P<sub>máx</sub>: Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).

f<sub>máx</sub>: Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

El manual DG-2014 recomienda para área rural con topografía accidentada o escarpada un peralte máximo (P<sub>máx</sub>) igual a 12 % pero este valor es el máximo absoluto, es recomendable usar el valor de 8 % tal como se indica en la Tabla 5.10

El resultado de la aplicación de la indicada fórmula de radio mínimo se aprecia en la Tabla 5.5.

**Tabla 5. 5**  
Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras

Velocidad de diseño	P máx. (%)	f máx.	Radio Calculado (m)	Radio redondeado (m)
20	8	0.18	12.1	12
30	8	0.17	28.3	30
40	8	0.17	50.4	50
50	8	0.16	82.0	80
60	8	0.15	123.2	125

**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Diseño Geometrico DG-2014, 2015, pág. 148)

Debe evitarse el empleo de curvas de radio mínimo; se tratará de usar curvas de radio amplio, reservando el empleo de radios mínimos para las condiciones críticas, en los cuadros de elementos de curva se muestran los radios de cada curva contenida en el proyecto.

Para el proyecto, para un valor, f<sub>máx</sub> = 0.18, para una velocidad de 20 km/h y para un P<sub>máx</sub>= 8% **el radio mínimo redondeado es de 12 metros.**



### 5.6.3. CURVAS DE TRANSICION

Las curvas de transición tienen por finalidad evitar las discontinuidades en la curvatura del trazo, proveen un cambio gradual entre una tangente y una curva o entre curvas de diferente radio.

El uso de estas curvas permite que un vehículo, circulando a la velocidad de diseño, se mantenga en el centro del carril.

La longitud de curva de transición, de acuerdo a la DG-2014, está dada por la siguiente expresión

$$L_{\min} = \frac{V}{46.656 * J} * \left[ \frac{V^2}{R} - 1.27 * p \right]$$

Dónde:

V: Velocidad de diseño (km/h)

R: Radio de curvatura (m)

J: Variación uniforme de la aceleración (m/s<sup>3</sup>)

P: Peralte correspondiente a V y R. (%)

Se adoptarán para J los valores indicados en la Tabla 5.6

**Tabla 5. 6**

Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo

V (km/h)	V < 80	80 < V < 100	100 < V < 120	V > 120
J (m/s <sup>3</sup> )	0.5	0.4	0.4	0.4
Jmax (m/s <sup>3</sup> )	0.7	0.8	0.5	0.4

**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Diseño Geometrico DG-2014, 2015, pág. 155)

Cuando el radio de la curva circular sea superior al señalado en la Tabla 5.7, se podrá prescindir de curvas de transición.

**Tabla 5. 7**

Radios que permiten prescindir de la curva de transición

Velocidad de diseño Km/h	Radio M
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210
70	290
80	380



90	480
----	-----

**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Diseño Geometrico DG-2014, 2015, pág. 163).

Nota:

- ✚ En ningún caso se adoptarán longitudes de transición menores a 30 m.
- ✚ La longitud máxima de cada curva de transición no será superior a 1.5 veces su longitud mínima.

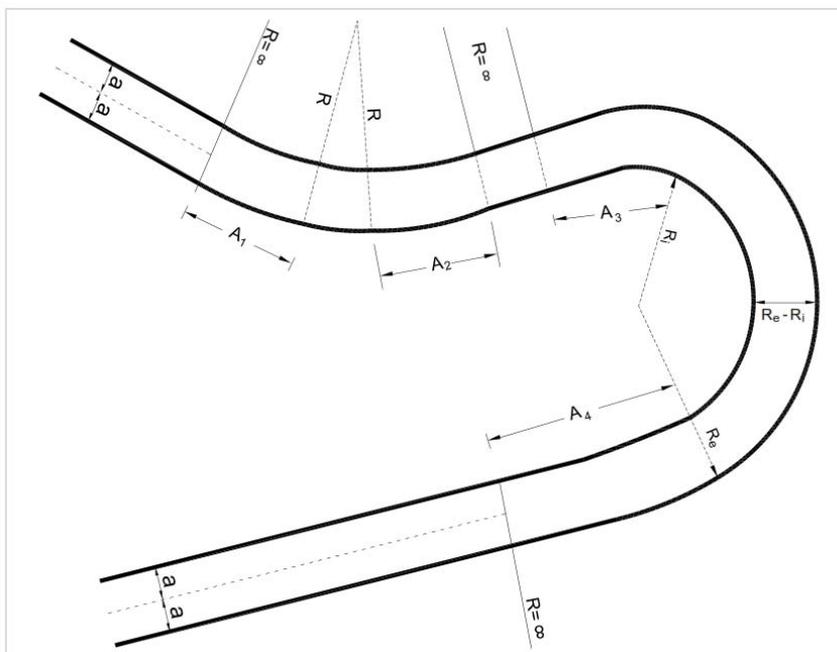
#### 5.6.4. CURVAS DE VUELTA

“Son aquellas curvas que se proyectan sobre una ladera, en terrenos accidentados, con el propósito de obtener o alcanzar una cota mayor, sin sobrepasar las pendientes máximas, y que no es posible lograr mediante trazos alternativos” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Diseño Geometrico DG-2014, 2015, pág. 167).

Las curvas de vuelta quedan definidas por dos arcos circulares de radio interior " $R_i$ " y radio exterior " $R_e$ ".

La Figura 5.3, ilustra un caso en que los alineamientos de entrada y salida de la curva de vuelta presentan una configuración compleja.

**Figura 5. 3.** Curva de volteo



**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Diseño Geometrico DG-2014, 2015, pág. 168).

- ✚ El radio interior de 8 m, representa un mínimo normal.



✚ El radio interior de 6 m, representa un mínimo absoluto y sólo podrá ser usado en forma excepcional.

✚ En el presente proyecto se presentan dos curvas de volteo en las progresivas 1+052 y 1+413 con las siguientes características

Curva de volteo 01 (1+052):  $R_i = 7.00$  m. y  $R_e = 14.00$  m.

Curva de volteo 02 (1+413):  $R_i = 7.00$  m. y  $R_e = 14.00$  m.

### 5.6.5. SOBREANCHOS

Es el ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

El sobreancho variará en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad de diseño y se calcula con la fórmula planteada por el ingeniero JOSEPH BARNETT.

$$S_a = n \left( R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Dónde:

$S_a$  : Sobreancho (m)

$N$  : Número de carriles

$R$  : Radio (m)

$L$  : Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)

$V$  : Velocidad de diseño (km/h).

El valor del sobreancho mínimo a aplicar es 0.40 metros (de forma general para todo tipo de curvas).

En el caso de curvas circulares simples, por razones de apariencia, el sobreancho se debe desarrollar linealmente misma longitud utilizada para la transición del peralte. En las curvas con espiral, el sobreancho se desarrolla linealmente, en la longitud de la espiral.

Para la determinación del desarrollo del sobreancho se utilizará la siguiente fórmula:

$$S_{a_n} = \frac{S_a}{L} l_n$$

Dónde:

$S_{a_n}$ : Sobreancho deseado en cualquier punto (m)

$S_a$ : Sobreancho calculado para la curva, (m)

$l_n$ : Longitud a la cual se desea determinar el sobreancho (m)



L: Longitud de transición de peralte (m).

La consideración del sobreancho, tanto durante la etapa de proyecto como la de construcción, exige un incremento en el costo y trabajo. Por tanto, los valores muy pequeños de sobreancho no deben considerarse, se considera apropiado un valor mínimo de **0.40 m** de sobreancho para justificar su adopción.

**Tabla 5. 8**

Valores de sobreanchos de los radios más comunes del presente proyecto

VELOCIDAD DE DISEÑO			20 km/h
DISTANCIA ENTRE EJE POSTERIOR Y PARTE FORNTAL			7.30 m
NUMERO DE CARRILES			1
RADIO (m)	SOBREANCHO (m)	RADIO (m)	SOBREANCHO (m)
12	3.1	60	0.7
15	2.4	70	0.6
20	1.8	80	0.6
25	1.5	100	0.5
30	1.3	120	0.4
35	1.1	150	0.0
40	1.0	200	0.0
50	0.8	300	0.0

*Fuente:* Elaboración propia.

### 5.6.6. CUADRO DE ELEMENTO DE CURVA DEL ALINEAMIENTO

#### HORIZONTAL

Los elementos de curvas calculadas de acuerdo a la velocidad de diseño adoptada para el presente estudio se muestran en el **Anexo DG-01**.

### 5.7. ALINEAMIENTO VERTICAL

El diseño geométrico vertical de una carretera, o alineamiento en perfil, es la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. Debido a este paralelismo, A este eje también se le denomina rasante o subrasante.

El perfil longitudinal está controlado principalmente por:

-  Categoría del Camino
-  Velocidad de Diseño
-  Topografía
-  Alineamiento Horizontal
-  Distancias de Visibilidad
-  Seguridad



- ✚ Drenaje
- ✚ Costos de Construcción
- ✚ Valores Estéticos.

## 5.7.1. PENDIENTE

### 5.7.1.1. PENDIENTE MINIMA

La pendiente longitudinal mínima será 0.5 %, evitándose los tramos horizontales, con el fin de facilitar el movimiento del agua de las cunetas hacia sus aliviaderos o alcantarillas.

### 5.7.1.2. PENDIENTE MAXIMA

Los valores de las pendientes máximas están establecidos por la norma DG-2014, según la velocidad de diseño definida para el proyecto, clase de carretera y el tipo de orografía de la zona de proyecto.

Conforme a la Tabla 303.01 de la norma DG-2014 la pendiente máxima es de 10.00%,

En zonas de altitud superior a los 3.000 msnm, los valores máximos de la Tabla 303.01 (DG-2014), se reducirán en 1% para terrenos accidentados o escarpados. **La pendiente máxima asignada para el presente proyecto de tesis es de 8.70%.**

## 5.7.2. CURVAS VERTICALES

Los tramos consecutivos de rasante serán enlazados con curvas verticales parabólicas (convexas y cóncavas), cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor del 1%.

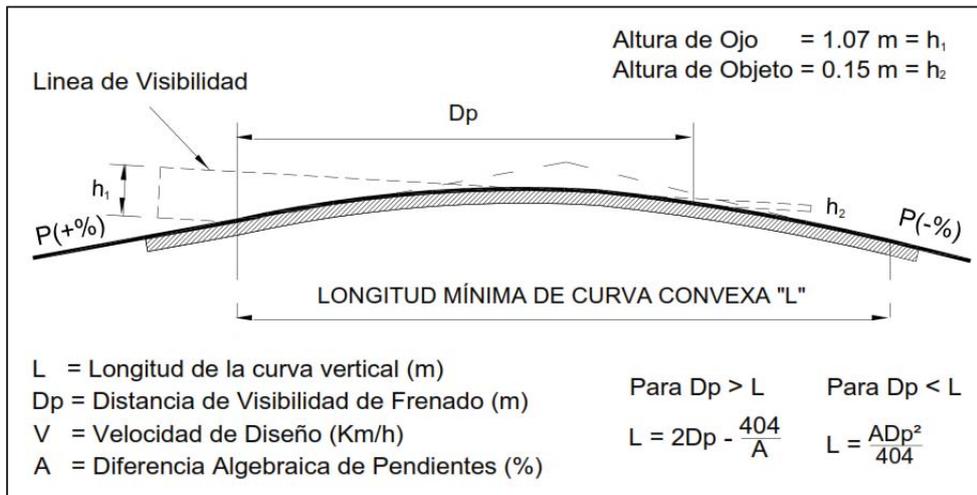
criterios para determinar la longitud de las curvas verticales:

- ✚ Criterios de comodidad
- ✚ Criterios de operación
- ✚ Criterios de drenaje
- ✚ Criterios de seguridad.

### 5.7.2.1. LONGITUD DE LAS CURVAS CONVEXAS

La longitud de las curvas verticales convexas utilizando el criterio de visibilidad de parada viene dada por las siguientes expresiones.

**Figura 5. 4.** Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada

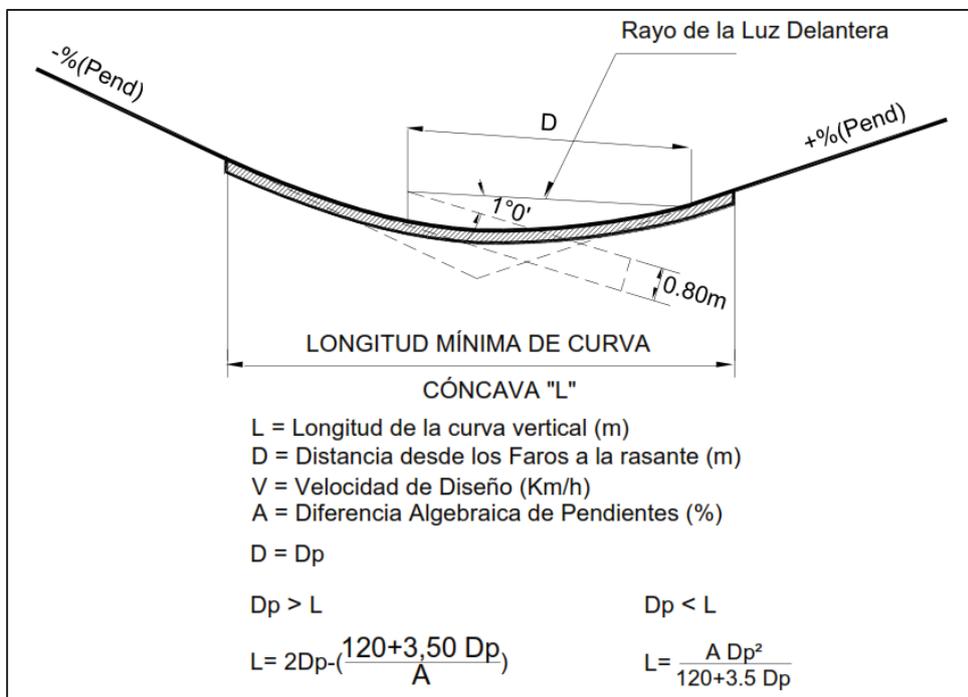


**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Diseño Geometrico DG-2014, 2015, pág. 197)

### 5.7.2.2. LONGITUD DE LAS CURVAS CONCAVAS

La longitud de las curvas verticales convexas utilizando el criterio de visibilidad de parada viene dada por las siguientes expresiones.

**Figura 5. 5.** Longitud mínima de curva vertical cóncava con distancias de visibilidad de parada.



**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Diseño Geometrico DG-2014, 2015, pág. 198)

En el **Anexo DG-02** se muestra loa elementos de la curva vertical.

## 5.8. SECCION TRANSVERSAL

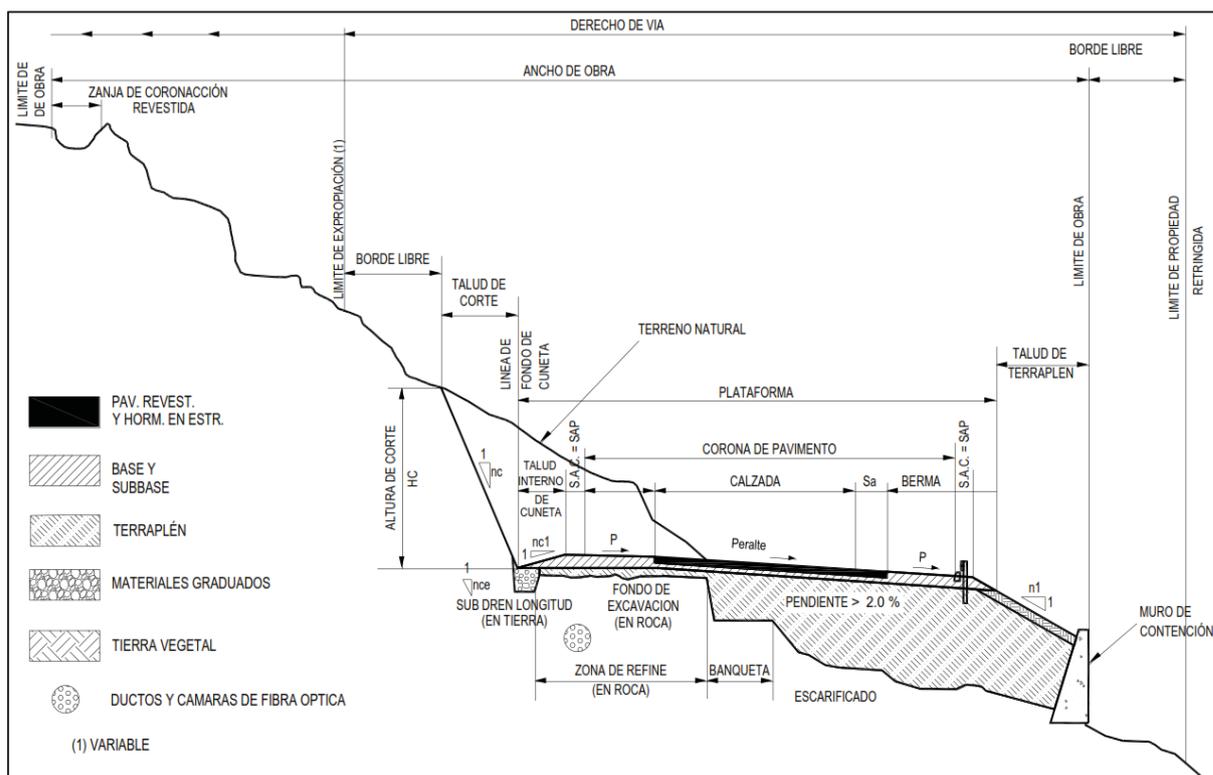
El diseño geométrico de la sección transversal consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

### 5.8.1 ELEMENTOS DE LA SECCION TRANSVERSAL

Los elementos que conforman la sección transversal de la carretera son: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y otros), que se encuentran dentro del Derecho de Vía del proyecto.

En las Figuras 5.6, se muestra una sección tipo a media ladera una carretera de una calzada de dos carriles en curva.

**Figura 5. 6.** Sección transversal típica a media ladera vía de dos carriles en curva



**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Diseño Geometrico DG-2014, 2015, pág. 205)

### 5.8.2. CALZADA O SUPERFICIE DE RODADURA

Es la parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma.



El ancho de la calzada del proyecto en estudio es de 4.00 m, con plazoletas de cruce cada 500 m.

### 5.8.3. BERMAS

#### 5.8.3.1. ANCHO DE LAS BERMAS

En el presente proyecto de tesis la berma tiene un ancho de 0.50 m. en ambos lados de la calzada.

#### 5.8.3.2. INCLINACION DE LAS BERMAS

En los tramos en tangente las bermas seguirán la inclinación del pavimento. En los tramos en curva se ejecutará con el peralte,

En el presente proyecto la inclinación de la berma será de 3.5%, con las condiciones indicadas para carreteras de bajo tránsito.

### 5.8.4. BOMBEO

En tramos en tangente o en curvas en contraperalte, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona.

La Tabla 5.9 especifica los valores de bombeo de la calzada. En los casos dónde indica rangos.

**Tabla 5. 9**  
Valores del bombeo de la calzada

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5-3.0
Afirmado	3.0-3.5	3.0-4.0

**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Diseño Geometrico DG-2014, 2015, pág. 213).

La carretera en estudio se desarrolla entre 3365 y 3675 msnm, atravesando una zona de clima frio cuya precipitación media anual es de 531.10 mm por año y la superficie de rodadura es afirmado.

Por lo anterior la calzada tendrá un **bombeo de 3.5%**.



### 5.8.5. PERALTE

El peralte es la inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo,

#### 5.8.5.1. VALORES DEL PERALTE MAXIMO

En la tabla 5.10 se indican los valores máximos del peralte, para las condiciones descritas.

**Tabla 5. 10**

Valores de peralte máximo

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0%	4.0%
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8.0%	6.0%
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	<b>12.0%</b>	<b>8.0%</b>
Zona rural con peligro de hielo	8.0%	6.0%

**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Diseño Geometrico DG-2014, 2015, pág. 214)

Para calcular el peralte bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, se utilizará la siguiente fórmula:

$$P = \frac{V^2}{127R} - f$$

Dónde:

P: Peralte máximo asociado a V

V: Velocidad de diseño (km/h)

R: Radio mínimo absoluto (m)

f: Coeficiente de fricción lateral máximo asociado a V

Generalmente, resulta justificado utilizar radios superiores al mínimo, con peraltes inferiores al máximo, por resultar más cómodos tanto para los vehículos lentos (disminuyendo la incidencia de f negativo), como para vehículos rápidos (que necesitan menores f).

#### 5.8.5.2. DISTRIBUCION DEL PERALTE

Para distribuir el peralte y la fricción en un rango de curvas correspondiente a una velocidad directriz seleccionada, AASHTO plantea el siguiente ábaco.



**Tabla 5. 11**  
Distribución del peralte, emáx = 8% (Tabla)

e (%)	Metric											
	V <sub>d</sub> = 20	V <sub>d</sub> = 30	V <sub>d</sub> = 40	V <sub>d</sub> = 50	V <sub>d</sub> = 60	V <sub>d</sub> = 70	V <sub>d</sub> = 80	V <sub>d</sub> = 90	V <sub>d</sub> = 100	V <sub>d</sub> = 110	V <sub>d</sub> = 120	V <sub>d</sub> = 130
	km/h	km/h	km/h	km/h								
NC	184	443	784	1090	1490	1970	2440	2970	3630	4180	4900	5360
RC	133	322	571	791	1090	1450	1790	2190	2680	3090	3640	4000
2.2	119	288	512	711	976	1300	1620	1980	2420	2790	3290	3620
2.4	107	261	463	644	885	1190	1470	1800	2200	2550	3010	3310
2.6	97	237	421	587	808	1080	1350	1650	2020	2340	2760	3050
2.8	88	216	385	539	742	992	1240	1520	1860	2160	2550	2830
3.0	81	199	354	496	684	916	1150	1410	1730	2000	2370	2630
3.2	74	183	326	458	633	849	1060	1310	1610	1870	2220	2460
3.4	68	169	302	425	588	790	988	1220	1500	1740	2080	2310
3.6	62	156	279	395	548	738	924	1140	1410	1640	1950	2180
3.8	57	144	259	368	512	690	866	1070	1320	1540	1840	2060
4.0	52	134	241	344	479	648	813	1010	1240	1450	1740	1950
4.2	48	124	224	321	449	608	766	948	1180	1380	1650	1850
4.4	43	115	208	301	421	573	722	895	1110	1300	1570	1760
4.6	38	106	192	281	395	540	682	847	1050	1240	1490	1680
4.8	33	96	178	263	371	509	645	803	996	1180	1420	1610
5.0	30	87	163	246	349	480	611	762	947	1120	1360	1540
5.2	27	78	148	229	328	454	579	724	901	1070	1300	1480
5.4	24	71	136	213	307	429	549	689	859	1020	1250	1420
5.6	22	65	125	198	288	405	521	656	819	975	1200	1360
5.8	20	59	115	185	270	382	494	625	781	933	1150	1310
6.0	19	55	106	172	253	360	469	595	746	894	1100	1260
6.2	17	50	98	161	238	340	445	567	713	857	1060	1220
6.4	16	46	91	151	224	322	422	540	681	823	1020	1180
6.6	15	43	85	141	210	304	400	514	651	789	982	1140
6.8	14	40	79	132	198	287	379	489	620	757	948	1100
7.0	13	37	73	123	185	270	358	464	591	724	914	1070
7.2	12	34	68	115	174	254	338	440	561	691	879	1040
7.4	11	31	62	107	162	237	318	415	531	657	842	998
7.6	10	29	57	99	150	221	296	389	499	621	803	962
7.8	9	26	52	90	137	202	273	359	462	579	757	919
8.0	7	20	41	73	113	168	229	304	394	501	667	832

NNC= sección con bombeo normal.

RC= sección con bombeo adverso.

**Fuente:** AASHTO 2011, Geometric Design, Highways and Streets.

### 5.8.5.3. TRANSICION DE PERALTE

Para pasar de una sección transversal con bombeo normal a otra con peralte, es necesario realizar un cambio de inclinación de la calzada. Este cambio no puede realizarse bruscamente, sino gradualmente a lo largo de la vía entre este par de secciones. A este tramo de la vía se le llama transición de peraltado.

Dicha inclinación se limita a un valor máximo ( $ip_{max}$ ) definida por la ecuación.

$$ip_{max} = 1.8 - 0.01 V$$

Dónde:



$i_{p_{max}}$  : Máxima inclinación de cualquier borde de la calzada respecto al eje de la vía (%).

V : Velocidad de diseño (km/h).

La longitud del tramo de transición del peralte tendrá por tanto una longitud mínima definida por la fórmula:

$$L_{min} = \frac{P_f - P_i}{i_{p_{max}}} \times B$$

Dónde:

$L_{min}$ : Longitud mínima del tramo de transición del peralte (m).

$p_f$ : Peralte final con su signo (%)

$p_i$ : Peralte inicial con su signo (%)

B: Distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m).

La transición de peralte se hace gradualmente a lo largo de la longitud de la Curva de Transición.

Cuando no exista Curva de Transición, se desarrolla una parte en la tangente y otra en la curva. La Tabla 5.12, indica las proporciones del peralte a desarrollar en tangente, siempre que por lo menos la tercera parte central de la longitud de la curva circular quede con el peralte completo.

**Tabla 5. 12**

Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente

$p < 4.5\%$	$4.5\% < p < 7\%$	$p > 7\%$
0.5 p	0.7 p	0.8 p

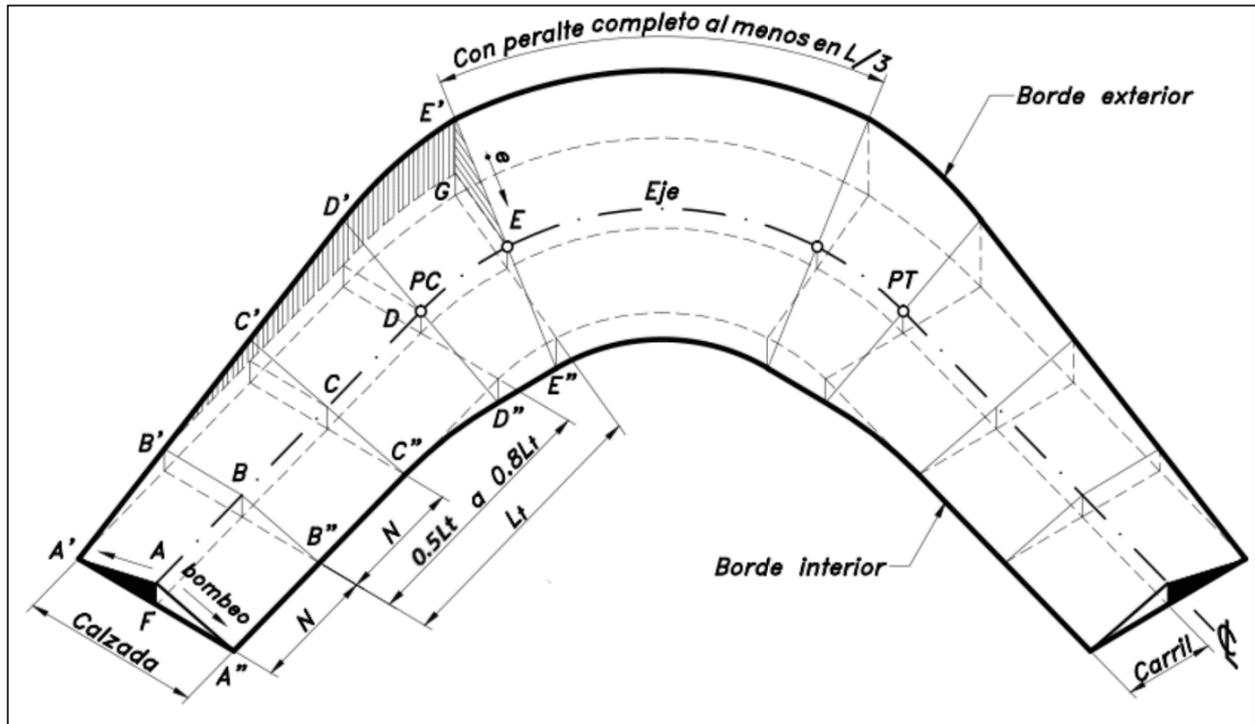
**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Diseño Geometrico DG-2014, 2015, pág. 215).

Para realizar la transición del bombeo al peralte, pueden utilizarse tres procedimientos: 1) Rotando la calzada alrededor de su eje central. 2) Rotando la calzada alrededor de su borde interior. 3) Rotando la calzada alrededor de su borde exterior. El primer procedimiento es el más conveniente, ya que los desniveles relativos de los bordes con respecto al eje son uniformes, produciendo un desarrollo más armónico y con menos distorsión de los bordes de la calzada.

“La longitud de transición de peralte ( $L_t$ ), por simplicidad, se considera desde aquella sección transversal donde el carril exterior se encuentra a nivel o no tiene bombeo, hasta aquella sección donde la calzada tiene todo su peralte (e) completo. La longitud de aplanamiento (N)

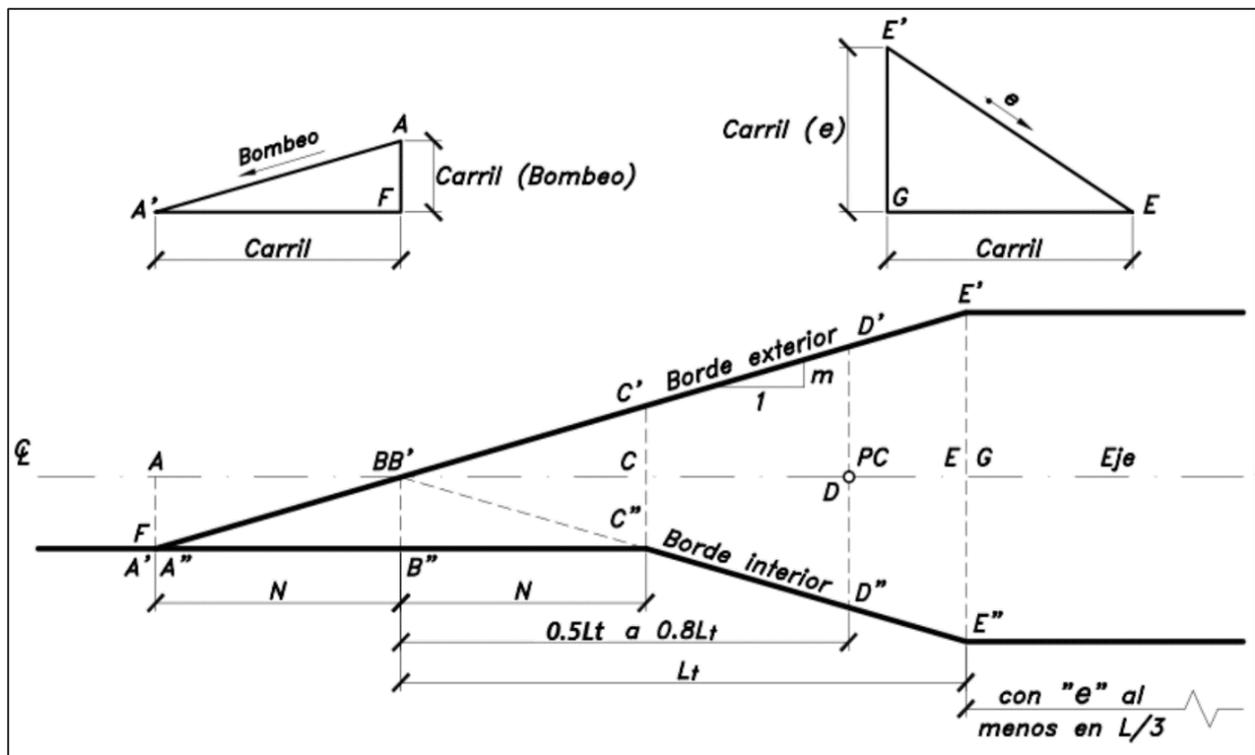
es la longitud necesaria para que el carril exterior pierda su bombeo o se aplane”. (Cárdenas Grisales, 2013, pág. 200)

Figura 5. 7. Transición del peralte en Curvas Circulares.



Fuente: (Cárdenas Grisales, 2013, pág. 201)

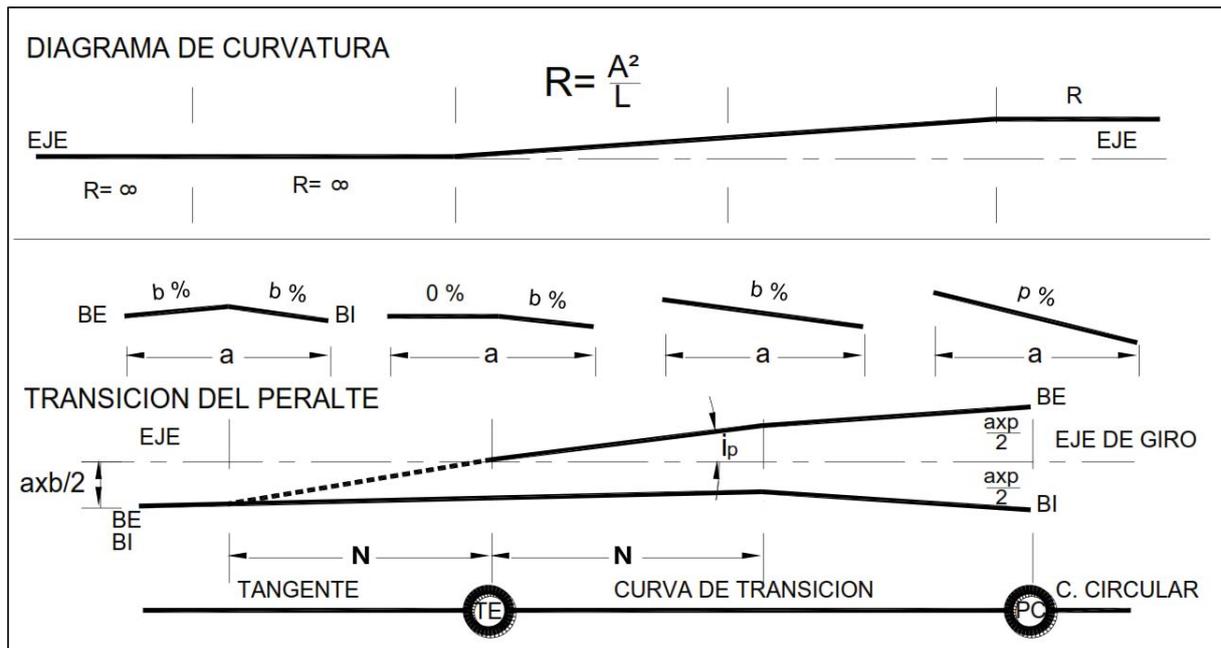
Figura 5. 8. Secciones transversales y perfil parcial de la transición del peralte



Fuente: (Cárdenas Grisales, 2013, pág. 202)



Figura 5. 9. Transición del peralte en Curvas Circulares con curva de transición.



**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Diseño Geometrico DG-2014, 2015, pág. 173)

El siguiente cuadro muestra los valores de longitud mínima de transición de peralte, según la velocidad de diseño, considerando peralte inicial ( $P_i=0$ ), ancho de calzada de 4.00 m. y de eje de giro del peralte ubicado en el centro de la calzada ( $B=2.00$  m.).

Tabla 5. 13

Longitud mínima de transición de peralte ( $L_t$ )

VELOCIDAD (KN/H)	VALOR DEL PERALTE										
	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%
	LONGITUD MINIMA DE TRANSICION DE PERALTE (m)										
20	3	4	5	6	8	9	10	11	13	14	15
30	3	4	5	7	8	9	11	12	13	15	16
40	3	4	6	7	9	10	11	13	14	16	17
50	3	5	6	8	9	11	12	14	15	17	18
60	3	5	7	8	10	12	13	15	17	18	20
70	4	5	7	9	11	13	15	16	18	20	22
80	5	8	10	13	15	18	20	23	25	28	30

**Fuente:** Elaboración propia



## 5.8.6. TALUDES

### 5.8.6.1. TALUDES DE CORTE

Los taludes para las secciones en corte varían de acuerdo a la estabilidad de los terrenos necesarios a cortar para la conformación de la plataforma; la altura admisible del talud y su inclinación, a tabla 5.14 muestra valores referenciales de taludes en zonas de corte.

**Tabla 5. 14**

Valores referenciales para taludes en corte (relación **H: V**)

Clasificación de materiales de corte		Roca fija	Roca suelta	Material		
				Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas
Altura de corte	<5 m	1:10	1:6- 1:4	1:1- 1:3	1:1	2:1
	5-10 m	1:10	1:4- 1:2	1:1	1:1	*
	>10 m	1:8	1:2	*	*	*

**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Diseño Geometrico DG-2014, 2015, pág. 22)

(\*) Requerimiento de banquetas y/o estudio de estabilidad.

**Tabla 5. 15**

Valores de taludes en corte en el presente proyecto (relación **H:V**)

PROGRESIVA	TALUD (H:V)	OBSERVACION
0+000 – 1+700	1:3	TIERRA O METERIAL SUELTO
1+700 – 2+160	1:5	ROCA SUELTA
2+160 – 4+850	1:3	TIERRA O METERIAL SUELTO
4+850 – 5+920	1:5	ROCA SUELTA
5+920 – 6+070	1:8	ROCA FIJA
6+070 – 6+840	1:3	TIERRA O METERIAL SUELTO
6+840 – 7+120	1:5	ROCA SUELTA
7+120 – 8+500	1:3	TIERRA O METERIAL SUELTO
8+500 – 8+740	1:5	ROCA SUELTA
8+740 – 9+665	1:3	TIERRA O METERIAL SUELTO

**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.8.6.2. TALUDES DE TERRAPLENES

Las inclinaciones de las para terraplenes se asignaron de acuerdo al tipo del material de relleno (suelos granulares compuesto por gravas y arcillas limo arcillosas) y de las recomendaciones del estudio geológico y estudio de suelos. Así tenemos que:

**El talud de diseño en terraplenes para el presente proyecto es de 1:1.5 (V:H)**



En la tabla 5.15 se nuestros taludes referenciales

**Tabla 5. 16**

Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes)

Materiales	Talud (V:H)		
	Altura (m)		
	<5	5-10	>10
Gravas, limo arenoso y arcilla	1:1.5	1:1.75	1:2
Arena	1:2	1:2.25	1:2.5
Enrocado	1:1	1:1.25	1:1.5

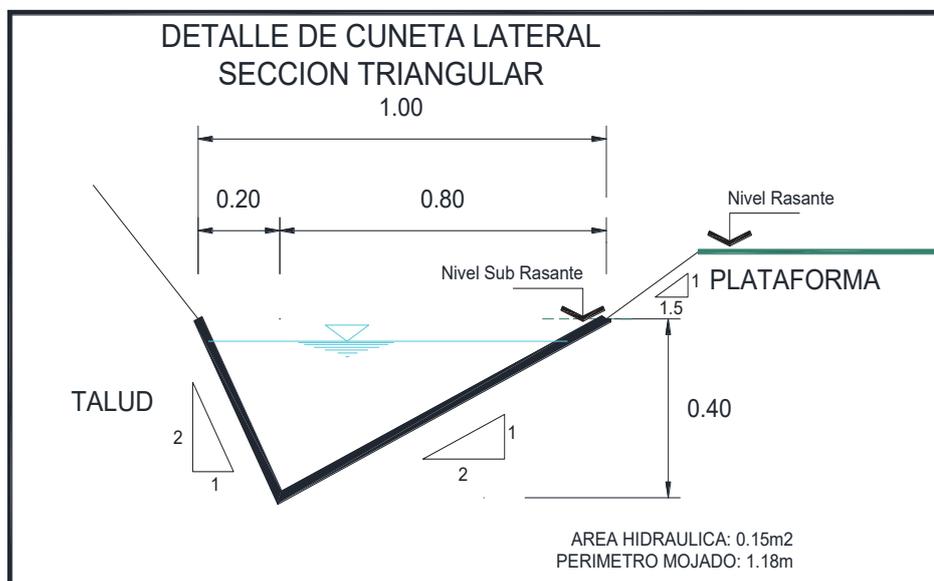
**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Diseño Geometrico DG-2014, 2015, pág. 226).

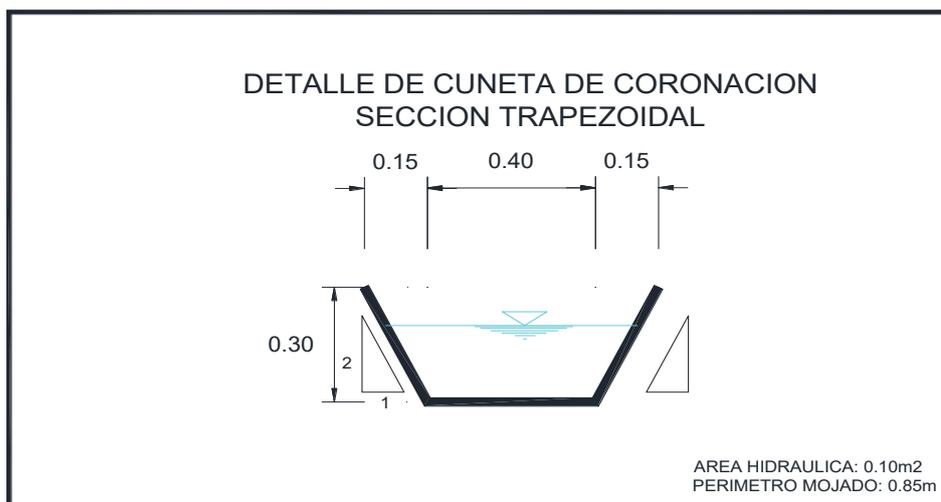
### 5.8.7. CUNETAS

La pendiente longitudinal mínima absoluta de las cunetas será de 0.5%, en concordancia con el manual de Hidrología e Hidráulica del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Se proyecta construir cunetas sin revestir de sección triangular a lo largo de la carretera las dimensiones adoptadas son de acuerdo a los resultados obtenidos del estudio hidrológico.

**Figura 5. 10.** Sección de las cunetas





**Fuente:** Elaboración propia, Estudio Hidrología del presente proyecto.

### 5.8.8. PLAZOLETAS DE CRUCE

A lo largo del tramo en estudio se ha proyectado plazoletas de cruce, una plazoleta por cada 500 m, las dimensiones de las plazoletas de cruce son, variables tal como se muestra en Tabla siguiente.

**Tabla 5. 17**

Dimensiones de Plazoletas de cruce

Nº	PROGRESIVA	DIMENSIONES (m)		DESCRIPCION
		X	Y	
1.-	0+520	15.00	2.00	Plazoleta natural N°1
2.-	1+010	15.00	3.50	Plazoleta natural N°2
3.-	1+800	10.80	1.90	Plazoleta natural N°3
4.-	2+350	14.90	1.80	Plazoleta natural N°4
5.-	2+620	12.00	1.80	Plazoleta natural N°5
6.-	3+120	25.00	3.10	Plazoleta natural N°6
7.-	3+720	25.00	2.50	Plazoleta natural N°7
8.-	4+140	22.40	2.10	Plazoleta natural N°8
9.-	4+600	20.90	1.80	Plazoleta natural N°9
10.-	5+160	19.00	3.20	Plazoleta natural N°10
11.-	5+640	23.00	5.40	Plazoleta natural N°11
12.-	6+150	17.00	1.80	Plazoleta natural N°12
13.-	6+780	17.00	1.90	Plazoleta natural N°13
14.-	7+330	25.00	2.10	Plazoleta natural N°14
15.-	8+000	21.00	4.70	Plazoleta natural N°15
16.-	8+440	25.00	2.10	Plazoleta natural N°16
17.-	9+080	15.00	1.80	Plazoleta natural N°17

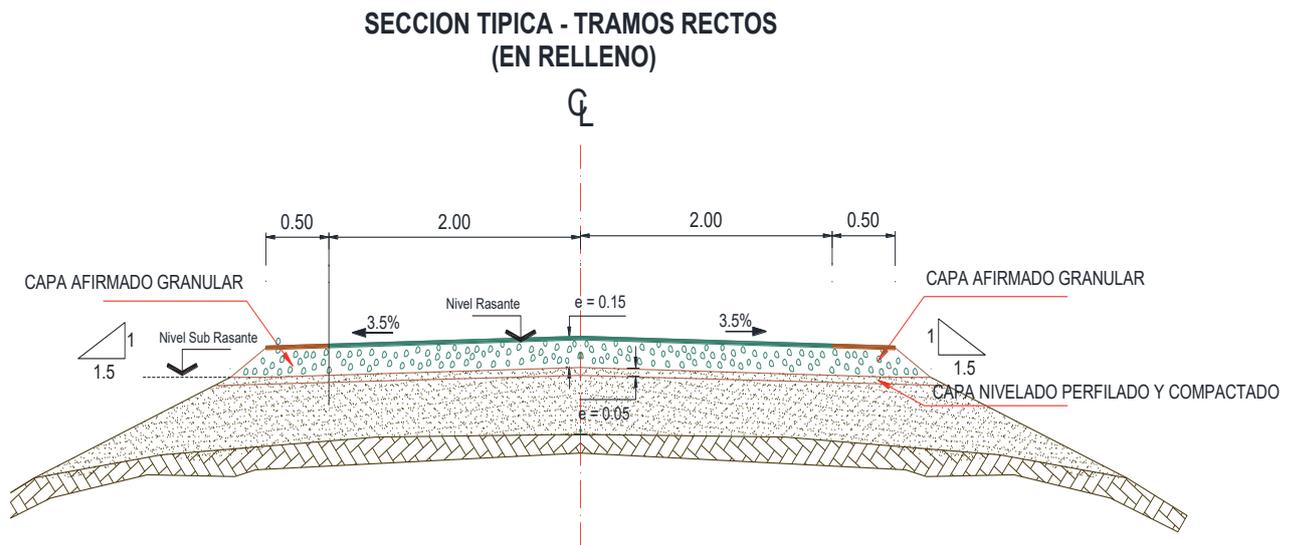
Fuente: Elaboración propia.

### 5.8.9. SECCION TIPICA DE LA VIA

Considerando todo lo analizado en los ítems anteriores, se obtiene las siguientes secciones típicas:

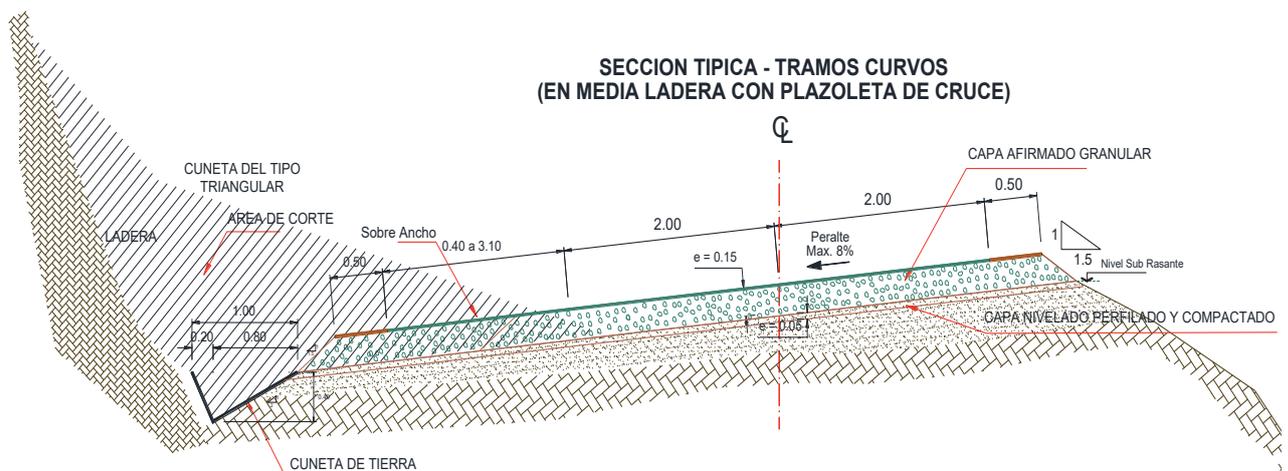
En los planos se muestra más a detalle

Figura 5. 11. Sección tipo en Tramos Rectos



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5. 12. Sección tipo en tramos Curvos



Fuente: Elaboración propia.



## 5.9. RESUMEN DE CARACTERISTICAS TECNICAS

El proyecto tiene una longitud total de 9 665.00 m. en la siguiente tabla se muestra las características técnicas del diseño vial de la carretera.

**Tabla 5. 18**

Características técnicas de la vía.

Parámetros de diseño	Característica - Valor	Observaciones
Categoría de la vía	Trocha carrozable de un solo carril	IMDA < 200 vehículos/día
Índice Medio Diario Anual	51 vehículos/día	IMDA proyectado al 2030
Orografía predominante	Tipo 3 y Tipo 4	
Velocidad de diseño	20 km/h	Todo el tramo
Radio mínimo	12 metros	En curvas de volteo y quebradas angostas
Pendiente máximo	8.63 %	Al inicio del tramo en una longitud de 190 m.
Peralte máximo	7.20%	
<b>Sección transversal</b>		
Ancho de la calzada	4.00 metros	Trocha carrozable
Ancho de las bermas	0.50 metros	Ancho mínimo
Bombeo	3.5 %	Superficie afirmada con precipitación mayor a 500 mm.
Ancho de la cuneta	1.00 metros	Todo el tramo
Ancho faja de dominio	16 metros	Ancho mínimo según DG-2014
Pendientes de taludes	variable	Según informe geotécnico

**Fuente:** Elaboración propia.



# CAPITULO VI: ESTUDIO HIDROLOGICO Y DISEÑO DE DRENAJE VIAL



## CAPITULO VI: ESTUDIO HIDROLOGICO Y DISEÑO DE DRENAJE VIAL

### 6.1. GENERALIDADES

El presente estudio está orientado a determinar por una parte los caudales de diseño de las obras de drenaje propuestas, ante condiciones de lluvias extremas que caen sobre las áreas de drenaje de los cauces que cruzan el eje de la vía; y por otra parte se enfoca al diseño hidráulico de las obras de drenaje necesarias, establecidas sobre la base de estudios de campo y del estudio hidrológico para garantizar la estabilidad de la carretera.

### 6.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

#### OBJETIVO PRINCIPAL

- ✚ Precisar los requerimientos necesarios de obras de drenaje, para el funcionamiento óptimo de la vía.

#### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✚ Evaluar las características hidrológicas de las quebradas que intercepta la vía.
- ✚ Calcular los caudales de diseño de las obras de drenaje transversal y longitudinal, del proyecto.
- ✚ Evaluación y planteamiento del sistema drenaje para el control del flujo de agua superficial en eventos extremos.
- ✚ Diseño de las obras de drenaje planteadas en el Capítulo III (inventario vial).

### 6.3. UBICACIÓN

El proyecto se encuentra ubicado en la jurisdicción de la región Cusco, Provincia de Paucartambo, distrito de Colquepata, la vía discurre entre altitudes de 3365 m.s.n.m. a 3676 m.s.n.m. ver Tabla 6.1.

**Tabla 6. 1**

Ubicación del área del proyecto.

REGION NATURAL	SIERRA
Región	Cusco
Provincia	Paucartambo
Distritos	Colquepata
Altitud	3365 á 3676 msnm
Se ubica en el cuadrante	13°20'28" S - 71°41'14" W
	12°24'04" S - 71°38'36" W
	Carta 27s

**Fuente:** Elaboración propia.



## 6.4. ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA PRECIPITACIÓN Y CAUDALES

Comprende el análisis de la información cartográfico y meteorológica de la cuenca, para determinar los caudales que se presenta, en las quebradas de cruce.

### PROCEDIMIENTO DE TRABAJO DE CAMPO Y GABINETE

El procedimiento para el Análisis Hidrológico fue el siguiente:

- ✚ Estudio de las microcuencas.
- ✚ Análisis de datos pluviométricos.
- ✚ Tormenta de diseño.

#### 6.4.1 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

Se dispuso de la información cartográfica, proveniente del Instituto Geográfico Nacional (IGN), que difunde las cartas geográficas nacionales con curvas de nivel a cada 50m, la Carta Nacional 27-s, esta carta se usó en forma digital (Shapefile) para delimitar la cuenca hidrográfica y para determinar los parámetros físicos de la cuenca.

En base a la identificación de las cuencas en la cartografía se ha complementado con la información recopilada en la visita a campo, los cuales han permitido delimitar e identificar las cuencas de drenaje que son interceptadas por la vía del proyecto.

#### 6.4.2. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

SENAMHI es la institución del estado encargado de la recolección de datos climáticos como Precipitaciones, temperaturas máxima, media y mínima, velocidad de viento, humedad relativa, etc. y datos Hidrométricos como caudales medios, máximos y mínimos de algunos ríos importantes del territorio peruano.

La información pluviométrica analizada en el presente estudio está conformada por los registros de “precipitación máxima en 24 horas”, de la estación meteorológica de Colquepata; en la Figura 6.1, se observa la estación de Colquepata y las estaciones cercanas a la zona de estudio.

Figura 6. 1. Ubicación de estaciones meteorológicas.



Fuente: SENAMHI.

Tabla 6. 2

Estaciones Meteorológicas

ESTACION:	LATITUD:	LONGITUD:	ALTITUD
COLQUEPATA / Dirección Zonal 12 - Cusco	13° 21' 47" S	71° 40' 23" W	3729 msnm
PAUCARTAMBO / Dirección Zonal 12 - Cusco	13° 19' 28" S	71° 35' 26" W	3042 msnm
PISAC / Dirección Zonal 12 - Cusco	13° 24' 58" S	71° 50' 59" W	2950 msnm

Fuente: Oficina General de Estadística e Informática SENAMHI – Zonal 12, Cusco.

### 6.4.3. ESTUDIO DE LAS MICROCUENCAS

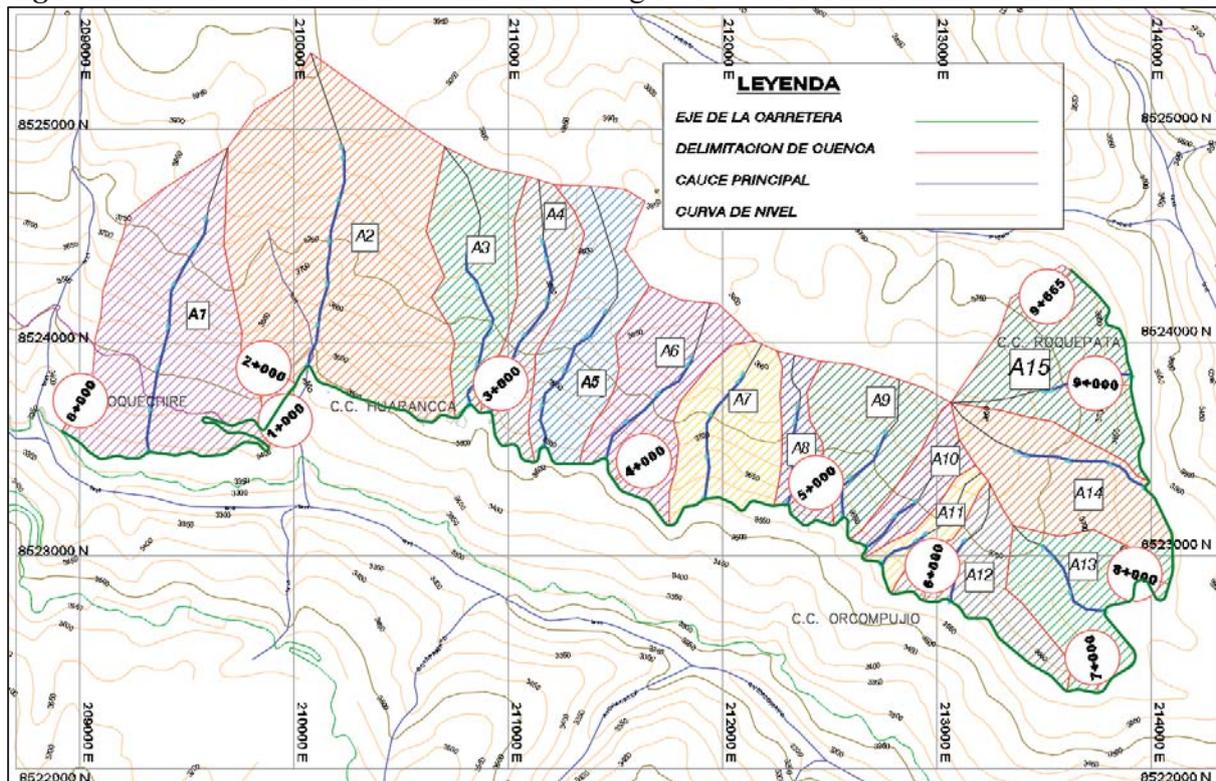
Hidrográficamente el área de estudio se encuentra en la Sub cuenca del río Quencomayo que constituye uno de los tributarios de la cuenca de Mapacho. En la cuenca la precipitación es de carácter estacional, el inicio de lluvias es en el mes de noviembre generalmente y se extiende hasta fines del mes de abril, cuyo régimen pluvial es variable e irregular, se tiene la presencia de años húmedos seguidos de años secos y eventos extremos.

A lo largo de la vía se ha identificado 15 microcuencas hidrográficas relacionadas con la carretera cuyas quebradas inciden en la vía.

Las características de las microcuencas mostradas en la Tabla 6.3, se refieren al área, perímetro, longitud de cauce principal, y la correspondiente progresiva, estos parámetros serán utilizados en los cálculos para obtener los tiempos de concentración y caudales de diseño, mediante el método correspondiente.



Figura 6. 2. Microcuencas Inventariadas a lo largo de la carretera.



Fuente: Elaboración propia.

### ÁREA Y PERIMETRO DE LA CUENCA

Es el área plana de la proyección horizontal del polígono que delimita su divisoria de aguas y el perímetro está definida como la longitud total de la divisoria de aguas de una cuenca, en metros (m).

### LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (L)

Está definida como la distancia desde el punto de interés al punto de nacimiento de cauce más alejado en kilómetros (km).

Tabla 6. 3

Características físicas de las microcuencas.

MICRO-CUENCA	PROGRESIVA ESTIMADA		AREA (m <sup>2</sup> )	PERIMETRO (m)	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (m)
	INICIO	FINAL			
A1	0+000	1+730	832021.33	4170.05	1147
A2	1+730	2+878	1373003.29	5230.62	1055
A3	2+878	3+038	367035.44	3066.22	775
A4	3+038	3+454	280120.06	3092.03	884
A5	3+454	3+757	405390.91	3509.24	745
A6	3+757	4+345	386724.96	3148.67	638
A7	4+345	4+930	333560.00	2489.33	640
A8	4+930	5+271	140121.44	2091.02	466



A9	5+271	5+444	315622.26	2426.57	478
A10	5+444	5+594	138053.22	1975.27	318
A11	5+594	5+834	90121.96	1756.63	252
A12	5+834	6+850	256386.12	2871.41	300
A13	6+850	8+210	345515.84	3031.09	458
A14	8+210	8+528	388308.24	2769.48	649
A15	8+528	9+665	449717.59	3055.28	434

**Fuente:** Elaboración Propia.

### 6.4.3.1. PARÁMETROS RELATIVOS AL RELIEVE

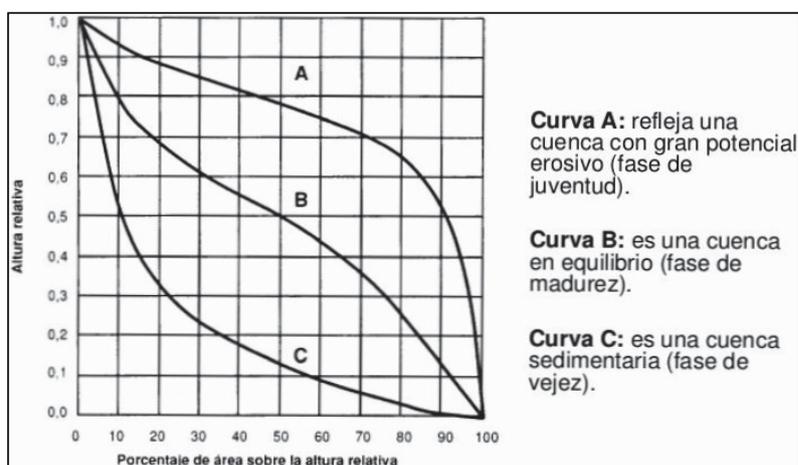
Los parámetros más utilizados son:

#### CURVA HIPSOMETRICA DE LA CUENCA

La curva hipsométrica es una curva que representa la relación entre la altitud y la superficie de la cuenca que queda sobre esa altitud, Dicha curva presenta, en ordenadas, las distintas cotas de altura de la cuenca, y en abscisas la superficie de la cuenca que se halla por encima de dichas cotas, en Km<sup>2</sup> o en porcentaje de la superficie total de la cuenca.

La forma de la cuenca puede indicar diferente estado de evolución y equilibrio de la cuenca, tal como se describe en el gráfico siguiente.

**Figura 6. 3.** Cambio de forma de la curva hipsométrica con la edad del río.



**Fuente:** Morfología de las cuencas hidrográficas. Ibanez, Sara. 2011.

- **Altura media.** Es la ordenada media de la curva hipsométrica, en ella el 50% del área de la cuenca, está situado por encima de esa altitud y el 50% está situado por debajo.
- **Altura más frecuente.** Es el máximo valor en porcentaje de la curva de frecuencia de altitudes.



- **Altitud de frecuencia media.** Es la altitud correspondiente al punto de abscisa media de la curva de frecuencia de altitudes.

Numéricamente la elevación media de la cuenca se obtiene con la siguiente ecuación:

$$E_m = \frac{\sum a * e}{A}$$

Donde:

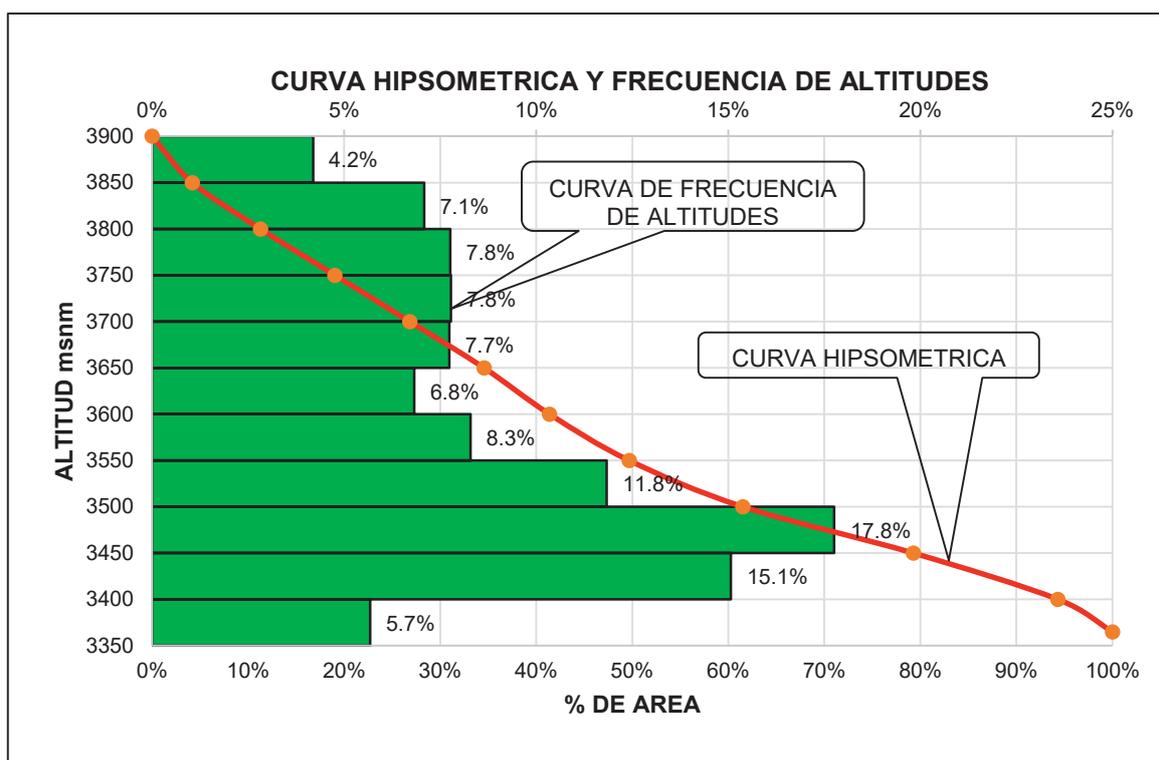
$E_m$  = elevación media .

$a$  = área entre dos contornos.

$e$  = elevación media entre dos contornos.

$A$  = Área total de la cuenca.

**Figura 6. 4.** Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes de la microcuenca A1.



**Fuente:** Elaboración Propia.

#### **PENDIENTE DE LA CUENCA (S%):**

Definida como la relación entre las cotas extremas (máxima y mínima) de un área y la distancia horizontal que separa los puntos con dichas cotas. Este parámetro es muy importante en el estudio de toda cuenca, pues influye en el tiempo de concentración de las aguas en un



determinado punto del cauce, existen diversos métodos para evaluar la pendiente de una cuenca, entre las que se pueden citar.

- Criterio de Alvord.
- Criterio de Horton.
- Criterio de Nash.
- Criterio de rectángulo equivalente.

El criterio de Alvord, plantea que la obtención de la pendiente de la cuenca está basada en la obtención previa de las pendientes existentes entre las curvas de nivel.

$$S(\%) = \frac{DL}{A} 100$$

Donde:

S = Pendiente de la cuenca.

D = Desnivel constante entre curvas de nivel, en Km.

L = Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca, en Km.

A = Área de la cuenca en Km.

### PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL (S)

La pendiente de un tramo de un río se puede considerar como el cociente que resulta de dividir el desnivel de los extremos del tramo, entre la longitud de dicho tramo (pendiente uniforme).

$$S(\%) = \frac{H_M - H_m}{1000 * L} * 100$$

Donde:

HM = Altitud mayor en metros.

Hm = Altitud menor en metros.

L = Longitud del curso de agua en Km.

El otro método utilizado para la determinación de la pendiente del cauce principal es el de **TAYLOR Y SCHWARZ**. Este método, considera que un río está formado por “n” tramos de igual longitud cada uno de ellos con pendiente uniforme.



$$S = \left[ \frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2$$

Donde:

n = Número de tramos iguales, en los cuales se subdivide el perfil.

S1, S2, ...Sn = Pendiente de cada tramo, según S=H/L.

S = Pendiente media del cauce.

**Tabla 6. 4**

Pendiente del cauce principal de las microcuencas, Método TAYLOR Y SCHWARZ.

MICRO-CUENCA	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (m)	PENDIENTES (%)						PENDIENTE CAUCE PRINCIPAL (%)
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	
A1	1147	35.29	25.46	37.68	53.52	42.14	34.10	36.63
A2	1055	36.07	44.41	48.24	43.71	41.63	35.43	41.20
A3	775	46.44	58.74	38.90	20.30			36.79
A4	884	53.37	72.81	28.82	13.04	15.82		26.64
A5	745	29.35	50.30	54.15	29.48			38.38
A6	638	66.60	43.51	23.71	18.11			31.34
A7	640	42.01	55.38	35.36	22.62			35.95
A8	466	51.47	38.84	20.10				32.92
A9	478	35.42	40.15	24.35				32.22
A10	318	39.31	38.12					38.71
A11	252	47.32	23.98					32.73
A12	300	50.49	36.27					42.50
A13	458	7.56	31.77	46.63				19.04
A14	649	22.25	35.64	35.10	32.59			30.57
A15	434	48.03	41.71	27.17				37.34

**Fuente:** Elaboración Propia.

### 6.4.3.2. PARÁMETROS HIDRAULICOS.

#### TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Es el tiempo que demora una partícula de agua caída en el punto hidrológicamente más alejado de la cuenca, para llegar a la salida de esta, (punto de interés). El tiempo de concentración se obtiene mediante ecuaciones experimentales.



### FÓRMULA DE KIRPICH:

$$Tc = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración en horas.

L = Longitud del curso principal en metros.

S = Pendiente a lo largo del cauce en m/m.

### FÓRMULA DE FÓRMULA DE J. R. TÉMEZ.

Donde:

$$Tc = 0.30 \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

Tc = Tiempo de concentración en horas.

L = Longitud del curso principal en kilómetros.

S = Pendiente media del curso principal (m/m)

### FORMULA DE BRANSBY WILLIAMS

$$Tc = \frac{14.6xL}{A^{0.1}xS^{0.2}}$$

Donde:

Tc =Tiempo de Concentración en minutos.

L = longitud de la corriente principal en Km.

A = Superficie de la cuenca en Km<sup>2</sup>.

S = Pendiente del cauce principal m/m.

**Tabla 6. 5**

Tiempo de concentración de las microcuencas.

MICRO-CUENCA	AREA (m <sup>2</sup> )	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (m)	PENDIENTE CAUCE PRINCIPAL (%)	TIEMPO DE CONCENTRACION (min)		
				J. R. TÉMEZ	BRANSBY WILLIAMS	Promedio
A1	832021	1147	36.63	24.18	20.85	22.51
A2	1373003	1055	41.20	22.19	17.82	20.00
A3	367035	775	36.79	17.93	15.28	16.61



A4	280120	884	26.64	21.07	19.10	20.08
A5	405391	745	38.38	17.26	14.42	15.84
A6	386725	638	31.34	15.95	12.92	14.43
A7	333560	640	35.95	15.57	12.80	14.18
A8	140121	466	32.92	12.44	10.34	11.39
A9	315622	478	32.22	12.74	9.82	11.28
A10	138053	318	38.71	9.02	6.84	7.93
A11	90122	252	32.73	7.81	5.85	6.83
A12	256386	300	42.50	8.48	5.96	7.22
A13	345516	458	19.04	13.63	10.36	11.99
A14	388308	649	30.57	16.23	13.20	14.72
A15	449718	434	37.34	11.51	8.36	9.93

*Fuente:* Elaboración Propio.

#### 6.4.4. ANALISIS DE DATOS PLUVIOMETRICOS

En la zona de interés existe la estación Meteorológica de Colquepata, la información pluviométrica registrada por esta estación permitirá definir con mayor precisión el comportamiento de la variable hidrometeorológica (caudal) en la zona del proyecto.

Para el estudio de las precipitaciones medias se ha empleado los registros de precipitaciones totales anuales de la estación de Colquepata, cuyos registros abarcan entre 1990 y 2017. ver: **Anexo HID-02.**

Al no existir estaciones de registro de: Tormentas (pluviogramas), caudales en el área del proyecto, así como ausencia de datos de escorrentía desde las laderas sobre la vía, se estimarán los caudales mediante la generación de caudales máximos, desde las precipitaciones máximas en 24 horas (ver Tabla 6.6 y **Anexo HID-03**) de la estación de Colquepata.

##### 6.4.4.1. ESTIMACION DE DATOS FALTANTES

La estimación de datos faltantes se realiza mediante la correlación.

#### METODO DE LA RECTA DE REGRESION

La recta de regresión es uno de los métodos de correlacionar registros, para ello se utiliza los datos de estación índice, que si tienen los datos completos y que se seleccionan de modo que este lo más cerca posible y sea de altitud parecida a la estación en estudio, distancia y altitud son pues los factores principales para la selección de las estaciones índice.

En nuestro caso, haciendo un análisis inicial contamos con una estación meteorológica, la cual se encuentra sin datos faltantes, es decir tienen registros completos ver **Anexo HID-02** y **Anexo HID-03**



#### 6.4.4.2. PRECIPITACION MEDIA ANUAL

La precipitación media anual para el proyecto en estudio es la registrada por la estación meteorológica de Colquepata, con 28 registros desde el año de 1990 al 2017 con un resultado de 531.10 mm, ver **Anexo HID-02**.

#### 6.4.4.3. PRECIPITACION MAXIMA DIARIA

La precipitación máxima diaria en la zona del proyecto ha sido evaluada con el propósito de determinar la tormenta de diseño y estimar las descargas máximas que se pueden presentar en las diferentes quebradas que interceptan la vía. Para ello, se ha utilizado la información histórica correspondiente a las precipitaciones máximas en 24 horas registrada en la estación meteorológica de Colquepata, entre los años 1990 a 2014, ver Tabla 6.6

**Tabla 6. 6**

Serie Histórica de Precipitación Máxima en 24 Horas, Estación Colquepata.

Nº DATOS	AÑO	PRECIPIATACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)
1	1990	9.3
2	1991	8.1
3	1992	7.8
4	1993	5.7
5	1994	6.6
6	1995	4.4
7	1996	4.7
8	1997	5.7
9	1998	25.3
10	1999	33.3
11	2000	20.1
12	2001	33.6
13	2002	35.5
14	2003	48.2
15	2004	27.6
16	2005	26.3
17	2006	37.5
18	2007	26.7
19	2008	26
20	2009	34
21	2010	39
22	2011	25.3
23	2012	33.8
24	2013	35
25	2014	26.2
Promedio		23.43



Desv. estándar	13.11
----------------	-------

**Fuente:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

#### 6.4.5. TORMENTA DE DISEÑO

Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico; Para determinación de la tormenta de diseño es recomendable contar con información obtenida a través de un pluviógrafo, ya que este equipo provee información instantánea, sin embargo, la mayoría de las estaciones de medición de precipitaciones solo cuentan con pluviómetros que solo proveen de valores medios. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 33).

Por tal razón para determinar los valores extremos se hace uso del registro de Máxima Precipitación en 24 horas.

##### 6.4.5.1 PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE

Las pruebas de bondad de ajuste consisten en comprobar gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada se ajusta a una determinada función de probabilidad teórica seleccionada, con los parámetros estimados con base en los valores muestrales.

Las pruebas de bondad de ajuste grafico más utilizado en hidrología son la Chi Cuadrado y la Kolmogorov – Smirnov;

En el presente proyecto lo analizaremos con la prueba Kolmogorov – Smirnov.

#### SMIRNOV - KOLMOGOROV

Método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permite elegir la más representativa, es decir la de mejor ajuste.

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D existente entre la función de distribución de probabilidad observada  $P(x)$  y la probabilidad teórica o esperada  $F(x)$ .

$$D = \max|P(x) - F(x)|$$

Donde:

D = Estadístico de Smirnov-Kolmogorov, cuyo valor es igual a la diferencia máxima existente entre la probabilidad observada y la probabilidad esperada

$F(x)$  = Probabilidad teórica o esperada

$P(x)$  = Probabilidad (observada, ajustada, empírica, experimental)



Con valor crítico “d” que depende del número de datos y un nivel de significación  $\alpha$ , si  $D < d$  se acepta la hipótesis.

La prueba de bondad en el presente proyecto fue realizada utilizando el software **HidroEsta** desarrollado por la Escuela de Ingeniería Agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Programado por: Max Soft Máximo Billón Béjar

Observando los resultados de la prueba de bondad, los datos de las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación meteorológico de Colquepata se ajustan más a la **distribución de Gumbel**, los cálculos se muestran en el **Anexo N° HID-04**.

#### 6.4.5.2. MODELOS DE DISTRIBUCION

El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos.

En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; pero de las varias distribuciones de valores extremos la que aceptación ha tenido es la distribución de valores extremos tipo I o distribución de Gumbel.

#### DISTRIBUCIÓN DE GUMBEL

La distribución de Valores Tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Según Ven Te Chow, la distribución puede expresarse de la siguiente forma:

$$x = \bar{x} + k\sigma_x$$

Donde:

$x$  = Valor con una probabilidad dada.

$\bar{x}$  = Media de la serie.

$k$  = Factor de frecuencia.

$\sigma_x$  = Desviación estándar de la serie.

$$k = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left[ 0.5772 + \ln \left( \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right) \right]$$

Donde:



$T$  = Periodo de retorno.

La Tabla 6.7, muestra los resultados de los cálculos de precipitaciones máximas para distintos periodos de retorno, usando la distribución de Gumbel, para ver los cálculos ver **Anexo HID-05**.

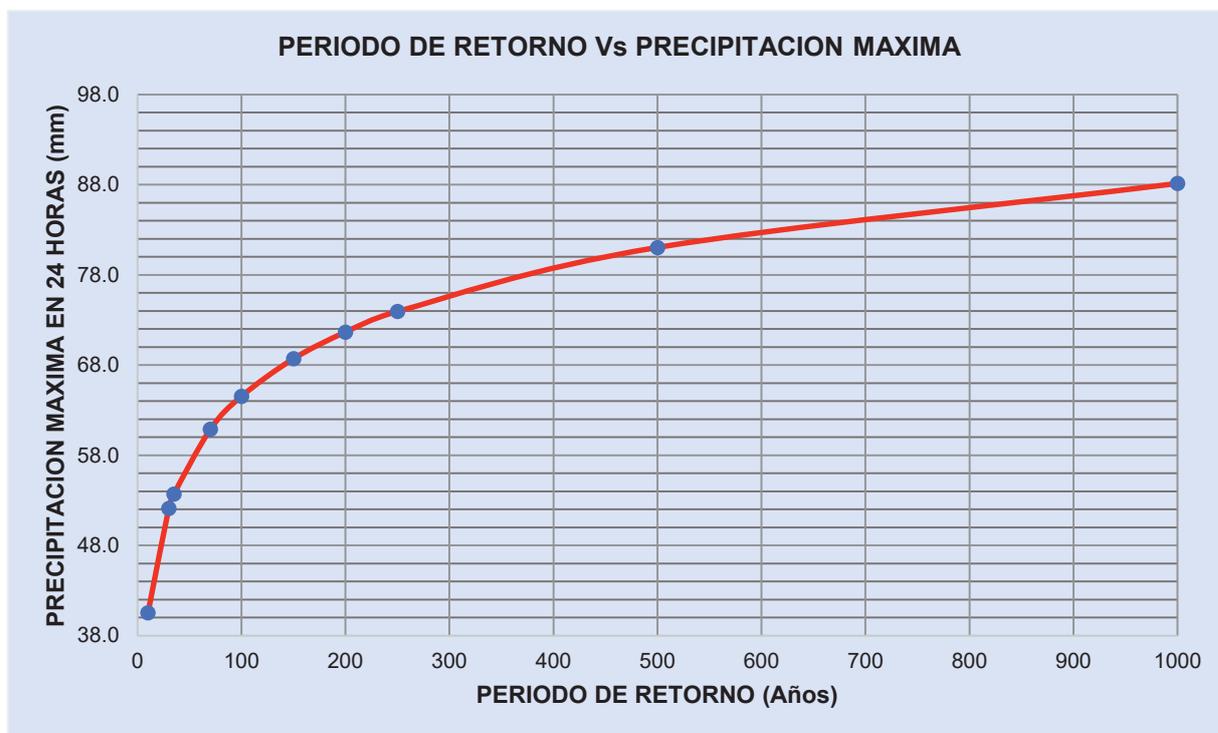
**Tabla 6. 7**

Precipitaciones máximas, para distintos periodos de Retorno, distribución normal

T	P	K	Pmax 24h
(años)			(mm)
10	0.10000	1.3046	40.5334
30	0.03333	2.1887	52.1259
35	0.02857	2.3108	53.7268
70	0.01429	2.8569	60.8874
100	0.01000	3.1367	64.5560
150	0.00667	3.4541	68.7183
200	0.00500	3.6791	71.6680
250	0.00400	3.8535	73.9544
500	0.00200	4.3947	81.0509
1000	0.00100	4.9355	88.1423

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 6. 5.** Curva estándar de precipitación máxima en 24 horas - Periodo de retorno, estación de Colquepata



*Fuente:* Elaboración Propia



### 6.4.5.3. CURVAS INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA

La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/h).

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

Donde:

P = es la profundidad de lluvia (mm)

d = es la duración, dada usualmente en horas.

La frecuencia se expresa en función del período de retorno, T, que es el intervalo de tiempo promedio entre eventos de precipitación que igualan o exceden la magnitud de diseño.

La expresión más común para estimar el periodo de retorno, a partir de valores de datos, es la desarrollada por Weibull (1939), dada por:

$$T = \frac{N + 1}{m} ; \quad P = \frac{m}{N + 1}$$

Donde:

T = es el periodo de retorno en años.

N = el número total de datos de la muestra a analizar.

m = el valor de rango de cada valor.

Para determinar estas curvas IDF se necesita contar con registros pluviográficos de lluvia en el lugar de interés y seleccionar la lluvia más intensa de diferentes duraciones en cada año.

En nuestro país, debido a la escasa cantidad de información pluviográfica con que se cuenta, difícilmente pueden elaborarse estas curvas. Ordinariamente solo se cuenta con lluvias máximas en 24 horas, por lo que el valor de la Intensidad de la precipitación pluvial máxima generalmente se estima a partir de la precipitación máxima en 24 horas,

Las intensidades máximas, pueden ser calculadas mediante la metodología de **Dick Peschke (Guevara, 1991)** que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas. La expresión es la siguiente:

Donde:

$$P_d = P_{24h} \left( \frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$



$P_d$  = precipitación total (mm)

$d$  = duración en minutos;

$P_{24h}$  = precipitación máxima en 24 horas (mm)

La intensidad se halla dividiendo la precipitación  $P_d$  entre la duración.

En la Tabla 6.8 y Figura 6.6 se muestran los resultados del análisis de las tormentas, los cálculos se muestran en el **Anexo HID-06**.

La ecuación de ajuste de correlación potencial múltiple Intensidad, Periodo y Duración, se obtiene ingresando los valores mostrados en la Tabla 6.8 al software HidroEsta.

**Tabla 6. 8**

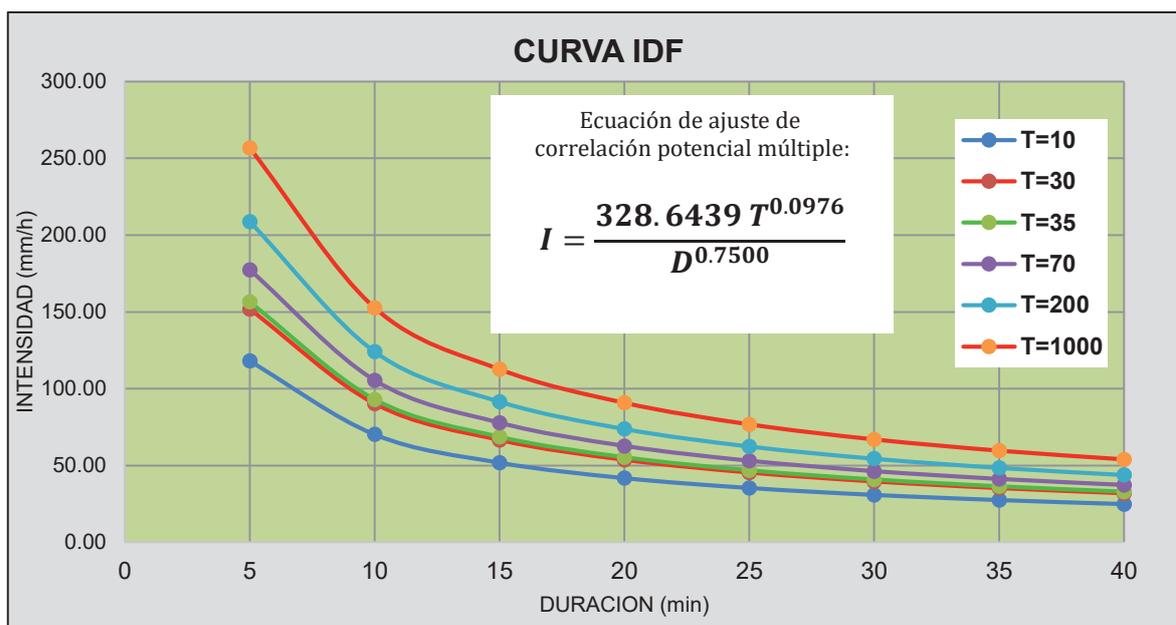
Intensidad (mm/h) para diferentes duraciones (d) y periodos de retorno (T), metodología de DICK PESCHKE, estación de Colquepata.

T (años)	Pmax 24h (mm)	PERIODO DE DURACION (min)/Intensidades mm/h							
		5	10	15	20	25	30	35	40
10	40.53	118.07	70.21	51.80	41.74	35.31	30.80	27.44	24.82
30	52.13	151.84	90.28	66.61	53.68	45.41	39.61	35.28	31.92
35	53.73	156.50	93.06	68.66	55.33	46.81	40.82	36.37	32.90
70	60.89	177.36	105.46	77.81	62.71	53.04	46.26	41.21	37.29
100	64.56	188.05	111.81	82.50	66.49	56.24	49.05	43.70	39.53
150	68.72	200.17	119.02	87.81	70.77	59.87	52.21	46.51	42.08
200	71.67	208.77	124.13	91.58	73.81	62.44	54.46	48.51	43.89
250	73.95	215.43	128.09	94.51	76.16	64.43	56.19	50.06	45.29
500	81.05	236.10	140.38	103.57	83.47	70.61	61.59	54.86	49.63
1000	88.14	256.75	152.67	112.64	90.78	76.79	66.97	59.66	53.98

**Fuente:** Elaboración propia



Figura 6. 6. Curva intensidad - Duración - periodo de retorno, estación de Colquepata



Fuente: Elaboración propia.

Las intensidades máximas que se presentan en las microcuencas se calculan utilizando la ecuación de ajuste de correlación potencial múltiple que se observa en la figura anterior, utilizando valores de las tablas: Tabla 6.5 (tiempo de concentración) y la Tabla 6.11 (Periodo de retorno).

Tabla 6. 9

Intensidades Máximas en las microcuencas, para periodos de retorno de 30, 35 y70 años

MICROCUENCA		INTENSIDAD MAX. mm/h		
Nº	Tc (dur.)	T= 30	T= 35	T= 70
A1	22.51	44.31	44.99	48.13
A2	20.00	48.43	49.16	52.60
A3	16.61	55.68	56.53	60.48
A4	20.08	48.28	49.01	52.44
A5	15.84	57.69	58.56	62.66
A6	14.43	61.86	62.79	67.19
A7	14.18	62.67	63.62	68.07
A8	11.39	73.86	74.98	80.23
A9	11.28	74.41	75.54	80.83
A10	7.93	96.89	98.36	105.25
A11	6.83	108.42	110.06	117.77
A12	7.22	104.01	105.58	112.97
A13	11.99	71.06	72.14	77.19
A14	14.72	60.96	61.88	66.21
A15	9.93	81.86	83.10	88.91

Fuente: Elaboración propia



## 6.5. DISEÑO DE DRENAJE VIAL

Consiste en determinar el tipo las dimensiones y la ubicación de la estructura de drenaje necesario para el buen funcionamiento de la vía, para lo cual se tendrá en cuenta los resultados obtenidos en la etapa de análisis hidrológico.

### 6.5.1. SELECCIÓN DE PERIODO DE RETORNO

El tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada “T” años, se le denomina Período de Retorno “T”. Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla para una vida útil de n años.

Para adoptar el período de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este último, de factores económicos, sociales, técnicos y otros.

El riesgo de falla admisible en función del período de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

n: vida útil de la obra (años)

T: período de retorno (años)

R: riesgo de falla admisible, el cual es la probabilidad de ocurrencia del pico de la creciente estudiada, durante la vida útil de la obra.

**Tabla 6. 10**

Valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje.

TIPO DE OBRA	RIESGO ABMISIBLE (**) %
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

(\*) - Para obtención de la luz y nivel de aguas máximas extraordinarias.



- Se recomienda un período de retorno T de 500 años para el cálculo de socavación.

(\*\*) - Vida Útil considerado (n)

- Puentes y Defensas Ribereñas n= 40 años.
- Alcantarillas de quebradas importantes n= 25 años.
- Alcantarillas de quebradas menores n= 15 años.
- Drenaje de plataforma y Sub-drenes n= 15 años.

- Se tendrá en cuenta, la importancia y la vida útil de la obra a diseñarse.

- El Propietario de una Obra es el que define el riesgo admisible de falla y la vida útil de las obras.

**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 25)

Los periodos de recurrencia media, para el diseño de las obras de drenaje y protección, se ajustaron a los valores mínimos establecidos en la normatividad vigente (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje), y se detallan en la Tabla 6.11.

**Tabla 6. 11**

Periodos de retorno para las estructuras de drenaje.

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE %	Vida útil (Recomendado Manual de Hidrología)	Periodo de Retorno (T)
Puentes	25	40 años	150 años
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30	25 años	70 años
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35	15 años	35 años
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40	15 años	30 años
Subdrenes	40	15 años	30 años
Defensas Ribereñas	25	40 años	150 años

**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 25).

## 6.5.2. ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS

El conocimiento adecuado de los valores del caudal máximo de descarga en cada una de las microcuencas es importante para definir el diseño de las obras hidráulicas y el comportamiento de las mismas. Para determinar el caudal máximo ello se ha utilizado el método Racional.

### 6.5.2.1. METODO RACIONAL

Estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente C (coef. escorrentía) estimado sobre la base de las características de la cuenca. Muy usado para cuencas, A<10 Km<sup>2</sup>.



El método asume que la magnitud de una descarga originada por cualquier intensidad de precipitación alcanza su máximo cuando esta tiene un tiempo de duración igual o mayor que el tiempo de concentración.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = Descarga máxima de diseño (m<sup>3</sup>/s)

C = Coeficiente de escorrentía (Ver Tabla N° 08)

I = Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A = Área de la cuenca (Has).

### COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

El agua que llega al cauce de evacuación representa una fracción de la precipitación total. A esa fracción se le denomina coeficiente de escorrentía, que no tiene dimensiones y se representa por la letra C.

$$C = \frac{V_{\text{escorrentia superficial total}}}{V_{\text{precipitado Total}}}$$

El valor de C depende de las características geomorfológicas de la zona: topografía, naturaleza del suelo y cobertura vegetal.

En la siguiente tabla se muestra los valores de C.

**Tabla 6. 12**

Valores del coeficiente de escorrentía(C) Método Racional

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15

**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 50)



Remplazando los valores a la expresión de método racional determinamos los caudales máximos para diferentes periodos de retorno, tal como se aprecia en la siguiente Tabla.

**Tabla 6. 13**

Caudales máximos en las microcuencas

MICROCUENCA		COEFICIENTE DE ESCORRENTIA	CAUDAL MAXIMO (m3/s)		
Nº	AREA (Has)		T= 30 AÑOS	T= 35 AÑOS	T= 35 AÑOS
A1	83.20	0.5	5.12	5.20	5.56
A2	137.30	0.5	9.23	9.37	10.03
A3	36.70	0.5	2.84	2.88	3.08
A4	28.01	0.5	1.88	1.91	2.04
A5	40.54	0.5	3.25	3.30	3.53
A6	38.67	0.5	3.32	3.37	3.61
A7	33.36	0.5	2.90	2.95	3.15
A8	14.01	0.5	1.44	1.46	1.56
A9	31.56	0.5	3.26	3.31	3.54
A10	13.81	0.5	1.86	1.89	2.02
A11	9.01	0.5	1.36	1.38	1.47
A12	25.64	0.5	3.70	3.76	4.02
A13	34.55	0.5	3.41	3.46	3.70
A14	38.83	0.5	3.29	3.34	3.57
A15	44.97	0.5	5.11	5.19	5.55

*Fuente:* Elaboración propia

### 6.5.3. DIMENSIONAMIENTO DE OBRAS DE DRENAJE

La verificación de la capacidad de las estructuras se ha realizado tomando en cuenta la siguiente expresión:

$$Q_E \geq Q_d$$

Donde:

Qd = Caudal de diseño en m3/s (proveniente del estudio hidrológico).

Q<sub>E</sub> = Caudal de la estructura o en m3/s.

### 6.5.4. CUNETAS

Las cunetas son zanjas longitudinales revestidas o sin revestir abiertas en el terreno, ubicadas a ambos lados o a un solo lado de la carretera, con el objeto de captar, conducir y evacuar adecuadamente los flujos del agua superficial.

El diseño de las cunetas ha contemplado las siguientes consideraciones climáticas y geométricas:



### 6.5.4.1. CAPACIDAD DE LAS CUNETAS

Se rige por dos límites:

- ✚ Caudal que transita con la cuneta llena.
- ✚ Caudal que produce la velocidad máxima admisible.

Para el diseño hidráulico de las cunetas utilizaremos el principio del flujo en canales abiertos, usando la ecuación de Manning:

$$Q = A V = \frac{A \times R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/s).

V: Velocidad media de flujo (m/s).

A: Área de la sección hidráulica (m<sup>2</sup>).

P: Perímetro mojado (m).

R: A/P Radio hidráulico (m), (área de la sección entre el perímetro mojado).

S: Pendiente de fondo (m/m).

n: Coeficiente de rugosidad de Manning. (ver Tabla 6.15)

**Tabla 6. 14**

Velocidades límites admisibles.

TIPO DE SUPERFICIE	VELOCIDAD LÍMITE ADMISIBLE (m/s)
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20 – 0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60 – 0.90
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0.60 – 1.20
Arcilla grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 – 1.50
Hierba	1.20 – 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 – 2.40
Mampostería, rocas duras	3.00 – 4.50*
Concreto	4.50 – 6.00*

\* Para flujos de muy corta duración

**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 175).



**Tabla 6. 15**

Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n)

TIPO DE CANAL			MNIMO	NORMAL	MAXIMO
A. CONDUCTO CERRADO CON ESCURRIMIENTO PARCIALMENTE LLENO	METALICOS	a. metal corrugado			
		Sub dren	0.017	0.019	0.021
		Dren para aguas de lluvia	0.021	0.024	0.030
B. EXCAVADO		a. Tierra, recto y uniforme Nuevo	0.016	0.018	0.020
		Grava	0.022	0.025	0.030
		con algo de vegetación	0.022	0.027	0.033

**Fuente:** Elaboración propia en base a, Hidráulica de Canales Abiertos, Ven Te Chow, 1983.

#### 6.5.4.2. DIMENSIONES MÍNIMAS

Las dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviales. De elegir la sección triangular, las dimensiones mínimas serán las indicadas en la Tabla 6.16.

**Tabla 6. 16**

Dimensiones mínimas de las cunetas

REGIÓN	PROFUNDIDAD (D) (M)	ANCHO (A) (M)
Seca (<400 mm/año)	0.20	0.50
Lluviosa (De 400 a <1600 mm/año)	0.30	0.75
Muy lluviosa (De 1600 a <3000 mm/año)	0.40	1.20
Muy lluviosa (>3000 mm/año)	0.30*	1.20

\* Sección Trapezoidal con un ancho mínimo de fondo de 0.30

**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 178)

#### 6.5.4.3. LONGITUD DEL TRAMO

La descarga de agua de las cunetas se efectuará por medio de alcantarillas de alivio. La longitud del tramo de cuneta que se ha adoptado para el estudio depende de varios factores: ubicación de entregas naturales (quebradas, ríos, etc.), ubicación de puntos bajos que presenta el perfil de la carretera y pendiente muy pronunciada. Se ha adoptado que las longitudes varíen entre 200 a 250 aproximadamente.

#### 6.5.4.4. CAUDAL Q DE APORTE

Para la determinación del caudal de aporte hacia la cuneta generada por la carretera se ha tomado la precipitación máxima diaria registrada en la estación Colquepata para un período de retorno de 30 años. (ver tabla 6.11)



Se está considerando una longitud máxima de 250 m para la descarga de las cunetas, valor recomendado para regiones poco lluviosas en el Manual de carreteras; Hidrología, Hidráulica y Drenaje, MTC/2014, siendo evaluado hidráulicamente para la verificación de los caudales.

Para determinar el caudal de diseño se está considerando el aporte de 2 zonas bien diferenciadas:

- ✚ desde la calzada
- ✚ desde áreas colindantes (talud superior, una faja de 75m)

El caudal del área de aporte, correspondiente a la longitud de cuneta. Se calcula mediante el Método racional:

En el cálculo del aporte realizado por la calzada se ha considerado todo el ancho de la misma por la longitud de la cuneta. En el aporte de las áreas colindantes, se ha considerado hasta una altura de 75 m por la longitud de la cuneta.

**Tabla 6. 17**

Lista de cunetas proyectadas en el presente proyecto.

TRAMO DE CUNETA		LONGITUD DE CUNETA (m)	Qd (m3)	S %	EVALUACION HIDRAULICA DE LA CUNETA			QE>=Qd	F.S.
Inicio	Fin				Tirante (m)	ANCHO	QE(m3/s)		
0+000	0+120	120.0	0.06	6.63	0.35	0.88	0.406	OK	5.21
0+120	0+306	186.0	0.10	6.63	0.35	0.88	0.406	OK	3.36
0+306	0+460	154.0	0.08	5.23	0.35	0.88	0.360	OK	3.60
0+460	0+660	200.0	0.10	6.99	0.35	0.88	0.416	OK	3.21
0+660	0+860	200.0	0.10	6.99	0.35	0.88	0.416	OK	3.21
0+860	1+060	200.0	0.10	6.99	0.35	0.88	0.416	OK	3.21
1+060	1+270	210.0	0.11	6.99	0.35	0.88	0.416	OK	3.05
1+270	1+427	157.0	0.08	5.14	0.35	0.88	0.357	OK	3.50
1+427	1+660	233.0	0.12	5.14	0.35	0.88	0.357	OK	2.36
1+660	1+900	240.0	0.13	5.14	0.35	0.88	0.357	OK	2.29
1+900	2+100	200.0	0.10	6.97	0.35	0.88	0.416	OK	2.93
2+100	2+280	180.0	0.09	4.71	0.35	0.88	0.342	OK	2.68
2+280	2+400	120.0	0.06	4.71	0.35	0.88	0.342	OK	4.02
2+400	2+600	200.0	0.10	6.52	0.35	0.88	0.402	OK	2.83
2+600	2+800	200.0	0.10	6.52	0.35	0.88	0.402	OK	2.83
2+800	2+975	175.0	0.09	4.31	0.35	0.88	0.327	OK	2.63
2+975	3+055	80.0	0.04	4.31	0.35	0.88	0.327	OK	5.01
3+055	3+088	33.0	0.02	-0.96	0.35	0.88	0.154	OK	6.61
3+088	3+305	217.0	0.12	-1.50	0.35	0.88	0.193	OK	1.26
3+305	3+435	130.0	0.07	2.94	0.35	0.88	0.270	OK	2.94
3+435	3+548	113.0	0.06	-0.92	0.35	0.88	0.151	OK	1.89



3+548	3+768	220.0	0.12	-1.5	0.35	0.88	0.193	OK	1.36
3+768	3+883	115.0	0.06	0.59	0.35	0.88	0.121	OK	1.52
3+883	4+080	197.0	0.10	1.5	0.35	0.88	0.193	OK	1.42
4+080	4+270	190.0	0.10	5.27	0.35	0.88	0.362	OK	2.10
4+270	4+468	198.0	0.10	5.27	0.35	0.88	0.362	OK	2.02
4+468	4+617	149.0	0.08	5.27	0.35	0.88	0.362	OK	2.64
4+617	4+830	213.0	0.11	7.08	0.35	0.88	0.419	OK	2.14
4+830	4+997	167.0	0.09	7.08	0.35	0.88	0.419	OK	2.73
4+997	5+180	183.0	0.10	5.44	0.35	0.88	0.367	OK	1.86
5+180	5+338	158.0	0.08	5.44	0.35	0.88	0.367	OK	2.15
5+338	5+530	192.0	0.10	1.02	0.35	0.88	0.159	OK	1.44
5+530	5+680	150.0	0.08	1.02	0.35	0.88	0.159	OK	1.42
5+680	5+734	54.0	0.03	1.02	0.35	0.88	0.159	OK	1.85
5+734	5+901	167.0	0.09	-2.18	0.35	0.88	0.233	OK	1.67
5+901	6+135	234.0	0.12	2.2	0.35	0.88	0.234	OK	1.25
6+135	6+336	201.0	0.11	5.57	0.35	0.88	0.372	OK	1.59
6+336	6+563	227.0	0.12	2.82	0.35	0.88	0.265	OK	1.45
6+563	6+745	182.0	0.10	4.92	0.35	0.88	0.349	OK	1.26
6+745	6+892	147.0	0.08	4.92	0.35	0.88	0.349	OK	1.56
6+892	7+104	212.0	0.11	-4.49	0.35	0.88	0.334	OK	1.51
7+104	7+310	206.0	0.11	-1.91	0.35	0.88	0.218	OK	1.33
7+310	7+516	206.0	0.11	-1.91	0.35	0.88	0.218	OK	1.33
7+516	7+755	239.0	0.12	-1.24	0.35	0.88	0.175	OK	1.34
7+755	7+991	236.0	0.12	-1.24	0.35	0.88	0.175	OK	1.36
7+991	8+180	189.0	0.10	-3.71	0.35	0.88	0.303	OK	1.54
8+180	8+317	137.0	0.07	-4.4	0.35	0.88	0.330	OK	2.32
8+317	8+389	72.0	0.04	0.95	0.35	0.88	0.154	OK	2.39
8+389	8+497	108.0	0.06	0.95	0.35	0.88	0.154	OK	1.59
8+497	8+511	14.0	0.01	0.95	0.35	0.88	0.154	OK	12.28
8+511	8+778	267.0	0.14	-1.72	0.35	0.88	0.207	OK	1.65
8+778	9+065	287.0	0.15	6.34	0.35	0.88	0.397	OK	1.51
9+065	9+265	200.0	0.10	6.34	0.35	0.88	0.397	OK	1.65
9+265	9+470	205.0	0.11	6.34	0.35	0.88	0.397	OK	1.61
9+470	9+665	195.0	0.10	5.62	0.35	0.88	0.373	OK	1.60

*Fuente:* Elaboración propia

La capacidad de conducción para las secciones de cuneta típicas y el diseño hidráulico de las cunetas se muestran en los anexos; **ANEXO HID-08** y **ANEXO HID-09**, respectivamente.

### 6.5.5. DISEÑO DE ALCANTARILLAS

Se define como alcantarilla a la estructura cuya luz sea menor a 6.0m y su función es evacuar el flujo superficial proveniente de cursos naturales o artificiales que interceptan la carretera.

En la proyección e instalación de alcantarillas el aspecto técnico debe prevalecer sobre el aspecto económico, es decir que no pueden sacrificarse ciertas características hidráulicas sólo con el objetivo de reducir los costos.

#### 6.5.5.1. UBICACIÓN EN PLANTA

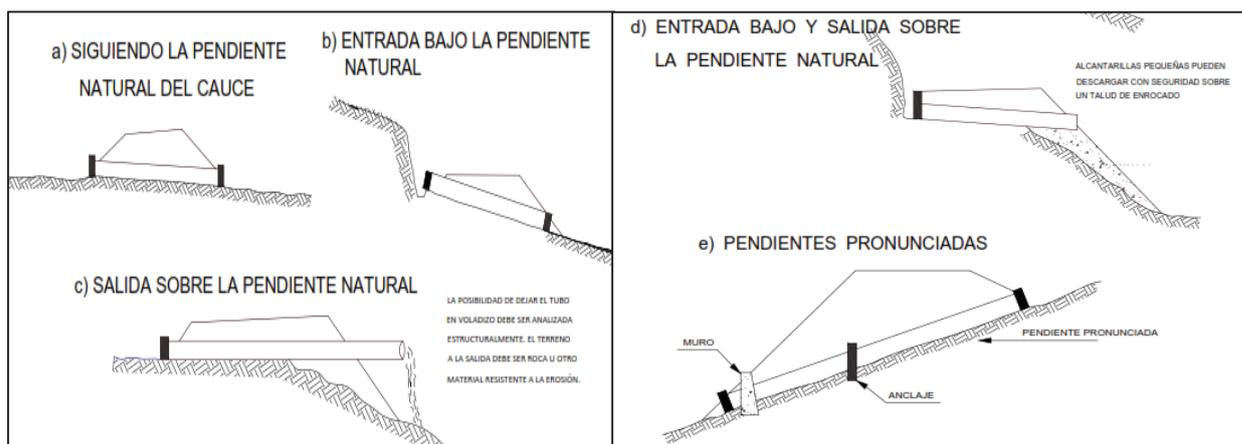
La ubicación de las alcantarillas en planta sigue la dirección de la corriente, sin embargo, en algunas alcantarillas según requerimiento del Proyecto la ubicación natural se desplaza páralo cual se plantean obras protecciones tanto en la entrada y salida de las alcantarillas.

#### 6.5.5.2. PENDIENTE LONGITUDINAL

Las alcantarillas se colocarán con una pendiente máxima de 4% para que no altere los procesos geomorfológicos tales, como la erosión y sedimentación.

En la figura 6.7, se aprecia la ubicación típica de alcantarillas respecto a la pendiente del cauce.

**Figura 6. 7.** Ubicación típica de alcantarillas respecto a la pendiente del cauce



**Fuente.** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 206)

#### 6.5.5.3. ELECCIÓN DEL TIPO DE ALCANTARILLA

Los tipos de alcantarillas comúnmente utilizadas en proyectos de carreteras en nuestro país son; marco de concreto, tuberías metálicas corrugadas, tuberías de concreto, as secciones más usuales son circulares, rectangulares y cuadradas.

En el proyecto se construirán alcantarilla de tipo TMC de sección circular y por necesidad de limpieza y mantenimiento de las alcantarillas, se adoptará una sección mínima circular de 0.90 m (36") de diámetro.



#### *6.5.5.4. RECOMENDACIONES Y FACTORES A TOMAR EN CUENTA PARA EL DISEÑO DE UNA ALCANTARILLA*

A continuación, se presentan algunas recomendaciones prácticas y factores que intervienen para el diseño adecuado de una alcantarilla.

- a) Utilizar el período de retorno para el diseño, según lo establecido en la Tabla 6.11 del presente documento.
- b) Para asegurar la estabilidad de la carretera ante la presencia de asentamientos provocados por filtraciones de agua, la alcantarilla debe asegurar la impermeabilidad.

#### *6.5.5.5. DISEÑO HIDRÁULICO*

El cálculo hidráulico considerado para establecer las dimensiones mínimas de la sección para las alcantarillas a proyectarse es lo establecido por la fórmula de Robert Manning\* para canales abiertos y tuberías,

Se deberá verificar que la velocidad mínima del flujo dentro del conducto no produzca sedimentación que pueda incidir en una reducción de su capacidad hidráulica, recomendándose que la velocidad mínima sea igual a 0.25 m/s.

Si bien en algunos casos las alcantarillas hidráulicamente requieren una sección menor, se ha establecido 36" (0.90m) en atención a los temas de colmatación de las alcantarillas y facilidad para su limpieza y/o mantenimiento.

Se recomienda que el diseño hidráulico considere como mínimo el 25 % de la altura, diámetro o flecha de la estructura.

#### *6.5.5.6. ALCANTARILLAS PLANTEDAS EN EL PROYECTO*

A continuación, se muestra un cuadro resumen de todas las alcantarillas que se tendrán a lo largo de la vía, los cuales tendrán diseños típicos para su construcción. en los planos se podrá ver las estructuras tipo de cada alcantarilla.

Cabe mencionar que el caudal de diseño que se indica para cada alcantarilla del siguiente cuadro, han sido halladas de la sumatoria del aporte que dan las cunetas a cada alcantarilla según sea su ubicación y el caudal de aporte de la cuenca. Y estos resultados se ven con más detalle en el **Anexo HID-10**



**Tabla 6. 18**

Resumen de alcantarillas proyectadas tipo TMC (Tubería Metálica Corrugada)

CODIGO	TIPO	PROGR.	Qd (m3/s)	DIAMETRO (Pulg.)	VELOCIDAD m/s	QE(m/s)	QE>Qd	F.S.
Alc.-Proy.Nº 1	AA	0+120	0.10	36	3.53	1.866	Ok	15.45
Alc.-Proy.Nº 2	AA	0+306	0.08	36	3.53	1.866	Ok	18.66
Alc.-Proy.Nº 3	AP	0+460	2.07	44	4.04	3.186	Ok	1.52
Alc.-Proy.Nº 4	AP	0+660	1.15	36	3.53	1.866	Ok	1.59
Alc.-Proy.Nº 5	AP	0+860	0.12	36	3.53	1.866	Ok	13.02
Alc.-Proy.Nº 6	AP	1+270	0.10	36	3.53	1.866	Ok	16.17
Alc.-Proy.Nº 7	AA	1+660	0.13	36	3.53	1.866	Ok	11.97
Alc.-Proy.Nº 8	AA	1+900	0.10	36	3.53	1.866	Ok	13.15
Alc.-Proy.Nº 9	AP	2+280	0.75	36	3.53	1.866	Ok	2.42
Alc.-Proy.Nº 10	AA	2+400	0.10	36	3.53	1.866	Ok	13.15
Alc.-Proy.Nº 11	AA	2+600	0.10	36	3.53	1.866	Ok	13.15
Alc.-Proy.Nº 12	AA	2+800	0.09	36	3.53	1.866	Ok	15.02
Alc.-Proy.Nº 13	AP	3+088	1.62	44	4.04	3.186	OK	1.96
Alc.-Proy.Nº 14	AP	3+305	0.44	36	3.53	1.866	Ok	3.74
Alc.-Proy.Nº 15	AP	3+768	0.47	36	3.53	1.866	Ok	3.59
Alc.-Proy.Nº 16	AA	4+080	0.10	36	3.53	1.866	Ok	10.83
Alc.-Proy.Nº 17	AA	4+270	0.10	36	3.53	1.866	Ok	10.40
Alc.-Proy.Nº 18	AA	4+468	0.08	36	3.53	1.866	Ok	13.64
Alc.-Proy.Nº 19	AA	4+617	0.11	36	3.53	1.866	Ok	9.54
Alc.-Proy.Nº 20	AA	4+830	0.09	36	3.53	1.866	Ok	12.17
Alc.-Proy.Nº 21	AP	4+997	1.13	36	3.53	1.866	OK	1.51
Alc.-Proy.Nº 22	AA	5+180	0.08	36	3.53	1.866	Ok	10.91
Alc.-Proy.Nº 23	AP	5+530	1.95	44	4.04	6.186	OK	1.60
Alc.-Proy.Nº 24	AP	5+680	1.16	36	3.53	1.866	Ok	1.53
Alc.-Proy.Nº 25	AP	5+901	0.79	36	3.53	1.866	Ok	2.05
Alc.-Proy.Nº 26	AP	6+135	1.17	36	3.53	1.866	Ok	1.43
Alc.-Proy.Nº 27	AA	6+336	0.12	36	3.53	1.866	Ok	10.25
Alc.-Proy.Nº 28	AA	6+563	0.10	36	3.53	1.866	Ok	6.73
Alc.-Proy.Nº 29	AA	6+745	0.08	36	3.53	1.866	Ok	8.33
Alc.-Proy.Nº 30	AA	7+104	1.01	36	3.53	1.866	Ok	1.66
Alc.-Proy.Nº 31	AA	7+310	0.11	36	3.53	1.866	Ok	11.40
Alc.-Proy.Nº 32	AP	7+516	0.81	36	3.53	1.866	Ok	2.17
Alc.-Proy.Nº 33	AP	7+755	0.61	36	3.53	1.866	Ok	3.03
Alc.-Proy.Nº 34	AA	7+991	0.12	36	3.53	1.866	Ok	14.43
Alc.-Proy.Nº 35	AA	8+180	0.10	36	3.53	1.866	Ok	9.48
Alc.-Proy.Nº 36	AP	8+317	0.11	36	3.53	1.866	Ok	9.01
Alc.-Proy.Nº 37	AP	8+389	1.26	36	3.53	1.866	OK	1.58
Alc.-Proy.Nº 38	AP	8+497	1.98	44	4.04	3.186	OK	1.25
Alc.-Proy.Nº 39	AP	8+778	2.44	44	4.04	3.186	Ok	1.25



Alc.-Proy.Nº 40	AA	9+065	0.69	36	3.53	1.866	Ok	2.25
Alc.-Proy.Nº 41	AA	9+265	0.58	36	3.53	1.866	Ok	2.59
Alc.-Proy.Nº 42	AA	9+470	0.58	36	3.53	1.866	Ok	2.64
Tipo de alcantarilla								
AA =	Alcantarilla de Paso							
AP =	Alcantarilla de alivio							

**Fuente:** Elaboración propia

## 6.5.6. DISEÑO DE BADENES

### 6.5.6.1. UBICACIÓN EN PLANTA

Se ubicarán en quebradas amplias donde el nivel de la rasante de la carretera coincide con el nivel de fondo del cauce del curso natural que intercepta su alineamiento y donde no ha sido posible la proyección de una alcantarilla o puente.

El diseño de badenes contempla la construcción de obras de protección contra la socavación y uñas de cimentación en la entrada y salida, así como también losas de aproximación en la entrada y salida del badén.

### 6.5.6.2. PENDIENTE LONGITUDINAL DEL BADÉN

El diseño hidráulico del badén debe adoptar pendientes longitudinales de ingreso y salida de la estructura de tal manera que el paso de vehículos a través de él sea de manera confortable y no implique dificultades para los conductores y daño a los vehículos altura máxima de 0.30 m.

### 6.5.6.3. PENDIENTE TRANSVERSAL DEL BADÉN

Se diseñará con una pendiente de 2.5% con la finalidad de reducir el riesgo de obstrucción del badén con el material de arrastre que transporta curso natural.

### 6.5.6.4. BORDE LIBRE

El diseño hidráulico del badén debe contemplar un borde libre mínimo entre el nivel del flujo máximo esperado y el nivel de la superficie de rodadura, a fin de evitar probables desbordes que afecten los lados adyacentes de la plataforma vial, esta altura es de 5.0 cm.

### 6.5.6.5. DISEÑO HIDRÁULICO

Para el diseño hidráulico se idealizará el badén como un canal trapezoidal con régimen uniforme. La velocidad media en un flujo uniforme cumple la ecuación de Manning.

### 6.5.6.6. BADENES PLANTEADOS EN EL PROYECTO

En la Tabla siguientes se muestra la lista de badenes proyectadas en el presente proyecto.



**Tabla 6.19**

Listado de Badenes trapezoidales proyectadas.

Código	Progr.	Qd (m <sup>3</sup> /s)	L1=L2 (m)	H (m)	Y (m)	B (m)	ST (m/m)	Velocidad m/s	QE	QE>Qd	F:S.
Bad..-Proy.Nº 1	2+100	6.86	4	0.30	0.25	6.00	0.025	3.93	9.18	Ok	1.34
Bad..-Proy.Nº 2	2+975	2.91	4	0.25	0.20	4.00	0.025	3.25	4.68	Ok	1.61
Bad..-Proy.Nº 3	3+548	3.19	4	0.25	0.20	4.00	0.025	3.25	4.68	Ok	1.47
Bad..-Proy.Nº 4	3+883	2.54	4	0.25	0.20	4.00	0.025	3.25	4.68	Ok	1.85
Bad..-Proy.Nº 5	5+338	3.50	4	0.25	0.20	5.00	0.025	3.34	5.47	Ok	1.56

*Fuente:* Elaboración propia

En el **ANEXO HID-11** se muestran cálculos para el dimensionamiento de los badenes de tipo trapezoidal.

## 6.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 6.6.1. CONCLUSIONES:

- ✚ Se han identifica dado 15 microcuencas de mayor presencia, las microcuencas identificadas tienen pendientes que varían entre 19% y 43%, cuya cobertura vegetal son pastos con vegetación ligera.
- ✚ En todo proyecto de ingeniería constructiva, es importante conocer el comportamiento hidrológico de la zona de estudio, para ello nos valemos de la hidrología, que es una ciencia fundamental y practica para evaluar las precipitaciones, el clima, la temperatura, etc.
- ✚ El clima, la estructura geológica y geografía de una cuenca, son las que determinan las características hidrológicas de la misma.
- ✚ La experiencia en el análisis y estudio de muchos caminos en mal estado ha enseñado que un drenaje inadecuado más que ninguna otra causa, ha sido el responsable del daño que han sufrido, por lo que se debe poner especial interés en su diseño e instalación lo cual permitirá ahorros en el Costo de Conservación.
- ✚ Las precipitaciones en altura de agua varían de un lugar a otro, además, constituyen un conjunto numeroso de datos, se recurre a la estadística, con fines de completar y extender los mismos determinando la consistencia de los resultados
- ✚ Para la determinación de la intensidad de diseño se utilizó la información de precipitación máxima en 24 horas registradas en la estación meteorológica de Colquepata, cuyos valores fueron ajustados a las distribuciones teóricas. Al aplicar el



test de Smirnov – Kolmogorov se observó que la serie se ajusta más a la distribución Normal.

- ✚ La expresión para poder estimar la intensidad de lluvia para diferentes; periodos de retorno y duración se ha usado el modelo de Frederick Bell, con el que se obtuvo la siguiente expresión.

$$I = \frac{328.6439 T^{0.0976}}{D^{0.7500}}$$

- ✚ El objetivo de la generación de caudales es la determinación de las máximas avenidas en un punto determinado y conocer el caudal para el diseño de alcantarillas, badenes, cunetas y cunetas de coronación y así evitar efectos destructivos de esos eventos hidrológicos, esta generación de caudales se efectuó para periodos de retorno críticos para el evento máximo obteniéndose caudales máximos para el diseño de alcantarillas.
- ✚ Para la determinación de los caudales de diseño de las cunetas, alcantarillas y badenes se utilizó el método racional. Este método estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente “C”, estimado sobre la base de las características de la cuenca. Este método es muy usado en cuencas pequeñas, con áreas menores a 2.5 km<sup>2</sup>.
- ✚ Todas las obras proyectadas se han verificado en el campo, con respecto a su existencia, necesidad y dimensionamiento, habiéndose verificado el empleo de badenes en zonas que topográficamente son estrictamente necesarios. Esta situación se ha verificado en zonas puntuales, en tramos, donde en épocas de lluvia generan dificultades de circulación.
- ✚ Las zonas donde se ha considerado o proyectado badenes son en las quebradas o cursos de agua de mayor importancia, con cauces que muchas veces, por la configuración topográfica son amplias.
- ✚ De acuerdo a la evaluación realizada en campo, se proyecta la apertura de cunetas laterales en tramos donde exista corte de talud, de sección triangular cuyas dimensiones se muestran en los planos.
- ✚ Se proyecta la construcción de 42 alcantarillas metálicas TMC de las cuales se tiene 05 alcantarillas de D=44” (1.10m), y 37 alcantarillas de D=36” (0.90m), en las progresivas indicadas en el Anexo N° HID-10 y en los planos.



- ✚ En el caso de badenes, de acuerdo al análisis hidráulico, se proyecta 05 badenes trapezoidales, tal como se muestra en el Anexo N° HID-11 y en los planos.
- ✚ En los badenes y alcantarillas se ha considerado como parte de las mismas uñas a la entrada y salida, de una profundidad de 0.55m, de manera que no les afecte una posible socavación.

#### 6.6.2. RECOMENDACIONES:

- ✚ Las obras de arte deberán ser construidas de acuerdo a las especificaciones técnicas descritas en el presente proyecto debido a que de estas dependerá la duración prolongada de la vía.
- ✚ Se recomienda emboquillar las entradas y salidas de las alcantarillas y badenes para evitar la socavación. Del mismo modo en las zonas que así lo requieran.



# **CAPITULO VII. ESTUDIO DE SUELOS, CANTERAS, FUENTES DE AGUA Y BOTADEROS**



## CAPITULO VII. ESTUDIO DE SUELOS, CANTERAS, FUENTES DE AGUA Y BOTADEROS

### 7.1. GENERALIDADES

#### 7.1.1. ANTECEDENTES

El Proyecto "Mejoramiento del Camino vecinal Emp. CU112 - Roquepata", tiene una longitud de 9.665 Km aproximadamente y pertenece a la Red vial vecinal Ruta CU976, y en su etapa de diseño Geométrico se ha determinado que es necesario ensanchar y rectificar en algunas zonas, para que cumpla las características adecuadas exigidas por la norma, construir y reemplazar las obras necesarias de arte y drenaje en sectores de escorrentía (ríos y quebradas), colocar o implementar una superficie de rodadura adecuada al nivel de tránsito, y estos trabajos requieren el conocimiento de las características físicas y mecánicas de los suelos.

#### 7.1.2. UBICACIÓN

El proyecto se encuentra ubicado entre los poblados de Roquechire, Huaranca, Orcompugio y Roquepata del Distrito de Colquepata, Provincia de Paucartambo, Región Cusco.

### 7.2 ESTUDIO DE LA SUBRASANTE

#### 7.2.1. OBJETIVO

El objetivo fundamental del estudio ha sido estudiar los suelos que se presentan a lo largo del trazo de la carretera, con el fin de Determinar las propiedades físicas y características de comportamiento mecánico de resistencia y deformabilidad de los suelos, hasta las profundidades donde afecten las cargas del proyecto que son las de peso propio y las cargas de tránsito, determinar las zonas críticas de suelos blandos, saturados, expansivos o inestables, Realizar las recomendaciones que sean necesarias para la correcta elaboración del proyecto así como para la construcción del mismo, .establecer las zonas críticas que pudieran ofrecer condiciones desfavorables en el comportamiento del futuro pavimento, estos estudios se han realizado para fines de diseño del pavimento a nivel de afirmado.

#### 7.2.2. METODOLOGIA DE TRABAJO

Desde el punto de vista de la ubicación de los trabajos realizados, se suele diferenciar los estudios como: trabajos de Campo, de Laboratorio y de oficina.

##### 7.2.2.1. TRABAJO DE CAMPO

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la subrasante y estudiar la estratigrafía del subsuelo, además de determinar la existencia o no de



la profundidad del Nivel Freático, complementándose con el estudio de canteras y fuentes de agua, se llevaron a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas.

### NUMERO MINIMO DE CALICATAS

El número mínimo de calicatas por kilómetro estará de acuerdo al Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Las calicatas se ubican longitudinalmente y en forma alternada, dentro de la faja que cubre el ancho de la calzada, a distancias aproximadamente iguales. Una calicata por kilómetro,

**Tabla 7. 1**  
Número de Calicatas para Exploración de Suelos.

TIPO DE CARRETERA	PROFUNDIDAD (m)	NUMERO MINIMO DE CALICATAS	OBSERVACIÓN
Carreteras de bajo volumen de transito: carreteras con un IMDA $\leq 200$ veh/día, de una calzada	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	• 1 calicata x km	Las calicatas se ubicaran longitudinalmente y en forma alternada

*Fuente:* (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 29)

### PROFUNDIDAD MINIMA

La profundidad de los puntos a investigar está relacionada con la transmisión de los esfuerzos, el alcance máximo de una calicata es hasta 1.50 m por debajo de la subrasante, “Dicha profundidad se fundamenta en el hecho que la carga máxima en vías urbanas, carreteras y autopistas es de 7350 Kg., por eje simple (2 ruedas) y 11550 kg por eje simple (4 ruedas)”. Estas cargas ejercen esfuerzos de contacto de 5 kg/cm<sup>2</sup> aproximadamente. Este esfuerzo se hace prácticamente nulo a 1.50 m. de profundidad; por lo tanto, se puede indicar que, en el caso de estas vías, la investigación del subsuelo (terreno de fundación) puede limitarse a 1.50 m. de profundidad. Sin embargo, en casos especiales esta profundidad podrá ser aumentada o disminuida.

Es por estas razones que cada calicata fue realizada hasta una profundidad de 1.50 m. en la calicata C-9 se realizó 0.90 m por la presencia de un suelo bastante consolidado.

la tabla siguiente muestra la ubicación y la respectiva profundidad de excavación de las calicatas

**Tabla 7. 2**

Ubicación de las calicatas para el estudio de la subrasante.

CALICATA	PROGRESIVA	PROFUNDIDAD	MARGEN
CAL-1	0+400	1.50 m.	DERECHO
CAL-2	1+540	1.50 m.	IZQUIERDO
CAL-3	2+450	1.50 m.	DERECHO
CAL-4	3+400	1.50 m.	DERECHO
CAL-5	4+520	1.50 m.	IZQUIERDO
CAL-6	5+490	1.50 m.	DERECHO
CAL-7	6+480	1.50 m.	DERECHO
CAL-8	7+180	0.90 m.	IZQUIERDO
CAL-9	8+360	1.50 m.	DERECHO
CAL-10	9+180	1.50 m.	DERECHO

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 7. 1.** Algunas vistas que muestran los tipos de trabajo de campo realizado en el presente proyecto



*Fuente:* Elaboración propia

### SONDEOS Y ENSAYOS IN SITU.

Se realizaron 10 Calicatas de exploración hasta los 1,50m por debajo de la subrasante, con el objetivo de determinar la conformación estratigráfica y extraer muestras representativas alteradas por el estrato más crítico, el tamaño de muestra a extraer tiene que ser suficiente para realizar todos los ensayos requeridos para el presente estudio.

### 7.2.2.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

Con las muestras de suelo que se obtuvieron de las calicatas se realizaron ensayos estándar, con los cuales se identifican los tipos de suelos, se determinaron sus constantes físicas-mecánicas y propiedades de capacidad de soporte.

El programa de ensayos comprendió las siguientes pruebas de laboratorio:

- ✚ Determinación de contenido de humedad natural MTC E 108
- ✚ Análisis Granulométrico por Tamizado MTC E 107
- ✚ Limite liquido de los suelos MTC E 110
- ✚ Limite plástico e índice de plasticidad MTC E 111
- ✚ Proctor modificado MTC E 115
- ✚ California Bearing Ratio (CBR) MTC E 132
- ✚ Clasificación SUCS ASTM D-516

**Figura 7. 2.** Algunas vistas que muestran los trabajos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos y materiales en el presente proyecto.



**Fuente:** Elaboración propia.



### DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL – MTC E 108

Consiste en determinar la cantidad de agua que contiene una porción representativa de los estratos del subsuelo expresado en porcentaje. Ver Anexo SUB-01

$$W(\%) = \frac{\text{Peso del agua en la muestra}}{\text{Peso del suelo secado al horno}} \times 100 \%$$

**Tabla 7. 3**

Contenido de humedad natural del suelo

CALICATA	PROGRESIVA	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL %
CAL-01	1+540	5.78
CAL-02	2+450	6.30
CAL-03	3+400	4.40
CAL-04	4+520	4.26
CAL-05	5+490	6.00
CAL-06	6+480	4.53
CAL-07	7+180	5.92
CAL-08	8+360	5.59
CAL-09	9+180	5.59
CAL-10	0+400	5.57

*Fuente:* Elaboración propia

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO – MTC E 107

Este ensayo consiste en determinar cuantitativamente la distribución de las partículas del suelo mediante la obtención de una curva granulométrica que muestra la variación de suelos granulares (arenas y gravas) y de los suelos finos (limos y arcillas).

La distribución de las partículas de los suelos granulares está determinado por una buena o mala gradación para lo cual es necesario conocer el “Coeficiente de Uniformidad (Cu)” y el “Coeficiente de Curvatura (Cc)”. Ver **Anexo SUB-01**.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{y} \quad Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

En donde:

**D<sub>60</sub>**: Diámetro correspondiente al 60% de finos en la curva granulométrica.

**D<sub>30</sub>**: Diámetro correspondiente al 30% de finos en la curva granulométrica.

**D<sub>10</sub>**: Diámetro correspondiente al 10% de finos en la curva granulométrica.

Para poder calcular estos parámetros podemos recurrir a la interpolación:



## LIMITES CONSISTENCIA

Este ensayo también es conocido como Límites de Atterberg quien a principios de 1900 desarrollo un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino con contenidos de agua variable. Dentro de estos se encuentran: Ver **Anexo SUB-01**

- ✚ Límite Líquido (LL)
- ✚ Límite Plástico (LP)
- ✚ Límite de Contracción (LC)



## LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS – MTC E 110

Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en la frontera de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

El procedimiento general consiste en colocar una muestra de suelo que pasa el tamiz Nro. 40, a distintas cantidades de humedad en la copa de Casagrande dividirlo en dos con el acanalador y contar el número de golpes requeridos para cerrar la ranura. El contenido de humedad correspondiente a 25 golpes es el Límite Líquido.

## LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD – MTC E 111

Es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico.

En este ensayo se moldea la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.

Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer el elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone

$$LP = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso del suelo secado al horno}} \times 100 \%$$

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico

$$IP = LL - LP$$



Donde:

LL = límite Líquido

LP = límite Plástico

L.L. y L.P., son números enteros

Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico). Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).

**Tabla 7. 4**

Resultados de ensayo de laboratorio LL, LP, IP

CALICATA	PROGRESIVA	LL	LP	IP
CAL-01	0+400	25.7	18.8	6.9
CAL-02	1+540	24.8	14.5	10.3
CAL-03	2+450	25.8	16.5	9.3
CAL-04	3+400	24.7	17.8	6.9
CAL-05	4+520	21.1	11.9	9.2
CAL-06	5+490	28.6	24.0	4.6
CAL-07	6+480	23.9	14.0	9.9
CAL-08	7+180	40.2	13.5	26.7
CAL-09	8+360	30.8	15.7	15.1
CAL-10	9+180	24.0	16.3	7.7

**Fuente:** Elaboración propia

### **PROCTOR MODIFICADO MTC E 115**

El objetivo de este ensayo es determinar la densidad seca máxima y el contenido óptimo de agua a una energía de compactación determinada. Para realizar el ensayo es necesario analizar la siguiente tabla:

**Tabla 7. 5**

Proctor Modificado.

Ec = Energía de Compactación	= 56.250 Lb x.ft/ft3	
W = Peso del martillo	= 10 Lb.	
h = Altura de caída del martillo	= 18 Pulgadas	
N = Numero de golpes por capa	= Depende del molde	
N = Numero de capas	= 5	
<b>Suelo y Molde a Utilizar</b>		
Método A	Método B	Método C
Pasa la malla nº 4	Pasa la malla 3/8"	Pasa la malla 3/4"
Molde 4 pulg. Diámetro	Molde 4 pulg. Diámetro	Molde 6 pulg. Diámetro
N= 25 golpes/capa	N= 25 golpes/capa	N= 56 golpes/capa

**Fuente:** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de ensayo de materiales, 2015, pág. 114).



Una vez que se tenga la muestra representativa del suelo se procede a determinar mediante que método se realizará el ensayo, para luego realizar el ensayo, después de realizar el ensayo se hace el cálculo de la máxima densidad seca. Mediante las siguientes formulas. Ver Anexo SUB-01

$$\rho_m = \frac{\text{peso de la muestra húmeda compactado}}{\text{Volumen}}$$

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}}$$

donde:

$\rho_m$  = Densidad Húmeda.

$\rho_d$  = Densidad seca.

W = Contenido de humedad.

**Tabla 7. 6**

Resultados de ensayo, humedad optima y máxima densidad seca

CALICATA	PROGRESIVA	HUMEDAD OPTIMA	MAXIMA DENSIDAD SECA
CAL-01	0+400	7.80	2.09
CAL-03	2+450	10.60	1.99
CAL-06	5+490	7.10	2.08
CAL-09	8+360	9.40	2.00

*Fuente:* Elaboración propia

### **CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) MTC E 132**

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del Estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para sub-rasante, sub-base y base de pavimentos.

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material chancado.

La expresión que define al CBR, es la siguiente:



$$\text{CBR} = (\text{carga unitaria del ensayo} / \text{carga unitaria patrón}) * 100 (\%)$$

De la ecuación se puede ver que el número CBR, es un porcentaje de la carga unitaria patrón.

Usualmente el número CBR, se basa en la relación de carga para una penetración de 2,5 mm. (0,1”), sin embargo, si el valor de CBR a una penetración de 5 mm. (0,2”) es mayor, el ensayo debe repetirse. Si en un segundo ensayo se produce nuevamente un valor de CBR mayor de 5 mm. De penetración, dicho valor será aceptado como valor del ensayo. Los ensayos de CBR se hacen sobre muestras compactadas con un contenido de humedad óptimo, obtenido del ensayo de compactación Proctor.

Antes de determinar la resistencia a la penetración, generalmente las probetas se saturan durante 96 horas para simular las condiciones de trabajo más desfavorables y para determinar su posible expansión.

Se confeccionan 3 probetas como mínimo, las que poseen distintas energías de compactación (55, 26 y 12 golpes). Ver **Anexo SUB-01**

#### **CALICATA 01 - KM 0+400**

<b>C.B.R. AL 100% D.M.S.</b>	<b>C.B.R. AL 95% D.M.S.</b>	<b>C.B.R. AL 90% D.M.S.</b>
2.09	1.99	1.88
59%	31%	13%

#### **CALICATA 03 – KM 2+450**

<b>C.B.R. AL 100% D.M.S.</b>	<b>C.B.R. AL 95% D.M.S.</b>	<b>C.B.R. AL 90% D.M.S.</b>
1.99	1.89	1.79
41%	26%	14%

#### **CALICATA 01 - KM 5+490**

<b>C.B.R. AL 100% D.M.S.</b>	<b>C.B.R. AL 95% D.M.S.</b>	<b>C.B.R. AL 90% D.M.S.</b>
2.08	1.98	1.87
51%	32%	12%

#### **CALICATA 03 – KM 8+360**

<b>C.B.R. AL 100% D.M.S.</b>	<b>C.B.R. AL 95% D.M.S.</b>	<b>C.B.R. AL 90% D.M.S.</b>
2.00	1.90	1.80
43%	26%	16%

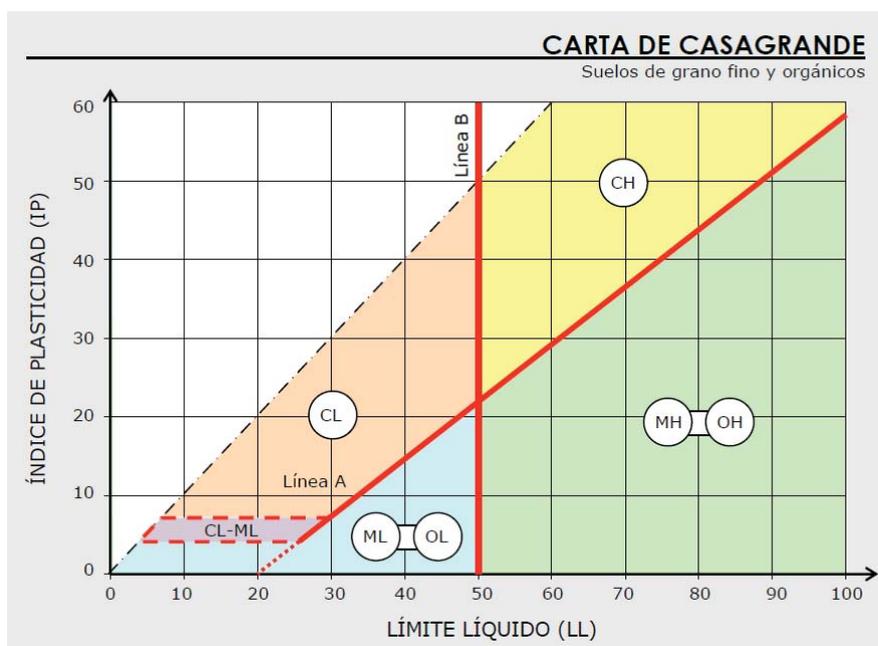
Fuente: Elaboración propia

#### **CLASIFICACIÓN SUCS ASTM D-516**

Para la clasificación de un suelo por el sistema SUCS, se utilizan las tablas y la carta plasticidad propuestos por Casagrande.



Figura 7. 3. Carta de Plasticidad



Fuente: Braja M. Das - Fundamentos de ingeniería geotécnica – Tabla 2.5 – SUCS

Ver Anexo SUB-01

Tabla 7. 7  
Clasificación de suelos de las calicatas

Nº DE CALICATA	PROGRESIVA	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCION
CAL-1	0+400	GC - GM	Grava limo arcillosa con arena
CAL-2	1+540	SC	Arena Arcillosa con Grava
CAL-3	2+450	SC	Arena Arcillosa con Grava
CAL-4	3+400	SC - SM	Arena Arcillosa con Grava
CAL-5	4+520	SC	Arena Arcillosa con Grava
CAL-6	5+490	GC - GM	Grava Limo Arcillosa con Arena
CAL-7	6+480	SC	Arena Arcillosa con Grava
CAL-8	7+180	CL	Arcilla mal Gradada Gravosa
CAL-9	8+360	SC	Arena Arcillosa con Grava
CAL-10	9+180	GC	Grava Arcillosa con Arena

Fuente: Elaboración propia

### 7.2.2.3 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

La tabla 8.9 ha sido elaborado en función a los resultados de los ensayos de laboratorio. Presenta el resumen de los ensayos de: Clasificación del suelo, Contenido de humedad natural, compactación (Proctor Modificado) y California Bearing Ratio (CBR) realizados a la vía. En el anexo se muestran todos los cálculos.



**Tabla 7. 8**

Resumen de ensayos de calidad al material de sub-rasante.

N° de Calicata	Límites de atterberg		Clasificación SUCS	Proctor Modificado		California Bearing Ratio	
	LL (%)	LP (%)		Contenido de Humedad Óptima (%)	Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	CBR al 100%	CBR al 95%
CAL-1	27.7	18.8	GC - GM	7.80	2.09	59	31
CAL-2	24.8	14.5	SC				
CAL-3	25.8	16.5	SC	10.60	1.99	41	26
CAL-4	24.7	17.8	SC - SM				
CAL-5	21.1	11.9	SC				
CAL-6	28.6	24	GC - GM	7.10	2.08	51	32
CAL-7	23.9	14.0	SC				
CAL-8	40.2	13.5	CL				
CAL-9	30.8	15.7	SC	9.40	2.00	43	26
CAL-10	24.0	16.3	GC				

*Fuente:* Elaboración propia

### 7.3. ESTUDIO DE CANTERAS PARA AFIRMADO

Con la finalidad de establecer los volúmenes necesarios de materiales adecuados que satisfagan las demandas de construcción del proyecto en mención: en la calidad, y cantidad requerida, se ha efectuado el estudio de las propiedades de los materiales de la cantera.

#### 7.3.1. OBJETIVOS

El estudio de tiene por objetivo ubicar, evaluar y determinar la calidad y la potencia de la cantera.

#### 7.3.2. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

##### 7.3.2.1 EXPLORACIÓN

Se realizó en primer lugar un reconocimiento de campo en lugares circundantes a la franja del Proyecto, fijando áreas donde existan materiales cuyas características son aptas para su explotación y por consiguiente para su empleo en la construcción de la carretera.

Como parte de la evaluación de fuentes de materiales, se han hecho las averiguaciones sobre su ubicación, fácil acceso, potencia, rendimientos, así como su situación legal.

A lo largo del tramo se ha ubicado solamente una cantera ubicada en la progresiva 4+920 en el lado izquierdo de la vía, a la cual se analizó todas sus características físicas mecánicas, a fin de establecer su idoneidad para ser empleadas en las diversas obras de la vía en estudio.



En la cantera km 4+920 se ha efectuado excavación de pozo a cielo abierto (calicata) con profundidad de 1.5 m, y complementadas con toma de muestras en trincheras (taludes descubiertos debido a explotaciones anteriores con alturas que varían entre 1.5 m a 5 m), donde se han muestreado los suelos para determinar su uso en la construcción de la Carretera.

Adicionalmente para la preparación del concreto y para el mezclado con el material de la cantera km 4+920, se ha ubicado una cantera en el cauce del río Mapacho, que por su origen Fluvial es adecuado para el fin propuesto.

### *7.3.2.2. ENSAYOS DE LABORATORIO*

Con el objeto de determinar las características, propiedades y calidad del material, así como el uso del material de la cantera; con las muestras disturbadas extraídas en la investigación de campo se realizaron ensayos de clasificación y de calidad en laboratorio, considerando las normas técnicas vigentes.

Los ensayos de laboratorio que se han considerado para determinar las características físicas y mecánicas de los materiales de cantera son:

- ✚ Determinación de contenido de humedad natural MTC E 108
- ✚ Análisis Granulométrico por Tamizado MTC E 107
- ✚ Limite liquido de los suelos MTC E 110
- ✚ Limite plástico e índice de plasticidad MTC E 111
- ✚ Proctor modificado MTC E 115
- ✚ California Bearing Ratio (CBR) MTC E 132
- ✚ Clasificación SUCS ASTM D-516
- ✚ Abrasión prueba de ángeles MTC E 207

Los cálculos para la obtención de resultados se detallan en el Anexo.

## **DESCRIPCION DE LAS CANTERA**

### **CANTERA KM 4+920 LADO IZQUIERDO.**

Ubicada al lado izquierdo del trazo de la carretera en la progresiva Km 4+920, a una altura promedio de 3599 msnm, el material a extraer es parte de una cantera que ha sido parcialmente explotada, está conformado por grava pobremente graduada con arcilla y arena, de forma sub-angulosas, TM 3”.

El material se clasifica como:

Sistema SUCS: GP – GC, Grava pobremente graduada con arcilla y arena.



La cantera fue evaluada con la excavación de 1 calicata de 1.50 m profundidad y taludes descubiertos, tiene un área explotable de 0.30 Ha y un rendimiento de 65% (19395.83 m<sup>3</sup> de volumen útil aprovechable) para ser utilizado como afirmado, todos los ensayos realizados se observan en el Anexo CANTERA-01 (Cantera km 4+920)

La explotación de esta cantera puede realizarse en cualquier época del año, previa limpieza y desbroce del área a explotar, el material removido será utilizado en forma directa mediante zarandeo con malla de 1” de abertura.

Se propone el uso del material de esta cantera para afirmado.

**Tabla 7. 9**

Resumen de las características de la Cantera Km. 4+920

<b>CANTERA KM 4+920 LADO IZQUIERDO</b>	
Ubicación	A la altura del km 4+920 de la carretera EMP: CU112 – Roquepata
Propietario	Comunidad Campesina de Huaranca
Potencia	30000 m <sup>3</sup> potencia bruta – 19395.83 m <sup>3</sup> Volumen útil
Explotación	Zarandeo y maquinaria
Periodo de explotación	Todo el año
Material	Gravas angulosas a sub-ángulos de pizarras esquistosas de color gris, claro empacado por finos arcillosos y limos TM 3”
Usos	Afirmado, conformación de terraplenes

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 7. 10**

Resumen de ensayos de calidad al material Cantera Km. 4+920

Ensayo	Especificaciones técnicas (EG 2013) Afirmado	Resultados de ensayos de calidad Cantera km 4+920
		Can-01
Limite Liquido (%)	35% Max.	24%
Limite Plástico (%)	NE	17%
Índice de Plasticidad (%)	4 – 9%	7%
Abrasión	50% Max.	41%
CBR al 100% de la M.D.S. y 0.1” de penetración	40% min.	52%
Humedad Optima de Compactación	NE	6.30%
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	NE	2.15
Clasificación SUCS	NE	GP-GC: Grava mal graduada con arcilla y arena

*Fuente:* Elaboración propia.

Nota: los cálculos efectuados se muestran en el Anexo CANTERA-01: Cantera km 4+920

**Figura 7. 4.** Ubicación de la Cantera Km 4+920



**Fuente:** Elaboración propia.

### **CANTERA RIO MAPACHO**

La cantera Rio Mapacho tiene acceso de 19.00 km de longitud desde la progresiva km 0+000 del proyecto, está ubicada en el cauce del rio Mapacho a 0.50 km rio abajo de la capital de la provincia de Paucartambo, ver figura 8.5.

En las excavaciones realizadas se ha encontrado material compuesto por depósitos fluviales depositados en forma de playa en el lecho del rio Mapacho o Paucartambo, se componen por acumulaciones de material redondeado heterométricos con matriz grava arenosa (conglomerado) arrastrados y depositados por las aguas del río a lo largo de su cauce.

Los resultados de laboratorio han permitido determinar que el material típico está conformado por grava pobremente graduada con arena, de forma redondeada, de color gris, húmedo, no plástica y medianamente compacta, presenta cantos y boleos con T.M. entre 7 y 15”.

El material se clasifica:

Sistema SUCS: Grava pobremente graduada con Arena (GP)



En zonas puntuales se han encontrado valores de terrones de arcilla y material pasante de la malla número 200, ligeramente mayores a los máximos permitidos para Concreto de cemento Portland (probablemente producto del arrastre de finos propio de la corriente), motivo por el cual se recomienda que esta cantera debe ser explotada previo proceso de lavado del material si es para la preparan de concreto. Asimismo, el material explotado debe ser sometido a tratamiento previo zarandeo para obtener los usos granulométricos especificados para concreto.

Asimismo, debido a la falta de material para afirmado se está considerando la mezcla de esta cantera con otra que nos proporcionen el material cohesivo, para este fin es necesario someter al material a procesos de zarandeo para alcanzar las granulometrías especificadas en el Manual de carreteras, Especificaciones técnicas para la construcción (EG – 2013, MTC). Se analizó un área para explotación de 1.02 Ha, y se obtiene un volumen útil aprovechable de 22583.05 m<sup>3</sup> que representa un rendimiento de 74%, para los siguientes usos: mezcla de afirmado, concreto, enrocados y pedraplenes.

**Tabla 7. 11**

Resumen características de Cantera Rio Mapacho

<b>CANTERA RIO MAPACHO</b>	
Ubicación	En el cauce del rio mapacho, a 0.50 km del poblado de Paucartambo
Propietario	Municipalidad provincial de Paucartambo
Potencia	30 450.00 m <sup>3</sup> Potencia Bruta – 22 583.05 m <sup>3</sup> Potencia útil Aprovechable
Explotación	Zarandeo y maquinaria
Periodo de explotación	Periodo de estiaje (mayo – noviembre)
Material	Grava pobremente graduada con arena, de forma redondeada, de color gris, húmedo, no plástica y medianamente compacta
Usos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Afirmado: Zarandeo y mezclado con la cantera 4+920 (en caso así lo requiera)</li> <li>- Concreto: Lavado y Zarandeo</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 7. 12**

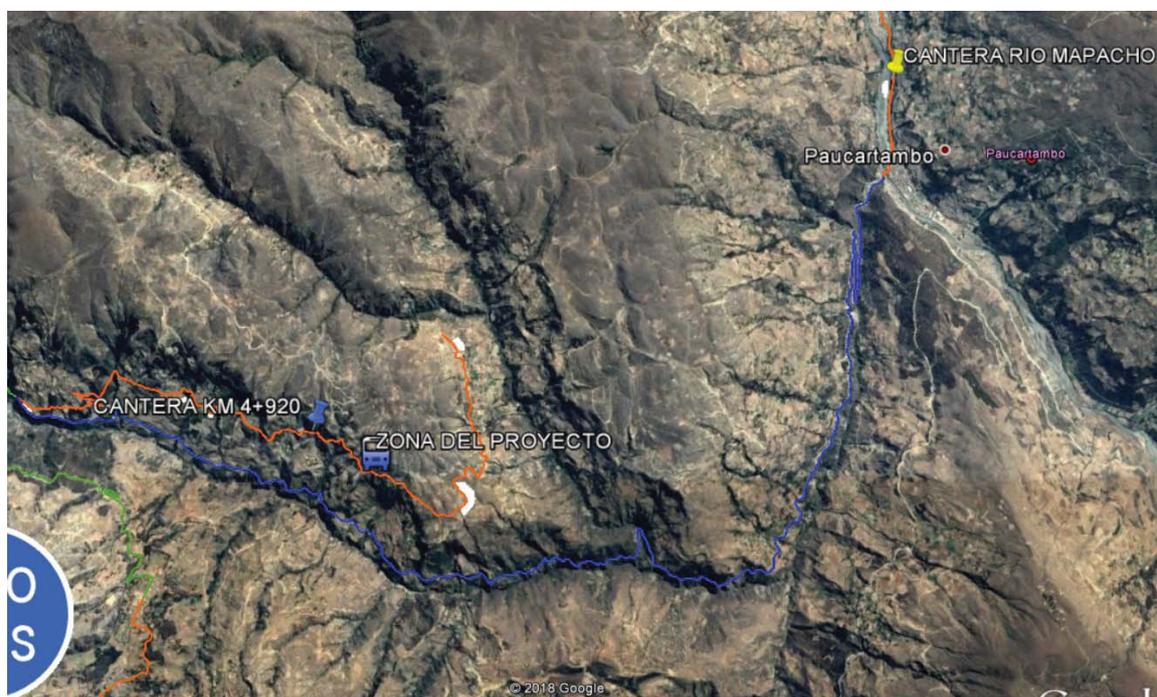
Resumen de ensayos de calidad al material Cantera Rio Mapacho

Ensayo	Especificaciones técnicas (EG 2013) Afirmado	Resultados de ensayos de calidad Cantera km 6+500
		Can-01
Limite Liquido (%)	35% max.	-
Índice de Plasticidad (%)	4 – 9%	NP
Abrasión	50% max.	29%
CBR al 100% de la M.D.S. y 0.1" de penetración	40% min.	88%

*Fuente:* Elaboración propia

Nota: los cálculos efectuados se muestran en el Anexo CANTERA-02: Rio Mapacho.

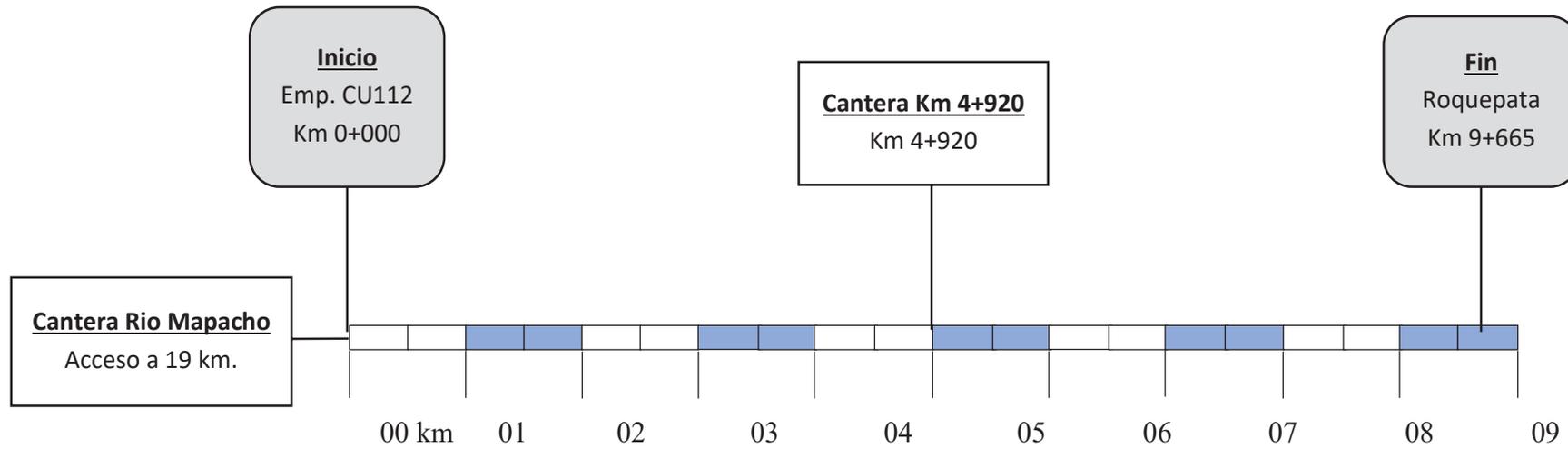
**Figura 7. 5.** Cantera Rio Mapacho



*Fuente:* Elaboración propia.



## DIAGRAMA DE CANTERAS





## 7.4 ESTUDIO DE FUENTES DE AGUA

El estudio de fuentes de agua tiene por objetivo realizar la identificación, y selección de las fuentes de aprovisionamiento de agua para la obra.

Las obras viales requieren de agua para diversas actividades de la construcción, sin embargo, las labores que demandan mayor volumen de agua son las de:

- ✚ Riego para compactado de subrasante y capa de afirmado.
- ✚ Elaboración de concreto.

Durante el recorrido se han identificado 3 fuentes de agua, las mismas han sido escogidos considerando su accesibilidad, la longitud de acceso a las mismas, la facilidad para la extracción de agua y principalmente el flujo permanente que presentan lo que garantiza el aprovisionamiento de agua todo el año, las fuentes de agua identificadas son: 2 a lo largo del trazo de la carretera y una ubicada a 1.27 km de la obra (Rio Quencomayo), con acceso adecuado para su transporte, todas presentan buenas características para su uso de acuerdo a la observación visual de sus caracteres organolépticos de color, olor y sabor.

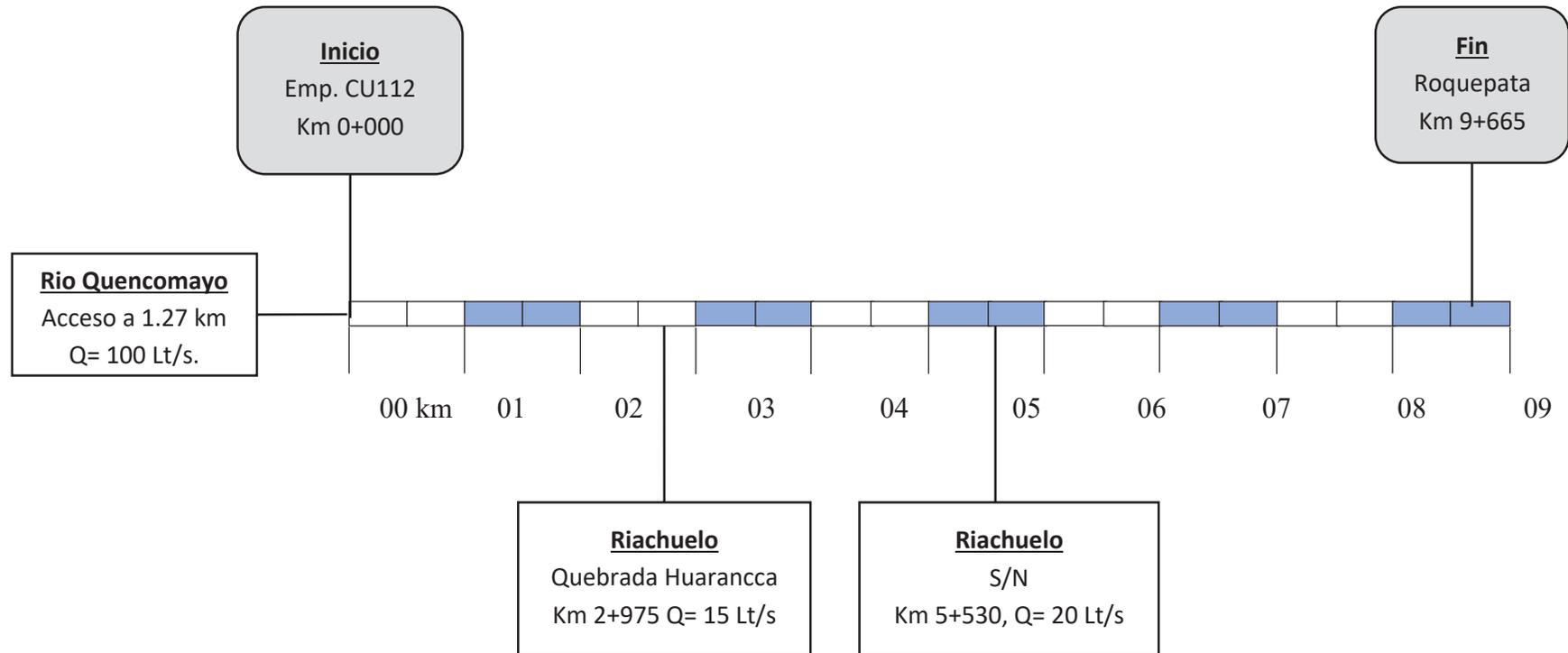
**Tabla 7. 13**  
Características de fuentes de agua

N°	Km.	ACCESO	Referencia.	Caudal (Lt/s.)
1	.0+000	1.27 km	Rio Quencomayo-Comunidad de Paucona	100.00
2	2+975	0.00 km	Quebrada Huarancca	15.00
3	5+530	0.00 km	Quebrada S/N	20.00

**Fuente:** Elaboración propia.



## DIAGRAMA DE FUENTES DE AGUA





## 7.5 BOTADEROS

A lo largo del tramo se han ubicado 6 botaderos, los cuales servirán para el depósito y conformación del material excedente producto de los cortes, retiro de material de subrasante inadecuado, etc.

Previo identificación de los botaderos se realizó un levantamiento topográfico del área utilizable, para

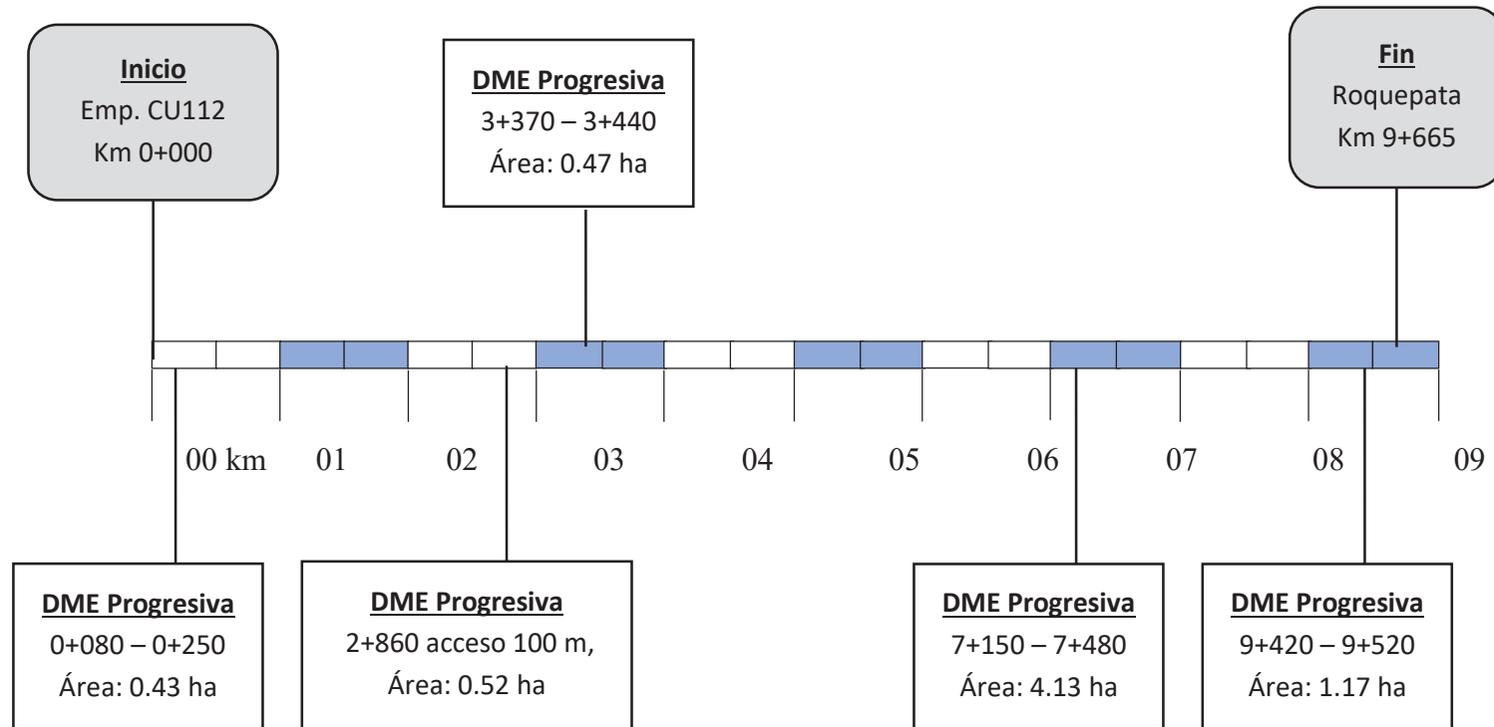
**Tabla 7. 14**  
Lugares para Deposito de Material Excedente

N°	Lugar/Sector	Progresivas de Ubicación	Lado	Área (Ha)	Propietario
1	S/n	Km. 0+080 al Km 0+250	Derecho	0.43	Comunidad de Roquechiri
2	Huarancca	Km. 2+860, acceso 100 m	Derecho	0.52	Comunidad de Huarancca
3	S/n	Km 3+370 al Km 3+440	Derecho	0.47	Comunidad de Huarancca
4	S/n	Km. 7+150 al Km 7+480	Derecho	4.13	Comunidad de Orcompugio
5	S/n	Km. 9+420 al Km 9+520	Derecho	1.17	Comunidad de Roquepata

**Fuente:** Elaboración propia



### DIAGRAMA DE DEPOSITO DE MATERIAL EXCEDENTE





## 7.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✚ El Estudio de Suelos se ha realizado mediante prospecciones de calicatas a cielo abierto efectuadas hacia el lado derecho e izquierdo de la calzada actual, El distanciamiento entre calicatas contiguas es 1000 m., en promedio con una profundidad de 1.50 m., y menores donde se presentaron materiales de cementadas muy compactas. La finalidad ha sido determinar las características físicas mecánicas de los diferentes materiales existentes. En total se ha ejecutado 10 calicatas a lo largo de la vía.
- ✚ El tramo Emp. CU112 – Roquepata, presenta dos tipos de suelos de fundación predominantes: Grava limo arcillosa con arena (GC – GM) y Arena arcillosa con Grava (SC). Estos suelos presentan buena capacidad de soporte (CBR), estando por encima de 30%.
- ✚ En general los suelos existentes como terreno de fundación a lo largo de toda la carretera presentan capas cementadas de arenas arcillosas y/o gravas limosas las cuales se encuentran muy compactas. En estado seco estas capas cementadas se mantienen muy estables.
- ✚ De acuerdo a los estudios realizados el material de subrasante presenta buena calidad para cumplir su función por lo cual no será necesario realizar el cambio de suelo.
- ✚ Gran parte de los materiales provenientes de los cortes presentan buenas características físico-mecánicas, por lo que son aprovechables para la conformación de rellenos de gran profundidad, y terraplenes de gran altura. Antes de utilizar dichos materiales de corte deben ser verificados sus características de calidad de acuerdo a los requerimientos de las Especificaciones Técnicas EG-2013, según el uso considerado
- ✚ El Estudio de Canteras se ha efectuado mediante excavaciones de calicatas a cielo abierto distribuidas sobre toda la superficie del banco, con profundidades que varían entre 0.70m. hasta 1.50m en promedio, complementándose con taludes descubiertos de hasta 5 m de altura. En total se ha ubicado 01 cantera a lo largo de la carretera en estudio y la otra en el cauce del río Mapacho con acceso adecuado para su transporte.
- ✚ La cantera del km 4+920 será utilizada exclusivamente para el afirmado y para la conformación de terraplenes, la cantera del río Mapacho será utilizada para la elaboración de mezclas de concreto hidráulico.
- ✚ El proceso constructivo para la conformación de los terraplenes (Base, Cuerpo, Corona), debe considerar las Especificaciones Generales EG-2013.
- ✚ En cuanto a las fuentes de agua se recomienda que, durante la ejecución de la obra, se ejecuten ensayos de calidad de las fuentes de agua principales, ya que las propiedades



químicas, son de carácter estacional pudiendo estos variar en el transcurso del año. Puede utilizarse cualquier otra nueva fuente de agua, que cumpla Especificaciones Técnicas EG-2013, para dicho uso.

- Las obras de Concreto Hidráulico deben considerar el uso de cemento tipo I.



## **CAPITULO VIII. DISEÑO DEL PAVIMENTO**



## CAPITULO VIII. DISEÑO DEL PAVIMENTO

### 8.1. GENERALIDADES

Las carreteras afirmadas son constituidas por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificadas naturalmente o homogenizadas por medios mecánicos (chancado y zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo 25 mm.

Para el presente estudio el Diseño de Pavimentos se efectuará por los métodos de: USACE y la recomendada por el MTC (National Association of Australian State Road Authorities – AUSTROADS).

### 8.2. NUMERO DE REPETICIONES DE EJE EQUIVALENTE (ESAL)

Se ha tomado como base el Estudio de Tránsito, realizado para el presente estudio, el ESAL de diseño obtenido es: 213 658 Repeticiones de eje estándar, la cual nos indica que tipo de la estructura del pavimento será Afirmado (revestimiento granular), de acuerdo a la Tabla 4.14 del Capítulo IV estudio de tránsito.

### 8.3. CAPACIDAD SOPORTE DE LA SUBRASANTE

Tomando como base del Capítulo VII, la siguiente tabla muestra la capacidad de soporte del suelo, obtenidos del estudio de la subrasante, mediante pozos de inspección (Calicatas).

**Tabla 8. 1**  
CBR del material de sub-rasante.

N° DE CALICATA	CALIFORNIA BEARING RATIO	
	CBR AL 100%	CBR AL 95%
CAL-1	59	31
CAL-3	41	26
CAL-6	51	32
CAL-9	43	26

*Fuente:* Capítulo VII, Estudio de Suelos, Canteras, Fuentes de Agua y Botaderos

#### 8.3.1 DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO

Según las de tráfico se determinó que todo el tramo tiene condiciones homogéneas, es por esta razón que todo el tramo tendrá solo un valor de CBR de diseño.

Para determinar el CBR de diseño tenemos dos criterios o metodologías, El primer criterio propuesta por AASHTO y el segundo propuesta por el Instituto del Asfalto. (INA).



La Metodología AASHTO, determina el C.B.R. de Diseño de un tramo se obtiene mediante el promedio de valores individuales, para un mejor criterio de Diseño se puede eliminar los valores pico, tanto superior como inferior para el promedio.

Por otra parte, el criterio más difundido para la determinación del CBR de diseño es el propuesto por el INSTITUTO DEL ASFALTO (INA).

El procedimiento para determinar el CBR de diseño mediante la metodología del Instituto del Asfalto es la siguiente.

- a) Seleccionar el Esal del tránsito, para determinar el percentil, en el presente proyecto el ESAL de diseño es: 213 658 repeticiones de eje estándar (8.2 tn).

**Tabla 8. 2**

Percentiles para determinar el CBR de diseño en función a ESAL de diseño

NIVEL DE TRANSITO (ESAL)	PERSENTIL DE DISEÑO
10 <sup>4</sup> o menos	60
10 <sup>4</sup> - 10 <sup>6</sup>	75
10 <sup>6</sup> a mas	87.5

*Fuente:* Asphalt Institute, Thichness Dessing, 1981

Para ESAL de diseño: 213658 repeticiones de eje estándar el percentil de diseño es 75%.

- b) Se ordenan los valores de CBR en orden numérico descendente o ascendente.

**Tabla 8. 3**

CBR ordenado de menor a mayor Valor

CALICATA	VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR)	(CBR) 95%
CAL-3	CBR1	26
CAL-9	CBR2	26
CAL-1	CBR3	31
CAL-6	CBR4	32

*Fuente:* elaboración propia

- c) Para cada valor diferente de CBR, comenzando con el de menor valor de CBR computar el número de valores que es igual a, o mayor que, luego se calcula el porcentaje de cada uno de los valores con respecto al total de valores analizados.



**Tabla 8. 4**

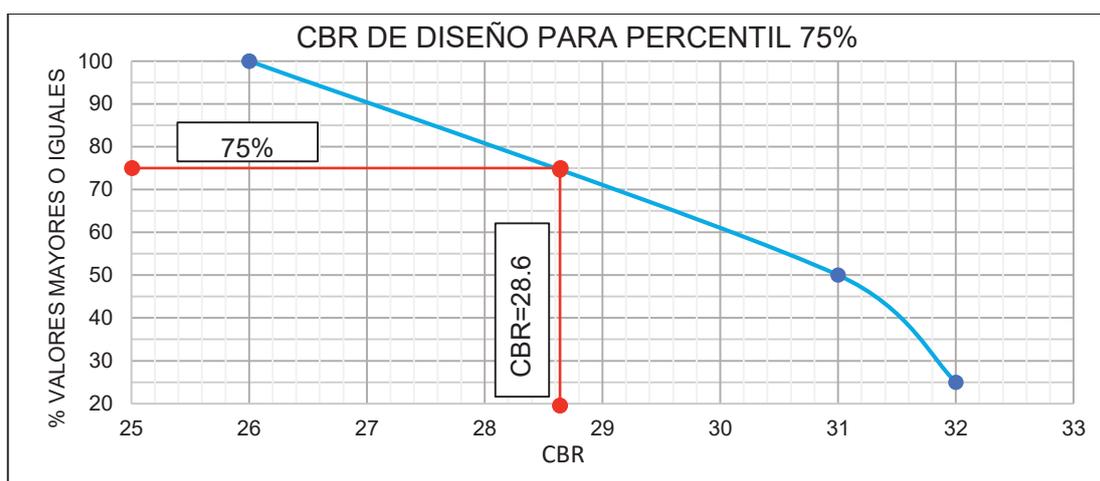
Numero de valores de igual a, o mayor que el CBR.

CALICATA	VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR)	(CBR) 95%	N° MAYOR O IGUAL QUE	%
CAL-3	CBR1	26	4	100
CAL-9	CBR2	26	4	100
CAL-1	CBR3	31	2	50
CAL-6	CBR4	32	1	25

*Fuente:* elaboración propia

- Plotear en un gráfico los resultados obtenidos. En el eje de abscisas los valores de CBR y en el eje de las ordenadas los porcentajes de valores mayores o iguales.
- Trazar una curva suave, uniendo los puntos ploteados tal que se debe tener cuidado que si los datos de los ensayos están bien distribuidos la curva debe tener la forma de “S” donde el 50% percentil debe caer cerca del valor promedio de los datos analizados
- Con la curva que se obtenga se determina el CBR para el percentil elegido.

**Figura 8. 1.** Valor del CBR de diseño para un percentil de 75%.



*Fuente:* Elaboración propia

De la figura anterior, para un valor de percentil de 75% el CBR es 28.6, la cual representa el CBR de diseño.

Nota: En el presente proyecto el CBR de diseño será el que se obtuvo mediante la metodología del Instituto del Asfalto; Los sectores que se indique con CBR menores al resultado del promedio se propondrán un mejoramiento de los suelos, siendo estos reemplazados por suelos granulares o en su defecto cuyo CBR supere al CBR de Diseño.

#### 8.4. DISEÑO ESTRUCTURAL – DETERMINACION DE ESPESORES

Los parámetros que definen los espesores del Pavimento son: El Estudio de Tránsito o ESAL y El Estudio de la subrasante de la Vía: CBR de Diseño



Para determinar el espesor de afirmado existen diversos métodos, la selección metodológica a utilizar estará de acuerdo a la disposición de datos.

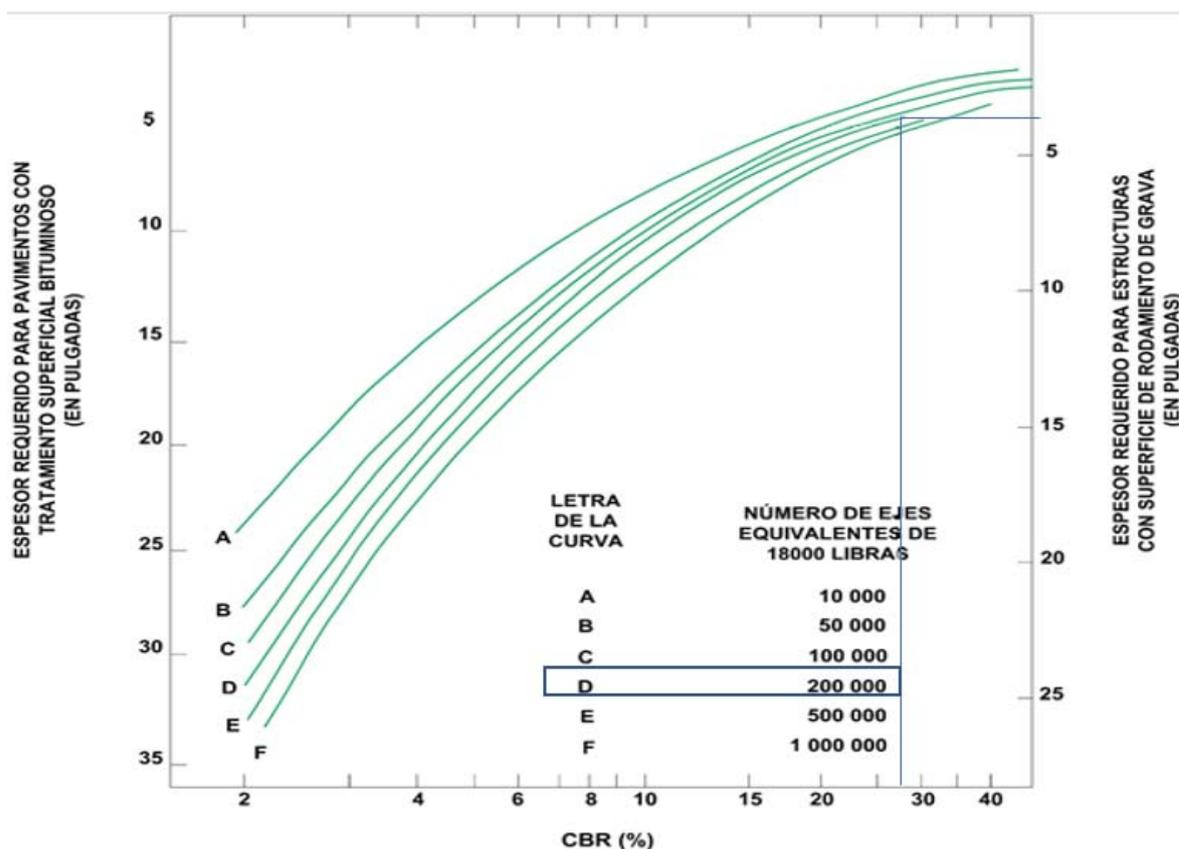
A continuación, se detallan dos métodos que son acordes con a los datos que se tiene.

### 8.4.1 METODO USACE

A fin de determinar el espesor del pavimento requerido, se utilizará el Método de diseño para pavimentos afirmados del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE.UU. (USACE).

El cuerpo de Ingenieros del ejército de los Estados Unidos (USACE) en su Technical Manual TM 5-822-12 Design of Aggregate Surfaced Roads and Airfields (setiembre 1990), desarrolla el procedimiento para diseñar caminos y campos de aviación con superficies de agregados (afirmados), El cuerpo de ingenieros plantea el siguiente ábaco para determinar el espesor del afirmado

Figura 8. 2. Abaco para determinación de espesores Metodología USACE



Curvas de Diseño de Espesores para Estructuras con y sin Tratamientos Bituminosos, según análisis USACE

Fuente: TM 5-822-12 Design of Aggregate Surfaced Roads and Airfields



En el Gráfico “Curvas de Diseño de Espesores para Estructuras con y sin Tratamiento Bituminoso, según Análisis USACE”, permite determinar los espesores requeridos para estructuras con superficie de rodamiento de grava, en base a valores de CBR y el correspondiente número de repeticiones de eje estándar.

El espesor obtenido de la aplicación del Método USACE.es de 4 pulgadas (10 cm),

### 8.4.2. MÉTODO DEL MTC

El Ministerio de Transportes en su Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos, MTC-Versión 2014, adoptó para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado la ecuación propuesta por el Método NAASRA (Nacional Association of Australian State Road Athorities), hoy AUSTRROADS, que relaciona el valor soporte del suelo (C.B.R.) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en Número de Repeticiones de EE:

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} CBR) + 58 \times (\log_{10} CBR)^2] \times \log_{10} \times (Nrep/120)$$

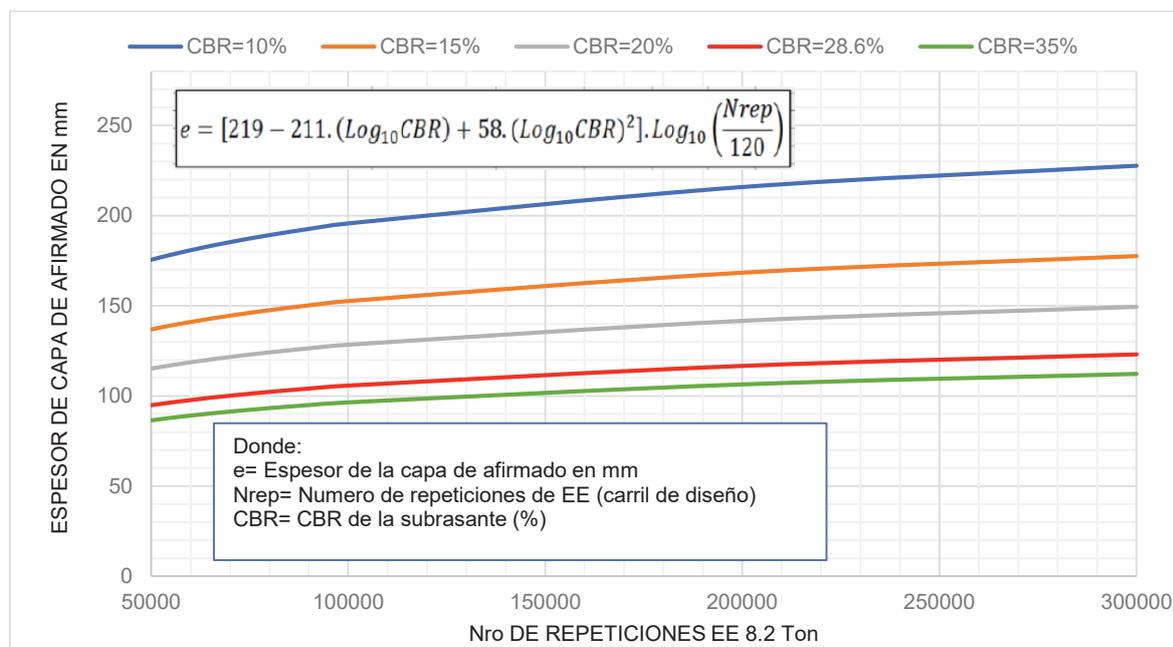
Donde:

e: Espesor de capa de Afirmado en mm

C.B.R.: Valor de C.B.R. de la Subrasante

Nrep: Número de repeticiones de EE para el carril de Diseño.

**Figura 8. 3.** Espesor de capa de revestimiento granular.



Fuente: Elaboracion propia en base al método NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTRROADS

De acuerdo a la figura 8.3, y a la ecuación del método de NAASRA el espesor de la capa de afirmado es de 120 mm, pero adoptamos 150 mm (espesor mínimo aceptable).

### 8.4.3. ESPESOR DE DISEÑO

Habiéndose efectuado los diseños de Espesores de afirmado utilizando las Metodologías recomendadas por la USACE y la recomendada por el MTC (National Association of Australian State Road Authorities – AUSTRROADS) en base a los C.B.R. y el ESAL de diseño, Tenemos los siguientes espesores:

**Tabla 8. 5**

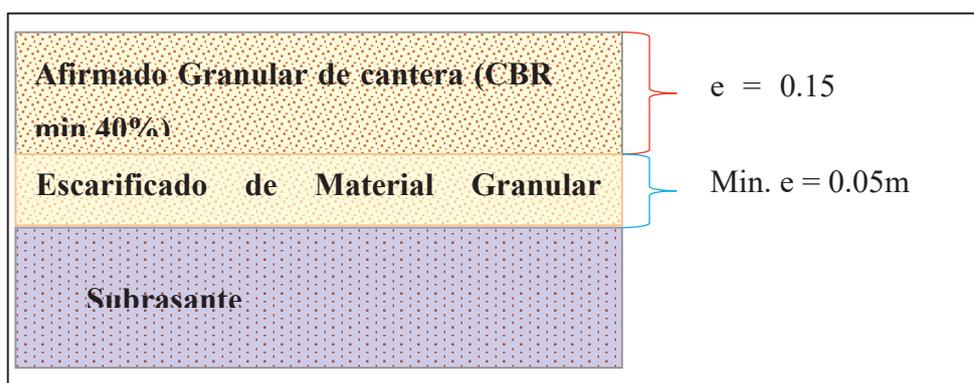
Espesor de la capa de afirmado de acuerdo a las metodologías Usadas

Progresiva	Espesor (cm.)	
	USACE	MTC (AUSTRROADS)
Km. 0+000 - Km. 9+665	10	15

*Fuente:* Elaboración propia

Observando a los valores obtenidos se adoptará el espesor de diseño de 15 cm para todo el tramo, desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 9+665; debido a consideraciones constructivas y de control de compactación, previo a la colocación de material de afirmado, la subrasante será escarificado y compactado con un espesor mínimo de 5cm (nivelación de la subrasante) con material propio de la vía. La Figura 8.4 representa la sección tipo del tramo.

**Figura 8. 1.** Esquema de la estructura propuesta km 0+000 – km 9+665



*Fuente:* Elaboración propia

### 8.5. MATERIALES PARA PAVIMENTO

Todos los materiales deberán cumplir los requerimientos del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, vigente; no obstante, cuando en un determinado proyecto de pavimentación se requiera especificaciones nuevas concordantes en el estudio o que amplíen, complementen o reemplacen a las especificaciones generales, el autor



del proyecto o el ingeniero responsable de suelos y pavimentos deberá emitir las especificaciones especiales para ese proyecto y solo será aplicable para su ejecución.

### 8.5.1. DEL AFIRMADO

El material de afirmado deberá cumplir con los requisitos mínimos establecidos en la Sección 301 del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción del Ministerio de transportes y comunicaciones, vigente. Asimismo, para su ejecución se deben cumplir los requisitos de materiales, equipos, requerimientos de construcción, control de calidad y aceptación de los trabajos.

Para la dosificación y mezcla del material para afirmado, se tendrá como referencia y punto de partida las gradaciones que se recomiendan en la Tabla 8.6 referidas a AASHTO M 147

**Tabla 8. 6**  
Gradación del Material de Afirmado

PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMIZ	GRADACIÓN C	GRADACIÓN D	GRADACIÓN E	GRADACIÓN F
50 mm ( 2" )				
37.5 mm ( 1½" )				
25 mm ( 1" )	100	100	100	100
19 mm ( ¾" )				
9.5 mm ( 3/8" )	50 - 85	60 - 100		
4.75 mm ( N° 4 )	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
2.36 mm (N° 8)				
2.0 mm ( N° 10 )	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
4.25 um (N° 40 )	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70
75 um (N° 200 )	5 - 15	5 - 20	6 - 20	8 - 25
Índice de Plasticidad	4 - 9	4 - 9	4 - 9	4 - 9
Límite Líquido	Max. 35%	Max. 35%	Max. 35%	Max. 35%
Desgaste Los Ángeles	Max. 50%	Max. 50%	Max. 50%	Max. 50%
CBR [referido al 100% de la Máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5mm)]	Min. 40%	Min. 40%	Min. 40%	Min. 40%

**Fuente:** Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos, MTC, AASHTO. (American Association of State Highway and Transportation Officials. - Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte).



**Tabla 8. 7**  
Gradación del Material de Afirmado

PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMIZ	FHWA – FP03	FHWA – FPSDTAP
50 mm ( 2" )		
37.5 mm ( 1½" )		
25 mm ( 1" )	100(1)	
19 mm (¾" )	97 – 100(1)	100
12.5 mm ( ½" )		
9.5 mm ( 3/8" )		
4.75 mm ( N° 4 )	41 – 71(7)	50 – 78
2.36 mm (N° 8)		37 - 67
2.0 mm ( N° 10 )		
4.25 um (N° 40 )	12 – 28(5)	13 – 35
75 um (N° 200 )	9 – 16(4)	4 – 15
Índice de Plasticidad	8(4)	4 - 12
Límite Líquido	Max. 35%	Max. 35%
Desgaste Los Ángeles	Max. 50%	Max. 50%
CBR [referido al 100% de la Máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5mm)] (*)	Min. 40%	Min. 40%
Nota (1) = Procedimiento estadístico no aplica ( )= desviación admisible (±) del valor indicado		

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos, MTC, Federal Highway Administration – FHWA.

(\*) Si el CBR del material es menor al mínimo recomendado se efectuará un estudio específico para mejorar las propiedades del material.

## 8.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se ha desarrollado la metodología de diseño USACE y AUSTRROADS para el diseño del espesor de afirmado, debido a que se trata de un proyecto a nivel de mejoramiento y existe bajo porcentaje de tránsito pesado de la vía EE (10 AÑOS), se decidió optar por el espesor calculado según la metodología AUSTRROADS de 15 cm.
- Debido a consideraciones constructivas y de control de compactación, previo a la colocación de material de afirmado, la subrasante en todo el tramo será escarificado nivelado perfilado y compactado con un espesor mínimo de 5cm con material propio de la vía, partida que se incluye en el presupuesto.



## CAPITULO IX. ESTUDIO SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL



## CAPITULO IX. ESTUDIO SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL

### 9.1. GENERALIDADES

El estudio de señalización y seguridad vial se ha elaborado de acuerdo a las características de diseño geométrico de la vía y tomando en cuenta el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito para Calles y Carreteras vigente.

Este capítulo del proyecto está referido al establecimiento de los diversos dispositivos de prevención, regulación, información y/o seguridad vial, que son necesarios incluir en el diseño de una vía, con el fin de crear mecanismos de seguridad y prevención de accidentes al usuario durante el recorrido de la vía.

### 9.2. OBJETIVO

El presente estudio tiene por objetivo dotar de todos los dispositivos de control con el fin de que pueda guiarse la circulación vehicular y disminuir los inconvenientes propios que afectan al tránsito vehicular, siendo compatible con el diseño geométrico de la vía, de manera que las señales contribuyan a la seguridad vial y tengan buena visibilidad, en concordancia con la velocidad del tránsito automotor.

Cabe mencionar que en el presente Estudio teniendo en cuenta el grado de intervención se ha proyectado la mínima cantidad de señales verticales que permita la transitabilidad y seguridad a lo largo de la vía.

### 9.3. SEÑALIZACION

Actualmente la señalización a lo largo de la vía es inexistente; La señalización que se propone en el proyecto consiste en la colocación de señales tanto preventivas (advierten a los usuarios acerca de la existencia de algún peligro en la vía o situaciones que requieran adoptar una conducta apropiada y extremar las precauciones), reglamentarias (limitaciones, prohibiciones y restricciones), informativas, y la colocación de hitos kilométricos.

Para garantizar las especificaciones técnicas y características de desempeño y calidad de los materiales usados en la señalización vertical y horizontal, así como de otros dispositivos de control del tránsito, deben cumplirse las disposiciones establecidas por el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG vigente), así como de las Especificaciones Técnicas de Pinturas

### 9.4. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

La elaboración del Estudio de Señalización y Seguridad Vial ha tenido la secuencia que se indica:



- ✚ Inspección de campo. - con el propósito de conocer el medio físico por el que se desarrolla la vía.
- ✚ Identificación de los factores que contribuyen a crear inseguridad en el tránsito, con la finalidad de evaluar los sectores que representan riesgo o inseguridad vial y las condiciones de tránsito bajo las cuales que se desarrollarán los usuarios de la vía.
- ✚ Elaboración del estudio. - teniendo como sustento técnico normativo el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

## 9.5. SEÑALIZACIÓN VERTICAL

Las señales verticales son dispositivos instalados al costado o sobre el camino, y tienen por finalidad, reglamentar el tránsito, prevenir e informar a los usuarios mediante palabras o símbolos establecidos en este estudio. Cabe mencionar que los ejemplos presentados solo tienen carácter ilustrativo, por cuanto cada dispositivo de control que se incluya en el proyecto, deberá ser diseñado específicamente. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 23)

La función de las señales verticales es: reglamentar, prevenir e informar al usuario de la vía, su utilización es fundamental principalmente en lugares donde existan regulaciones especiales, permanentes o temporales, y en aquellos donde los peligros no siempre son evidentes. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 23).

De acuerdo a la función que desempeñan, las señales verticales se clasifican en 3 grupos:

### 9.5.1. SEÑALES DE PREVENTIVAS:

“Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 23).

#### 9.5.1.1. COLOR

Fondo y borde : material reflectorizante de alta intensidad de color amarillo

Símbolos, letra y marco : tinta xerográfica color negro.

#### 9.5.1.2. DIMENSIONES Y FORMA

Las señales preventivas tienen forma romboidal un cuadrado con diagonal en posición vertical con dimensiones de 0.60m x 0.60m de acuerdo con la recomendación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.



Los detalles en cuanto a las características de los mensajes, color, dimensiones y las formas de las señales preventivas se indican en los planos, así como en las Especificaciones Técnicas del proyecto. Asimismo, se tienen planos de Ubicación General de estas señales con su distribución de las señales reglamentarias e informativas.

### *9.5.1.3. UBICACIÓN*

#### **LONGITUDINAL**

Deben ubicarse de tal manera, que los conductores tengan el tiempo de percepción-respuesta adecuado para percibir, identificar, tomar la decisión y ejecutar con seguridad la maniobra que la situación requiere. señal preventiva al peligro que ésta advierte debe ser en función de la velocidad límite, de las características de la vía, de la complejidad de la maniobra a efectuar y del cambio de velocidad requerido para realizar la maniobra con seguridad.

En líneas generales, una señal que prevenga de curva se podrá colocar a cualquier distancia hasta 30 m antes de la curva. Sin embargo, la señal preventiva de curva debe ser instalada a una distancia mínima de 30 m de otras señales. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 44)

Debido a la topografía y a la velocidad directriz, la sinuosidad de la vía y a la cercanía entre señales verticales, se ha considerado distancias entre 20m a 60m para la ubicación de este tipo de señales.

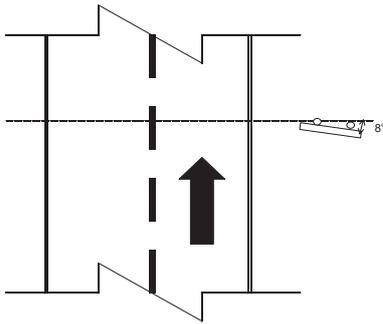
#### **LATERAL**

Debe colocarse al lado derecho de la vía a una distancia mínima de 2.00 a 3.60 m. de la calzada.

### *9.5.1.4. ORIENTACION*

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.

**Figura 9. 2.** Esquema de Ubicación de Señales preventivas, reguladoras e informativas.



**Fuente:** Elaboración propia

#### 9.5.1.5. ALTURA

En zonas la altura mínima permisible será de 1.50 m., entre el borde inferior de la señal y la proyección imaginaria del nivel de la superficie de rodadura (calzada). En caso de colocarse más de una señal en el mismo poste, la indicada altura mínima permisible de la última señal, será de 1.20 m.

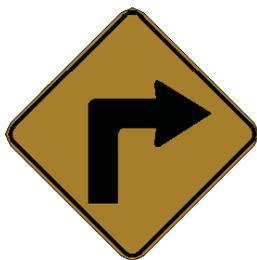
Los postes de fijación de estas señales serán de tubo metálico, pintados con franjas de 0.50 m con esmalte de color blanco y negro.

#### 9.5.1.6. TIPOS DE SEÑALES PREVENTIVAS

Para el presente estudio se han considerado las siguientes señales:

**Señal “CURVA PRONUNCIADA” (P-1 A) a la derecha y (P-1B) a la izquierda.**

Se usará para prevenir la presencia de curvas de radio menor de 40m y para aquellas de 40 a 80m de radio cuyo ángulo de deflexión sea mayor de 45°.



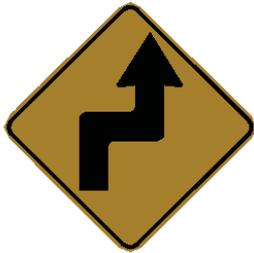
P-1A  
Curva pronunciada  
a la derecha



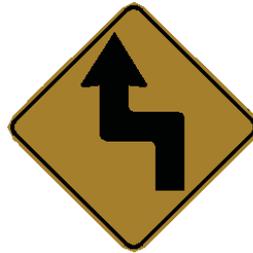
P-1B  
Curva pronunciada  
a la izquierda

**Señal “CURVA Y CONTRA CURVA PRONUNCIADA” (P-3A) a la derecha y (P-3B) a la izquierda.**

Se emplearán para indicar la presencia de dos curvas de sentido contrario, separadas por una tangente menor de 60m, y cuyas características geométricas son las indicadas en las señales de curva para el uso de la señal (P-1)



P-3A  
Curva y contracurva  
pronunciada a la derecha



P-3B  
Curva y contracurva  
pronunciada a la izquierda

### Señal “CAMINO SINUOSO” (P-5-1) a la derecha y (P-5-1) a la izquierda

Se empleará para indicar una sucesión de tres o más curvas, evitando la repetición frecuente de señales de curva. Por lo general, se deberá utilizar la señal (R-30) de velocidad máxima, para indicar complementariamente la restricción de la velocidad.



P-5-1  
Camino  
sinuoso

### Señal “CURVA EN U” (P-5-2A) a la derecha y (P-5-2B) a la izquierda.

Se emplearán para prevenir la presencia de curvas cuyas características geométricas la hacen sumamente pronunciadas.



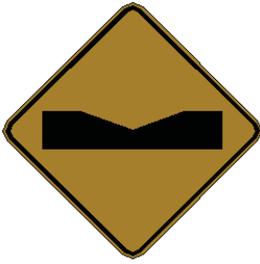
P-5-2A  
Curva en U  
a la derecha



P-5-2B  
Curva en U  
a la izquierda

### Señal “BADEN” (P-34)

Se utilizará para advertir al conductor de la proximidad de un badén.



P-34  
Badén o  
Depresión

### Señal “ZONA DE DERRUMBES” (P-37)

Se utilizará para advertir al conductor de la proximidad de un tramo de la vía en que existe posibilidad de encontrar derrumbes.



P-37  
Zona de  
Derrumbe

**Tabla 9. 1**  
Relación de Señales Preventiva

TIPO Y CODIGO DE LA SEÑAL PREVENTIVA											
PROGRESIVA	P-1A	P-1B	P-3A	P-3B	P-5-1	P-5-1A	P-5-2A	P-5-2B	P-34	P-37	UBICACIÓN
	Curva pron. Derecha	Curva pron. Izquierda	Cont. curv. Pron. derecha	Cont. curv. Pron. Izquierda	Camino sinuoso Der.	Camino sinuoso Izq.	Curva en U, derecha	Curva en U, izquierda	Baden	Zona de Derrumbes	
0+170						1					Derecho
0+880					1						Izquierdo
1+000								1			Derecho
1+120							1				Izquierdo
1+360							1				Derecho
1+480								1			Izquierdo



CAPITULO IX: ESTUDIO SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL

1+600			1								Derecho
1+820			1								Izquierdo
2+050									1		Derecho
2+150									1		Izquierdo
2+660						1					Derecho
2+930									1		Derecho
3+020									1		Izquierdo
3+150						1					Izquierdo
3+210				1							Derecho
3+420				1							Derecho
3+430			1								Izquierdo
3+490									1		Derecho
3+600									1		Izquierdo
3+840									1		Derecho
3+930									1		Izquierdo
4+260								1			Derecho
4+430							1				Izquierdo
4+720				1							Derecho
4+880				1							Izquierdo
4+950	1										Derecho
5+030		1									Izquierdo
5+080						1					Derecho
5+290									1		Derecho
5+390									1		Izquierdo
5+740						1					Izquierdo
5+780						1					Derecho
6+400						1					Izquierdo
6+800						1					Derecho
7+070					1						Izquierdo
7+150		1									Derecho
7+350	1										Izquierdo
7+410					1						Derecho
8+020					1						Izquierdo
8+440			1								Derecho
8+540										1	Derecho
8+570			1								Izquierdo
8+750										1	Izquierdo
9+230				1							Derecho
9+460			1								Izquierdo
Subtotal	2	2	6	5	4	8	3	3	10	2	
Total	45 Unidades										

**Fuente:** Elaboración propia



### 9.5.2. SEÑALES REGULADORAS O DE REGLAMENTACIÓN

Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades, prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes, en el uso de las vías. Su incumplimiento constituye una falta que puede acarrear un delito. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 23).

#### 9.5.2.1. COLOR

Fondo y borde : material reflectorizante de alta intensidad de color blanco

Símbolos, letra y marco : tinta xerográfica color negro, los símbolos están encerrados por un círculo de color rojo

#### 9.5.2.2. DIMENSIONES Y FORMA

Las dimensiones de las señales de reglamentación será tales que el mensaje transmitido sea fácilmente comprendido y visible. Para el presente estudio se considerarán placas rectangulares de 0.60m x 0.90m Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

#### 9.5.2.3. UBICACIÓN

Ver Item 9.5.1.3.

#### 9.5.2.4. ORIENTACION

Ver Item 9.5.1.4.

#### 9.5.2.5. ALTURA

Ver Item 9.5.1.5.

#### 9.5.2.6. TIPOS DE SEÑALES REGULADORAS O DE REGLAMENTACIÓN

Señal “VELOCIDAD MAXIMA” (R-30), de forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas o restrictivas.

Esta señal establece la velocidad máxima de operación en kilómetros por hora (km/h) a la que puede circular un vehículo en determinado carril, tramo o sector de una vía; por razones de las características geométricas de la vía o aproximación a determinadas zonas de peligro.



R-30(30)  
Velocidad  
Máxima



R-30(25)  
Velocidad  
Máxima



**Tabla 9. 2**

Relación de Señales Regulatoras

TIPO Y CODIGO DELA SEÑAL REGLEMENTARIA		
PROGR.	R-30	UBICACIÓN
	20 KPH	
0+080	1	Derecho
1+900	1	Izquierdo
3+740	1	Izquierdo
4+100	1	Derecho
6+540	1	Izquierdo
8+300	1	Derecho
9+560	1	Izquierdo
TOTAL	7 Unidades	

**Fuente:** Elaboración propia

### 9.5.3. SEÑALES DE INFORMACIÓN

Tienen como propósito guiar a los usuarios y proporcionarles información para que puedan llegar a sus destinos en la forma más simple y directa posible. Además, proporcionan información relativa a distancias a centros poblados y de servicios al usuario, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, y otros. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 23).

#### 9.5.3.1. COLOR

En general en las carreteras son de fondo verde y sus leyendas, símbolos y orlas son de color blanco.

#### 9.5.3.2. DIMENSIONES Y FORMA

Son de forma rectangular o cuadrado. Las excepciones son las señales tipo flecha y de identificación y localización vial tales como: Escudo en las Rutas Nacionales, Emblema en las Rutas Departamentales o Regionales, y círculo en las Rutas Vecinales o Rurales y postes kilométricos.

#### 9.5.3.3. UBICACIÓN

Ver Item 9.5.1.3.

#### 9.5.3.4. ORIENTACION

Ver Item 9.5.1.4.

#### 9.5.3.5. ALTURA

Ver Item 9.5.1.5.

#### 9.5.3.6. CLASIFICACIÓN

Las señales de información se agrupan de la siguiente manera:

- a) **Señales de Dirección.** - Tienen por finalidad informar sobre los destinos, así como de los códigos y nombres de las vías que conducen a ellos, al tomar una salida o realizar un giro. Podrán indicar la distancia aproximada al destino.
- b) **Señales de localización.** - Tienen por función, indicar límites jurisdiccionales de zonas urbanas, identificar ríos, lagos, parques, puentes, túneles, lugares turísticos e históricos, y otros puntos de interés que sirven de orientación a los usuarios de la vía.

Asimismo, en las zonas rurales, los postes kilométricos tienen por finalidad indicar la distancia con respecto al punto de origen de la vía (km 0+000), de acuerdo a lo establecido en el Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), vigente.

#### 9.5.3.7. TIPO DE SEÑALES INFORMATIVAS EN EL PRESENTE PROYECTO

A continuación, se presenta la relación de las señales.

##### a) Señal de “DIRECCION”

Se utilizarán antes de una intersección a fin de guiar al usuario en el itinerario a seguir para llegar a su destino. junto al nombre del lugar tendran una flecha que indique la dirección a seguir para llegar a él.

**Figura 9. 3.** Paneles Informativas



**Fuente:** Elaboración propia

Dependiendo del tipo de intersección se definirá el tipo de señales, además de los nombres de los lugares que cruza la vía, accesos y otros.



**Tabla 9. 3**

Relación de Señales Informativas

PROG.	DESCRIPCION DE LA SEÑAL INFORMATIVA	CANT.	UBIC.
0+020	HUARANCCA - ROQUEPATA	1	DERECHA
1+480	ROQUECHIRI	1	DERECHA
2+580	HUARANCCA	1	DERECHA
3+160	HUARANCCA	1	DERECHA
8+770	ROQUEPATA	1	DERECHA
TOTAL	5 Unidades		

Fuente: Elaboración propia

### b) Señal de localización vial

#### Señal “POSTE DE KILOMETRAJE” (I-2A).

Se utilizarán para indicar la distancia al punto de origen de la vía. Para establecer el origen de cada carretera se sujetará a la reglamentación respectiva, elaborada por la Dirección General de Caminos y ferrocarriles.

Los postes de kilometraje se colocarán a intervalos de 1 Km. considerando a la derecha los números pares y a la izquierda los impares.

Especificaciones:

Concreto : 140 Kg./cm<sup>2</sup>

Armadura : 3 acero de 3/8” con estribos de alambre No. 8 a 0.20 m

Longitud de 1.10 m.

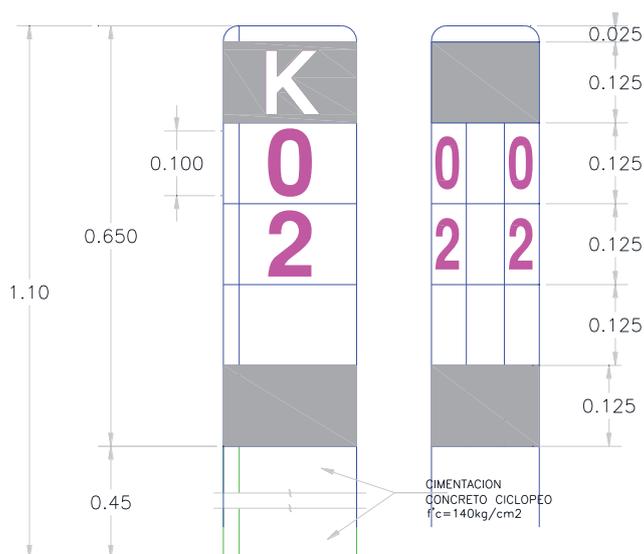
Inscripción : en bajo relieve de 12mm de profundidad.

Pintura : los postes serán pintados en blanco con bandas negras

de acuerdo al diseño, con tres manos de pintura al óleo.

Cimentación : 0.50 x 0.50 de concreto ciclópeo.

**Figura 9. 4.** Hito kilometrico



**Fuente:** Elaboración propia, ver planos

**Tabla 9. 4**  
Relación de hitos de Kilometraje

PROGRESIVA	POSTE	UBICACIÓN
0+000	1	Izquierdo
1+000	1	Derecho
2+000	1	Izquierdo
3+000	1	Izquierdo
4+000	1	Derecho
5+000	1	Izquierdo
6+000	1	Derecho
7+000	1	Derecho
8+000	1	Izquierdo
9+000	1	Derecho
TOTAL	10 Unidades	

**Fuente:** Elaboración propia.

### 9.6. SEÑALIZACION DURANTE LA ETAPA DE CONSTRUCCION

Se establece durante la construcción de la obra, para tomar las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes, enfermedades y los derivados de los trabajos de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento. También establece el bienestar de los trabajadores. En el presente estudio se presenta un plan de Mantenimiento de Tránsito y Seguridad Vial Temporal contemplando las previsiones contenidas en este Estudio, en función al propio sistema de ejecución de la obra.



Abarcan lo concerniente con el mantenimiento del tránsito en las áreas que se hallan en construcción durante el período de ejecución de obras. Los trabajos incluyen:

- ✚ El mantenimiento de desvíos que sean necesarios para facilitar las tareas de construcción.
- ✚ La provisión de facilidades necesarias para el acceso de viviendas, servicios, etc. ubicadas a lo largo del Proyecto en construcción.
- ✚ La implementación, instalación y mantenimiento de dispositivos de control de tránsito y seguridad acorde a las distintas fases de la construcción.
- ✚ El control de emisión de polvo en todos los sectores de la vía principal y de los desvíos habilitados que se hallan abiertos al tránsito dentro del área del Proyecto.
- ✚ El mantenimiento de la circulación habitual de animales domésticos y silvestres a las zonas de alimentación y abrevadero, cuando estuvieran afectadas por las obras.
- ✚ El transporte de personal a las zonas de ejecución de obras.

En general se incluyen todas las acciones, facilidades, dispositivos y operaciones que sean requeridos para garantizar la seguridad y confort del público usuario erradicando cualquier incomodidad y molestias que puedan ser ocasionados por deficientes servicios de mantenimiento de tránsito y seguridad vial.

Los Materiales de las señales, dispositivos de control, colores a utilizar y calidad del material estará de acuerdo con lo normado en el Manual de Dispositivos para “Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras” del MTC y a las Especificaciones Técnicas de la Partida “01.05 Mantenimiento de Tránsito y Seguridad Vial” todos ellos tendrán la posibilidad de ser trasladados rápidamente de un lugar a otro, para lo que deben contar con sistemas de soporte adecuados.

El Plan de Mantenimiento de Tránsito y Seguridad Vial debe estar acuerdo a los frentes de trabajo, contando para ello con todas las señales y dispositivos necesarios en cada fase de obra, cuya cantidad no podrá ser menor en el momento de iniciar los trabajos a lo que se indica:

✚ Banderines	12 und.
✚ Cintas de seguridad	18 und
✚ Conos de 70 cm. de alto	12 und.
✚ Señales Restrictivas	24 und.
✚ Barreras o Tranqueras (pueden combinarse con barriles)	6 und.
✚ Chalecos de Seguridad, Silbatos	20 und. c/u.



La señalización y/o disposición de los elementos de seguridad en zonas de trabajo se muestran en el plano detalles de la señalización provisional.

Las señales, dispositivos y chalecos deberán tener material con características retroreflectivas que aseguren su visibilidad en las noches, oscuridad y/o en condiciones de neblina o de la atmósfera según sea el caso:

Para el Control de Tránsito y Seguridad Vial Temporal deberá proveer cuadrillas de control de tránsito en número suficiente, el que estará bajo el mando de un controlador capacitado en este tipo de trabajo. El Controlador tendrá las siguientes funciones y responsabilidades.

- ✚ Coordinación de las operaciones de control de tránsito.
- ✚ Determinación de la ubicación, posición y resguardo de los dispositivos de control y señales en cada caso específico.
- ✚ Corrección inmediata de las deficiencias en el mantenimiento de tránsito y seguridad vial.
- ✚ Coordinación de las actividades de control con el Supervisor.
- ✚ Organización del almacenamiento y control de las señales y dispositivos, así como de las unidades rechazadas u objetadas.
- ✚ Cumplimiento de la correcta utilización y horarios de los ómnibus de transporte de personal.

Los sectores en que existan excavaciones puntuales en la zona de tránsito, excavaciones de zanjas laterales o transversales que signifiquen algún peligro para la seguridad del usuario, deben ser claramente delimitadas y señalizadas con dispositivos de control de tránsito y señales como las cintas de seguridad, que serán mantenidos durante el día y la noche hasta la conclusión de las obras en dichos sectores. Principalmente en las noches se utilizarán señales y dispositivos muy notorios y visibles para resguardar la seguridad del usuario.

La instalación de los dispositivos y señales para el control de tránsito seguirá las siguientes disposiciones:

- ✚ Las señales y dispositivos de control deberán ser aprobados por el Supervisor y estar disponibles antes del inicio de los trabajos de construcción, entre los que se incluyen los trabajos de replanteo y topografía.
- ✚ Se instalarán sólo los dispositivos y señales de control que se requieran en cada etapa de la obra y en cada frente de trabajo.
- ✚ Los dispositivos y señales deben ser reubicados cuando sea necesario.



- ✚ Las unidades perdidas, sustraídas, destruidas en mal estado o calificado en estado inaceptable por la Supervisión deberán ser inmediatamente sustituidas.
- ✚ Las señales y dispositivos deben ser limpiadas y reparadas periódicamente.
- ✚ Las señales y dispositivos serán retiradas totalmente cuando las obras hayan concluido.
- ✚ El personal que controla el tránsito debe usar equipo de comunicación portátil y silbatos en sectores en que se alterne el tráfico como efecto de las operaciones constructivas. También deben usar señales que indiquen al usuario el paso autorizado o la detención del tránsito.

## 9.7. CALCULO DE TAMAÑO DE LA PLACA PARA LA SEÑALES INFORMATIVAS

### DATOS DE ENTRADA:

SERIE: C: Altura de texto: 0.10m

✚ ALTURA letra (cm):	10.00	
✚ FLECHA ALTO (CM)		15.00
✚ BORDE (CM)	1.00	
✚ MARCO (CM)	1.00	
✚ ESP. IZQ. (CM)	10.00	
✚ ESP. DER. (CM)	10.00	
✚ ESP. ARIB. (CM)	5.50	
✚ ESP. ABAJ. (CM)	5.50	
✚ ENTRE PAL. (CM)	8.80	
✚ ENTRE REGL. (CM)		10.00

ANCHO CARTEL= BODE+ESP.DER.+FECHA+ESP.DER.+LARGO DE PALABRA+ESP.IZQ.+BORDE

ALTO CARTEL = BORDE+ESP.INF.+ALTURA LETRA+ESP.ARRIB.+BORDE



**HUARANCCA ROQUEPATA (01 UNIDADES)**

LETRA	ANCHO DE LETRA	CLAVE DE MARGENES		COMBIN.	ESPACIAM.
		IZQ	DER		
H	6.7	I	I	I-I	2.4
U	6.7	I	I	I-III	1.9
A	8.4	III	III	III-I	1.9
R	6.7	I	II	II-III	1.9
A	8.4	III	III	III-I	1.9
N	6.7	I	I	I-II	2.4
C	6.7	II	III	III-II	1.9
C	6.7	II	III	III-III NP	1.3
A	8.4	III	III		
R	6.7	I	II	II-II	1.9
O	7.0	II	II	II-II	1.9
Q	7.0	II	II	II-I	2.4
U	6.7	I	I	I-I	2.4
E	6.1	I	III	III-I	1.9
P	6.7	I	II	II-III	1.9
A	8.4	III	III	III-III NP	1.3
T	6.1	III	III	III-III NP	1.3
A	8.4	III	III		
<b>TOTAL</b>	<b>65.4</b>				<b>15.6</b>
<b>LARGO DE PALABRA</b>					<b>81.0</b>
<b>DIMENSIONES DEL PANEL (ancho x alto)</b>				<b>128.1</b>	<b>45.0</b>

**ROQUECHIRI (01 UNIDADES)**

LETRA	ANCHO DE LETRA	CLAVE DE MARGENES		COMBIN N.	ESPACIAM M.
		IZQ	DER		
R	6.7	I	II	II-II	1.9
O	7.0	II	II	II-II	1.9
Q	7.0	II	II	II-I	2.4
U	6.7	I	I	I-I	2.4
E	6.1	I	III	III-II	1.9
C	6.7	II	III	III-I	1.9
H	6.7	I	I	I-I	2.4
I	1.6	I	I	I-I	2.4
R	6.7	I	II	II-I	2.4
I	1.6	I	I		
<b>TOTAL</b>	<b>56.8</b>				<b>19.6</b>
<b>LARGO DE PALABRA</b>					<b>76.4</b>
<b>DIMENSIONES DEL PANEL (ancho x alto)</b>				<b>125.4</b>	<b>25.0</b>



**HUARANCCA (02 UNIDADES)**

LETRA	ANCHO DE LETRA	CLAVE DE MARGENES		COMBIN.	ESPACIA M.
		IZQ	DER		
H	6.7	I	I	I-I	2.4
U	6.7	I	I	I-III	1.9
A	8.4	III	III	III-I	1.9
R	6.7	I	II	II-III	1.9
A	8.4	III	III	III-I	1.9
N	6.7	I	I	I-II	2.4
C	6.7	II	III	III-II	1.9
C	6.7	II	III	III-III NP	1.3
A	8.4	III	III		
<b>TOTAL</b>	<b>65.4</b>				<b>15.6</b>
<b>LARGO DE PALABRA</b>					<b>81.0</b>
<b>DIMENSIONES DEL PANEL (ancho x alto)</b>				<b>105.0</b>	<b>25.0</b>

**ROQUEPATA (02 UNIDADES)**

LETRA	ANCHO DE LETRA	CLAVE DE MARGENES		COMBIN.	ESPACIA M.
		IZQ	DER		
R	6.7	I	II	II-II	1.9
O	7.0	II	II	II-II	1.9
Q	7.0	II	II	II-I	2.4
U	6.7	I	I	I-I	2.4
E	6.1	I	III	III-I	1.9
P	6.7	I	II	II-III	1.9
A	8.4	III	III	III-III NP	1.3
T	6.1	III	III	III-III NP	1.3
A	8.4	III	III		
<b>TOTAL</b>	<b>63.1</b>				<b>15.0</b>
<b>LARGO DE PALABRA</b>					<b>78.1</b>
<b>DIMENSIONES DEL PANEL (ancho x alto)</b>				<b>102.1</b>	<b>25.0</b>

**NOTA:** La ubicación de las señales preventivas, reglamentarias e informativas será de acuerdo a los planos de señalización y seguridad vial SE-01 y SE-02.



# **CAPITULO X: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

(VER ANEXOS DEL CAPITULO X)



## **CAPITULO XI: METRADOS**

(VER ANEXOS DEL CAPITULO XI)



## **CAPITULO XII. COSTOS Y PRESUPUESTOS**



## CAPITULO XII. COSTOS Y PRESUPUESTOS

### 12.1. COMPONENTES DEL PRESUPUESTO DE OBRA

En base a la evaluación de cada especialidad y a nuestra experiencia en obras viales, se han determinado los componentes que conforman el presupuesto de obra, lo cual nos ha permitido también establecer la unidad de medida que tendrá las partidas que conforman los componentes

La fecha del presupuesto base está referida a diciembre 2018, siendo las partidas generales que conforman el presupuesto, está enmarcado en:

-  Obras Preliminares
-  Movimiento de Tierras
-  Pavimentos
-  Obras de Arte y Drenaje
-  Transportes
-  Seguridad y Señalización
-  Protección Ambiental

### 12.2. METRADOS

“Los metrados son la cuantificación de las diferentes actividades que se van a realizar en la ejecución de una obra. Se deberá medir y cuantificar el diseño del proyecto en todas sus partidas” (Ibáñez, 2010, pág. 233)

Ver Capitulo XI metrados donde se muestran los metrados del presente proyecto.

### 12.3. PRESUPUESTO

“Presupuesto es una suposición inteligente del valor de un producto: así como también Es un artificio que permite planear y controlar las actividades de un proceso productivo”. (Ibáñez, 2010, pág. 233)

El presupuesto está conformado por:

-  Costos directos
-  Costos indirectos
-  Impuesto General a la Venta (IGV)
-  Utilidad

### 12.4. ANALISIS DE COSTOS DIRECTOS

El costo directo es la sumatoria de los costos de la mano de obra, equipos, herramientas y materiales necesarios para la realización de un proceso productivo. En consecuencia, son todos los gastos que están directamente relacionados con el avance de la obra.



### 12.4.1. MANO DE OBRA

Se conoce como mano de obra al esfuerzo físico y mental que se emplea para fabricar, mantener o reparar un bien.

#### 12.4.1.1. RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA

Rendimiento o producción es la cantidad de trabajo que se realiza en la unidad de tiempo, generalmente en construcción civil en días

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Cantidad de trabajo}}{\text{Tiempo}}$$

Los rendimientos de la mano de obra están en función a los estándares de mercado específicos para obras viales.

#### 12.4.1.3. COSTO DE MANO DE OBRA

El costo de la mano de obra está determinado por tres categorías (Operario, Oficial, Peón)

De acuerdo a los convenios colectivos celebrados en la actividad de la construcción y de los beneficios y remuneraciones que en este régimen laboral se aplica, podemos señalar que los trabajadores de construcción civil perciben los siguientes conceptos:

- ✚ Jornal básico
- ✚ Bonificaciones
- ✚ Leyes sociales

#### A) REMUNERACIÓN BÁSICA (JORNAL)

La remuneración básica para los trabajadores de construcción civil se creó mediante Decreto Supremo del 02 de marzo de 1945 la cual estableció el jornal básico para cada una de las categorías de trabajadores de este régimen Operario, Oficial y Peon.

Las remuneraciones básicas diarias se incrementan anualmente, mediante resoluciones y/o actas, Actualmente, mediante Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2018-2019, firmado entre la Cámara de Comercio Peruana de la Construcción (CAPECO) y los representantes de los Trabajadores de Construcción Civil, se ha incrementado a partir del 1/06/2018 al 31/05/2019, los jornales básicos de los trabajadores de construcción civil a nivel nacional, quedando establecido de la siguiente manera:



**Tabla 12. 1**

Remuneración básica del 01/06/2018 al 31/05/2019

CATEGORÍA	MONTO
Operario	S/. 67.20
Oficial	S/. 53.70
Peón	S/. 48.10

*Fuente:* Federación de Trabajadores en Construcción Civil en Perú (FTCCP)

## B) BONIFICACIONES

En el presente proyecto tomaremos en consideración las siguientes bonificaciones:

### BONIFICACIÓN ÚNICA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL (BUC)

La Bonificación Unificada de Construcción (BUC) tiene carácter de condición de trabajo y, de conformidad con la resolución subdirectoral (R.S.D.) 193-91-1-1SD-NEC, se refiere a:

- ✚ La bonificación por desgaste de herramientas y ropa
- ✚ La bonificación por alimentación
- ✚ La bonificación por agua potable la cual reemplaza la compensación por falta de agua potable y se otorga con prescindencia del hecho de que la obra cuente o no con agua potable.
- ✚ La bonificación por especialización para el operario.

Esta bonificación es abonada al trabajador en base a un porcentaje del jornal básico percibido, de acuerdo a la categoría a la que pertenezca, Operario 32%, Oficial 30% y Peón 30%.

Asimismo, se debe tener presente las siguientes características:

- ✚ Se otorga por el día laborado
- ✚ Para el cálculo de la BUC, no se considera el dominical ni la bonificación por movilidad.
- ✚ No es computable para el cálculo de las gratificaciones ordinarias (julio y diciembre), compensación vacacional, Compensación por Tiempo de Servicios, asignación por escolaridad ni participación en las utilidades.

### BONIFICACIÓN POR MOVILIDAD ACUMULADA

a los trabajadores de construcción civil se le debe pagar por concepto de movilidad urbana e interurbana, el valor de seis (6) paisajes urbanos. Esta bonificación tiene algunas precisiones:

- ✚ Se abona por el día trabajado, sin distinción de categoría



- ✚ No se paga cuando se trata de obreros en campamento, cuando el trabajador no asiste al centro de trabajo ni en días de descanso remunerado.
- ✚ Esta bonificación no está afecta a los aportes ni descuentos que se efectúan por planillas (EsSalud, ONP y/o SPP).
- ✚ No constituye base de cálculo para el pago de ningún beneficio social.
- ✚ La Bonificación Acumulada por Movilidad para los trabajadores que laboren domingos o feriados será la equivalente a cuatro (4) pasajes urbanos.

### **BONIFICACIÓN POR LA ALTA ESPECIALIDAD (BAE)<sup>2</sup>**

Aprobado el Convenio Colectivo 2012-2013 para los trabajadores de construcción civil ha quedado acordada la creación de la bonificación por alta especialización (BAE), beneficio que se otorgará a los trabajadores operarios que estén debidamente certificados por el empleador o por una institución educativa para realizar trabajos especializados.

Esta bonificación se paga únicamente a los operarios; se trata de un pago porcentual que se aplica sobre el jornal básico del operario.

Operario operador de equipo mediano: seis por ciento (6%)

Operario operador de equipo pesado: ocho por ciento (8%)

### **C) LEYES Y BENEFICIOS SOCIALES<sup>3</sup>**

#### **PORCENTAJES ESTABLECIDOS O FIJOS**

##### **Compensación por tiempo de servicios (CTS)**

Es el 15% sobre el monto total de la remuneración básica percibidos por el trabajador durante el tiempo de servicios. Dentro del porcentaje del 15% de indemnización para los trabajadores, la indemnización propiamente dicha es del 12% y 3% complementario corresponde a compensación por utilidades.

##### **Seguro complementario de trabajo de riesgo**

Comprendiendo las siguientes coberturas.

- ✚ Asistenciales (Essalud o EPS)
- ✚ Prestaciones económicas (ONP o seguro privado).

---

<sup>2</sup> Régimen de Construcción Civil - Asesor Empresarial

<sup>3</sup> Costos y presupuestos en edificaciones, Ing. Jesús ramos Salazar 2014



La cobertura de prestaciones de asistencia y asesoramiento preventivo promocional en salud ocupacional; atención médica; rehabilitación y readaptación laboral. Esta cobertura es contratada libremente con ESSALUD o con la EPS, siendo la tasa en el caso de ESSALUD de 1.30%.

La cobertura de prestaciones económicas de invalidez y sepelio por trabajo de riesgo. Esta cobertura es de libre contratación con la Oficina de Normalización Provisional (ONP) o con empresas de seguros debidamente acreditadas a elección del Empleador, en promedio la tasa es de 1.70%.

### Régimen de prestaciones de salud

El aporte a cargo del Empleador equivale al 9%.

### PORCENTAJES REDUCIDOS

#### Incidencia del salario dominical

El día de descanso semanal obligatorio será equivalente al de una (1) jornada ordinaria y se abonará en forma directamente proporcional al número de días efectivamente trabajados.

**Tabla 12. 2**

Porcentaje de incidencia del salario dominical para el año 2019.

FERIADOS	SALARIO DOMINICAL	DIAS TRABAJADOS EN LA SEMANA	INCIDENCIA POR DIA %
1 de enero	1	5.00	0.2000
18 y 19 de abril	1	4.00	0.2500
1 de mayo	1	5.00	0.2000
29 de junio (sabado)	1	5.31	0.1882
28 julio (Dom.)	1	6.00	0.1667
29 julio (Lun.)	1	5.00	0.2000
30 de agosto	1	5.00	0.2000
8 de octubre	1	5.00	0.2000
25 de octubre	1	5.00	0.2000
1 de noviembre	1	5.00	0.2000
8 de diciembre (Domingo)	1	6.00	0.1667
25 de diciembre	1	5.00	0.2000
TOTAL			2.3716
40 semanas corrientes		40 x 1/6 =	6.6667
			9.0382
<b>la incidencia en porcentajes es</b>		<b>9.0265/52 =</b>	<b>17.38%</b>

*Fuente:* Elaboración Propia



### **Vacaciones (30 días récord)**

El Decreto Legislativo No 713, Art. 10, prescribe que los trabajadores tienen derecho a treinta días calendario de descanso vacacional por cada año completo. de servicios y previo cumplimiento del récord de 260 de labor efectiva, si la jornada fuera de seis (6) días a la semana. La incidencia es:

$$\text{Incidencia} = \frac{30}{260} \times 100 = 11.54\%$$

### **Gratificación por fiestas patrias y navidad**

Los trabajadores de Construcción Civil de la República percibirán 40 jornales básicos como Gratificación por Fiestas Patrias y 40 jornales por Navidad y Año Nuevo (Resolución Directoral No 155-94-DPSC del 21.07.94). Su incidencia se determina de la siguiente manera:

$$\text{Incidencia} = \frac{2 \times 40 \text{ jornales}}{360} \times 100 = 22.22\%$$

### **Jornales por feriados no laborales**

Los trabajadores de construcción civil, también tienen derecho a descanso remunerado de una (1) jornada ordinaria en los días feriados establecidos en el Decreto Legislativo N° 713, Ley de Descansos Remunerados. La que se abonará en forma proporcional a los días efectivamente laborados, salvo el Día del Trabajo que se abonará sin condición alguna. Cuando se labore en día feriado, sin sustituirlo por otro día, el trabajador tendrá derecho al pago de la retribución a la labor efectuada más una sobretasa del cien por ciento (100%), Los días feriados son: (ver Tabla 14.3)

$$\text{Incidencia} = \frac{10.69}{302.31} \times 100 = 3.54\%$$

### **Asignación escolar**

Los trabajadores de Construcción Civil de la República percibirán por concepto de Asignación Escolar la suma equivalente a 30 jornales básicos anuales por cada hijo menor de 18 años, que curse estudios de Educación Inicial o Educación Básica.

Mediante Convenio Colectivo de Construcción Civil 2006-2007, las partes acordaron en hacer extensiva esta bonificación a los hijos de los trabajadores que cursen estudios técnicos o superiores, hasta los 21 años de edad.



Estimando, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), tres (3) hijos por trabajador, en promedio. La incidencia es la siguiente:

$$\text{Incidencia} = \frac{3 \times 30}{360} \times 100 = 25\%$$

### REGIMEN DE PRESTACIONES DE SALUD

El aporte del Empleador equivalente al 9% fijado por el Artículo 6, inciso a) de la Ley No 26790 de 15.05.97 y Artículo 33 del D.S. No 009-97-SA de 08.09.97 siendo aplicable sobre los siguientes conceptos:

- ✚ Salario Dominical
- ✚ Vacaciones record
- ✚ Gratificaciones por Fiestas Patrias y Navidad
- ✚ Jornales por días Feriados no laborables

### SEGURO COMPLEMENTARIO DE TRABAJO DE RIESGO

Comprendiendo las siguientes coberturas:

- ✚ Asistenciales (Essalud o EPS, 1.3%
- ✚ Prestaciones económicas (ONP o seguro privado), 1.7%.

Estas coberturas son de carácter obligatorio y por cuenta del Empleador. siendo aplicable a los siguientes conceptos:

- ✚ Salario Domínical
- ✚ Vacaciones record
- ✚ Gratificaciones por Fiestas Patrias y Navidad
- ✚ Jornales por días Feriados no laborables

### INCIDENCIA DEL OVEROL

Conforme lo señala R.S.D. 450-90-2SD-NEC del 25 de junio de 1990, obra pública o privada requiera de veinte (20) o más trabajadores, el empleador deberá entregar al inicio de su relación laboral a cada uno de sus trabajadores dos (2) uniformes consistentes en overoles tipo estándar, sin que exista la obligación del trabajador de devolverlos al término de la relación laboral.

Al respecto, la incidencia del costo del overol en el Costo de hora-hombre es el siguiente:

$$\text{Costo del overol} = \text{S/. } 60.00$$



N° de overoles utilizados anualmente = 2

Días laborados = 30

$$\text{Incidencia} = \frac{2 \times S/.60}{302.31} = S/. 0.40$$

#### 12.4.2. MATERIALES

El costo de los materiales necesarios para la construcción de carreteras, son componentes básicos dentro de un análisis de Costos Unitarios. El costo utilizado es de material puesto en obra que incluye los siguientes rubros:

- ✚ Precio del material en el centro abastecedor
- ✚ Costo de flete
- ✚ Costo de manipuleo
- ✚ Costo de almacenamiento
- ✚ Mermas
- ✚ Costo de viáticos

Para efectos de los costos de materiales, se ha efectuado un estudio de mercado, tanto en el área específica de la obra como en localidades aledañas.

El análisis y cálculo de precios por tanto no solo ha de considerar el costo de cotización en el lugar de venta, sino también ha de considerar aspectos tales como: la colocación a pie de obra, los fletes, el manipuleo, el almacenamiento, las mermas y los costos adicionales que representa por ejemplo el traslado de material explosivo que requiere de permisos y custodia.

Para el cálculo de fletes, se ajustará a lo estipulado por el D.S. N° 049-2002-MTC “Metodología de Determinación de Costos para el Servicio Público de Transporte de Pasajeros en Ómnibus y de Carga en Camión” del 30 de diciembre de 2002.

Es necesario indicar que los precios de materiales que se consignan en los análisis de precios unitarios, no consideran el I.G.V. (18%) para precisamente no incurrir en una doble afectación por este concepto.

##### 12.4.2.1. CANTIDADES DE MATERIAL O INSUMOS REQUERIDOS

Para la determinación de los insumos y cantidades requeridas en el análisis de costo unitario de cada partida, se ha de tomar en cuenta, lo normado en las especificaciones técnicas, los datos de ensayo de diseños o de laboratorio.

Es necesario indicar que las cantidades de material, en el análisis de costo unitario consideran las mermas y desperdicios correspondientes, los cuales están en función al tipo de material y tipo de trabajo por ejecutar.



También es importante indicar que las cantidades de material han de estar en correspondencia específica a los diseños de obra, involucrando su medida estándar de venta o de mercado, compatibilizada a la unidad estipulada para la partida.

### 12.4.3. EQUIPO

Este es un elemento muy importante y tiene una gran incidencia en el costo de las carreteras, sobre todo en las actividades de movimiento de tierras.

#### 12.4.3.1. RENDIMIENTO DE EQUIPOS

En toda obra el cálculo de la producción de las máquinas es de suma importancia. El primer paso para estimar la producción es calcular un valor teórico que luego es ajustado a las condiciones reales de la obra, de acuerdo a cifras obtenidas en experiencias anteriores o en trabajos similares; la productividad finalmente asumida no debe ser ni muy optimista ni antieconómica.

Para el cálculo de la productividad teórica, se dispone de la información que proporcionan los fabricantes, de acuerdo a las características particulares de cada máquina; estos valores deben ajustarse de acuerdo a los elementos operativos, las condiciones geológicas, topográficas, climáticas, etc. que prevalecerán en la obra.

Para el análisis de rendimiento de maquinarias se usará los factores que nos brinda el libro del Ing. Walter Ibáñez que se titula “Costos y Tiempos en Carreteras”

Cabe resaltar que la información que se va a tomar como referencia, son investigaciones realizadas en campo con las condiciones que se requiere un estudio de esta categoría, por lo cual podemos denominar a estos datos como APTOS para su aplicación, ya que cumple con las justificaciones del autor.

#### 12.4.3.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO<sup>4</sup>

Entre los factores que influyen en la productividad, además de los factores propios de cada máquina, podemos señalar los siguientes:

- a) **Factor de Eficiencia en Tiempo.** - Es la evaluación del tiempo efectivo de trabajo durante cada hora transcurrida, vale decir la cantidad de minutos trabajados por cada hora cronometrada.

---

<sup>4</sup> Ing. Jaime Ayllón Acosta – 2012, Maquinaria y equipo de construcción.



**Tabla 12. 3**  
Factor de Tiempo "t"

Tiempo trabajado por hora	Factor (t)	Calificación
60	1.00	Utópico
50	0.83	Bueno
40	0.67	Regular
30	0.50	Malo

*Fuente:* Ing. Jaime Ayllón Acosta – 2012, Maquinaria y equipo de construcción.

- b) Factor de Operación.** - Representa la capacidad del operador (la habilidad, experiencia y responsabilidad). En nuestro medio se asigna un valor 1.00 para aquellos con amplia experiencia, y 0.75 para operadores promedio.
- c) Altitud.** - La altura del terreno sobre el nivel del mar, tiene una influencia importante en la potencia de los motores. Cuando una máquina estándar funciona a grandes altitudes, la potencia disminuye debido a la disminución de la densidad del aire. Esta pérdida de potencia produce la correspondiente disminución de tracción en la barra de tiro o en las ruedas propulsoras de la máquina. Hasta los 1.000 msnm es posible conseguir que los motores desarrollen el 100 % de su potencia; a partir de esta altitud se presenta un porcentaje de pérdida de potencia equivalente al 1% por cada 100 metros de altura. Para evaluar el efecto de la reducción de potencia en la productividad de la máquina se incrementa la duración del ciclo en un porcentaje igual a la pérdida de potencia del motor a causa de la altura.
- d) Maniobra.** - La maniobrabilidad depende del tipo de equipo a emplearse, en la bibliografía utilizada para: tractores sobre orugas 0.96, motoniveladoras 0.92, rodillo compactador 0.90, etc.
- e) Visibilidad.** – Factor que depende de la visibilidad que tiene el operador al punto de trabajo se le asocian los siguientes valores: Tractor sobre orugas 0.88, excavadora 0.90, etc.
- f) Pendiente del terreno.** – la topografía del terreno tiene una incidencia mayor en equipos sobre llantas: Tractor sobre orugas 0.99, motoniveladora 0.95, etc

#### 12.4.4 HERRAMIENTAS

Se refiere a cualquier utensilio pequeño que va servir al personal en la ejecución de trabajos simples y/o complementarios a los que se hace mediante la utilización de equipo pesado. En la



construcción de carreteras se utilizan herramientas tales como: palas, picos, carretillas, serrucho, nivel de mano, etc.

Dado que el rubro herramientas en un análisis de costos unitarios es difícil determinarlo, además de que incide muy poco, en el presente proyecto se está considerando un porcentaje promedio de 3% de la mano de obra, cuyo porcentaje ha sido calculo a criterios técnicos y a la experiencia en ejecución de carreteras.

## 12.5. ANALISIS DE COSTOS INDIRECTOS

Son aquellos costos que no tienen relación directa en la ejecución de una carretera, pero son indispensables incluirlos en el presupuesto por que se refieren a la sumatoria de los diversos gastos técnico – administrativos necesarios para el correcto desarrollo de un proyecto.

Estos costos se clasificarse en dos rubros: Gastos generales Fijos y Gastos generales Variables, el primero de los cuales depende únicamente de la ejecución misma de la obra, mientras que el segundo involucra y está supeditado al periodo de ejecución de la misma.

### 12.5.1. GASTOS GENERALES FIJOS

Integrados por los siguientes cargos:

- ✚ CAMPAMENTO (Para el Contratista y la Supervisión)
- ✚ EQUIPAMIENTO (Para la oficina, almacenes, talleres y laboratorio)
- ✚ GASTOS ADMINISTRATIVOS (Incluyen los costos de: licitación, gastos legales y notariales, carteles de obra, gastos de inspección a obra y publicaciones derivadas del proceso).
- ✚ LIQUIDACIÓN DE OBRA
- ✚ IMPUESTOS. – sencico 0.2% (presupuesto sin IGV)

### 12.5.2. GASTOS GENERALES VARIABLES

Integrados por los siguientes cargos:

- ✚ PERSONAL DE OBRA. - Costos de Dirección Técnica y Administración en Obra, conformada por los sueldos y remuneraciones del personal técnico, administrativo y auxiliar que participan en la ejecución de la obra, estos costos incluyen los cargos por Leyes y Beneficios Sociales).
- ✚ ALIMENTACION Y VIATICOS. - Gastos de alimentación y viáticos del personal.
- ✚ VEHICULOS. - Costo de equipos no incluidos en los costos directos, tales como camionetas, camión plataforma 22 ton, camión baranda 2 ton.



- ✚ CONTROL TECNICO Y OTROS. - Los gastos que incluyen ensayos de laboratorio, diseño de mezcla, verificación de densidad e campo, materiales de seguridad y salubridad en instalaciones.
- ✚ COSTOS AMBIENTALES VARIABLES. - Los costos ambientales aprobados por la DGASA han sido incorporados en los costos indirectos variables en los siguientes programas.
  - ✚ Programa de medidas preventivas, mitigadoras y correctivas
  - ✚ Programa de asuntos sociales
  - ✚ Programa de educación ambiental y seguridad vial
  - ✚ Programa de prevención y contingencia
- ✚ SERVICIOS VARIOS. - Son los gastos no considerados en el costo directo de asesoría técnica, permisos y licencias, alquiler de polvorín, su vigilancia y mantenimiento de explosivos, acondicionamiento de patio de máquinas.
- ✚ GASTOS DE OFICINA PRINCIPAL Y MATERIALES. - Gastos administrativos de la oficina central y costos del personal del contratista que interviene directamente en la obra y que no ha sido cargado ni en los precios unitarios ni en los de dirección y administración de la obra. Los sueldos y remuneraciones han sido afectados con sus leyes sociales.
- ✚ GASTOS FINANCIEROS. - conformados por los costos de las cartas fianza que debe entregar el contratista.
- ✚ SEGUROS. - Gastos de póliza de seguros exigidos por la entidad conformados por el costo de las primas que debe abonar el contratista afín de tener asegurada la obra, los empleados obreros y profesionales.

## 12.6. UTILIDAD

Es la ganancia que tiene el contratista al ejecutar la obra, se aplica al Costo Directo.

Para la utilidad no existe un parámetro que indique que la misma debe enmarcarse bajo ciertos límites, por lo cual se considera que es razonable que un 10% aplicado sobre el costo directo es suficiente.

## 12.7. IMPUESTO GENERAL A LA VENTA (IGV)

Es el impuesto aprobado por el decreto legislativo N° 821, se aplica al Subtotal del presupuesto (costo directo + costos indirectos + utilidad).

El IGV tiene una actual de 18%.



## 12.8. FORMULA POLINOMICA

La constante fluctuación de los precios de cada uno de los elementos que determinan el costo de una obra, hacen variar notablemente el presupuesto en el proceso de ejecución de la obra. Por tal motivo, con el fin de determinar el valor de esta variación de costos se procede a calcular las “formulas polinómicas de reajuste”.

### 12.8.1. FORMULA POLINOMICA DE REAJUSTE

Es la sumatoria de términos también llamados monomios que contienen la incidencia de los principales elementos del costo de la obra, cuya suma determina para un periodo dado el coeficiente de reajuste del monto de la obra. La suma de los coeficientes de incidencia de cada término es siempre igual a la unidad y en cada monomio la incidencia esta multiplicado por el índice de variación del precio del elemento representado por el monomio.

$$K = a \frac{J_r}{J_o} + b \frac{M_r}{M_o} + c \frac{E_r}{E_o} + d \frac{V_r}{V_o} + e \frac{G_{Ur}}{G_{Uo}}$$

Donde:

K: Es el coeficiente de reajuste. Será expresado con aproximación al milésimo

a, b, c, d, e: coeficiente de incidencias de cada elemento en relación al costo total de obra. Será expresado con aproximación al milésimo.

J, M, E, V, GU: principales elementos que determinan el costo de la obra. Serán remplazados por los índices unificados de precios

J<sub>r</sub>, M<sub>r</sub>, E<sub>r</sub>, V<sub>r</sub>, G<sub>Ur</sub>: Índices Unificados de precios, a la fecha de reajuste.

J<sub>o</sub>, M<sub>o</sub>, E<sub>o</sub>, V<sub>o</sub>, G<sub>Uo</sub>: Índices unificados a la fecha del presupuesto.

### ACLARACIONES

- ✚ Una fórmula polinómica está constituida por la incidencia de hasta 8 monomios como máximo.
- ✚ El coeficiente de incidencia de cada monomio no será inferior a cinco centésimos (0.05)
- ✚ Cada obra podrá tener como máximo cuatro formulas polinomicas.
- ✚ Cuando los ELEMENTOS COMPONENTES participan con COEFICIENTES DE INCIDENCIA menores a los 5 centésimos, se pueden agrupar con otros ELEMENTOS COMPONENTES de tal forma que su incidencia asociada supere al mínimo señalado, constituyendo así los monomios compuestos.



- Los MONOMIOS COMPUESTOS pueden estar formados hasta por 3 ELEMENTOS COMPONENTES que se les puede denominar sub.-MONOMIOS.

## 12.9 BASES DE CALCULO

### 12.9.1. COSTO DE MANO DE OBRA

Los costos de la mano de obra que intervendrá en la ejecución de cada una de las partidas tiene vigencia en el territorio nacional al mes de enero del 2019, de acuerdo al salario vigente de régimen de construcción civil.

**Tabla 12. 4**

Costo Hora-Hombre para la elaboración del presupuesto del presente proyecto

DESCRIPCION	CATEGORIAS				
	OPERARIO	OFICIAL	PEON	OPERADOR EQUIPO MEDIANO	OPERADOR EQUIPO PESADO
<b>REMUNERACION BASICO (RB)</b>	67.20	53.70	48.10	67.20	67.20
<b>BONIFICACIONES</b>					
Bonificación Unificada de Construcción (BUC)	21.50	16.11	14.43	21.50	21.50
Bonificación por Movilidad	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20
Bonificación por alta especialidad (BAE)				4.03	5.38
OPERADOR EQUIPO MEDIANO 6.0% RB					
OPERADOR EQUIPO PESADO 8.0% RB					
<b>LEYES Y BENEFICIOS SOCIALES</b>					
Sobre el Jornal Básico 113.24%	76.10	60.81	54.47	76.10	76.10
Sobre el B.U.C. y B.A.E. 12.00%	2.58	1.93	1.73	3.06	3.23
OVEROL (2 und. Anuales)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
<b>COSTO DIA HOMBRE (DH) SI.</b>	<b>174.98</b>	<b>140.15</b>	<b>126.33</b>	<b>179.49</b>	<b>181.00</b>
<b>COSTO HORA HOMBRE (HH) SI.</b>	<b>21.87</b>	<b>17.52</b>	<b>15.79</b>	<b>22.44</b>	<b>22.62</b>

*Fuente:* elaboración propia



## 12.9.2. RENDIMIENTO DE EQUIPOS

Los rendimientos de los equipos utilizados en el proyecto se determinarán para una altitud de 3365 a 3675 msnm.

### 12.9.2.1. RENDIMIENTO DE TRACTOR SOBRE ORUGAS

En la ejecución de nuestra carretera haremos uso de Tractor sobre Orugas de: 230 HP. (referencial CAT-D7R) y de 140 HP (referencial CAT-D6M XL).

**Tabla 12. 5**

Factor de corrección de tractor sobre orugas de 230 HP y 140 HP

DESCRIPCION		EQUIPO					
		Tractor sobre orugas 230 HP			Tractor sobre orugas 140 HP		
		Mat. S.	Roca S.	Roca F.	Mat. Suelto	Roca suelta	Roca Fija
Factores de corrección	Capacidad operador	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
	Visibilidad	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
	Eficiencia de trabajo	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
	Maniobra	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
	Pendiente de terreno	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	Altitud de terreno	0.90	0.90	0.90	0.99	0.99	0.99
	Tipo de material	0.92	0.80	0.70	0.92	0.80	0.70
	Hoja angulable	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80
Factor de corrección		<b>0.393</b>	<b>0.342</b>	<b>0.299</b>	<b>0.346</b>	<b>0.301</b>	<b>0.263</b>
Factor volumétrico		0.82	0.73	0.67	0.82	0.73	0.67
Factor Correc. Final		<b>0.323</b>	<b>0.250</b>	<b>0.201</b>	<b>0.284</b>	<b>0.220</b>	<b>0.176</b>

**Fuente:** Elaboración propia en base a, Factor de corrección de tractor sierra 2300-3800 m.s.n.m. Ing. Walter Ibáñez que se titula “Costos y Tiempos en Carreteras”

El rendimiento calculado es para una distancia de empuje de 60 metros.

**Tabla 12. 6**

Rendimientos de tractor sobre orugas de 230 HP y 140 HP

EQUIPO	TIPO DE TRABAJO	Producción Teórica (m3/h)	Factor de Corrección final (1)	rendimiento en banco (m3/h) (2)	Rend. estándar en Banco (m3/día) (1)x(2)
Tractor s. orugas 230 HP	Mat. Suelto	220	0.323	71	568
	Roca suelta	220	0.250	55	440
	Roca fija	220	0.201	44	353
Tractor s. orugas 140 HP	Mat. Suelto	160	0.284	45	363
	Roca suelta	160	0.220	35	281
	Roca fija	160	0.176	28	226

**Fuente:** Elaboración propia en base a, Rendimientos de tractor sierra 2300-3800 m.s.n.m. Ing. Walter Ibáñez que se titula “Costos y Tiempos en Carreteras”



### 12.9.2.2. RENDIMIENTO DE CARGADOR SOBRE LLANTAS

En el proyecto dentro de la ejecución de nuestra carretera haremos uso de dos tipos de cargadores frontales de las siguientes características:

Cargador Frontal sobre Llantas – 100 a 115 HP – 2.25 Yd3

Cargador Frontal sobre Llantas – 160 a 195 HP – 3.50 Yd3

**Tabla 12. 7**

Tiempo de carga al camión volquete de 15 m<sup>3</sup> con cargador frontal.

DESCRIPCION	EQUIPO					
	Cargador frontal 2.25 yd3 110 HP			Cargador frontal 3.5 yd3 180 HP		
	Mat. Suelto	Roca suelta	Roca suelta	Mat. Suelto	Roca suelta	Roca suelta
Capacidad del volquete m3, (1)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Capacidad del cucharón m3, (2)	1.72	1.72	1.72	2.67	2.67	2.67
Factor de acarreo, (3)	0.93	0.80	0.75	0.93	0.80	0.75
<b>Cap. Efectiva cuchar. m3, (2)x(3)=(4)</b>	<b>1.60</b>	<b>1.38</b>	<b>1.29</b>	<b>2.48</b>	<b>2.14</b>	<b>2.00</b>
N° de ciclos de carga de un camión volquete, (1)/(4)=(5)	9.38	10.90	11.63	6.04	7.02	7.49
	<b>9.50</b>	<b>11.00</b>	<b>12.00</b>	<b>6.00</b>	<b>7.00</b>	<b>7.50</b>
Tiempo de ciclo básico (min)	0.47	0.47	0.47	0.52	0.52	0.52
Tiempo Adic. por Tamaño de Material (min)	0.02	0.03	0.04	0.02	0.03	0.04
Tiempo Adicional por Apilamiento (min)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Tiempo Adicional por Otros Factores (min)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
<b>Tiempo de Ciclo de Carga (min), (6)</b>	<b>0.55</b>	<b>0.56</b>	<b>0.57</b>	<b>0.60</b>	<b>0.61</b>	<b>0.62</b>
<b>Tiempo de Carga al Volquete (min), (5)x(6)</b>	<b>5.23</b>	<b>6.16</b>	<b>6.84</b>	<b>3.60</b>	<b>4.27</b>	<b>4.65</b>

*Fuente:* Elaboración propia en base a, parámetros para el cálculo Rendimientos del cargador frontal sierra 2300-3800 m.s.n.m. Ing. Walter Ibáñez que se titula “Costos y Tiempos en Carreteras”

**Tabla 12. 8**

Factor de corrección de cargador sobre llantas de 110 HP y 180 HP

FACTORES DE CORRECCION	EQUIPO					
	Cargador frontal 2.25 yd3 110 HP			Cargador frontal 3.5 yd3 180 HP		
	Mat. Suelto	Roca suelta	Roca suelta	Mat. Suelto	Roca suelta	Roca suelta
Capacidad operador	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
Eficiencia trabajo	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Altitud terreno	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
Visibilidad	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
<b>Factor Correc. Final</b>	<b>0.458</b>	<b>0.458</b>	<b>0.458</b>	<b>0.458</b>	<b>0.458</b>	<b>0.458</b>

*Fuente:* Elaboración propia en base a, Ing. Walter Ibáñez “Costos y Tiempos en Carreteras”

**Tabla 12. 9**

Rendimientos del cargador frontal sobre llantas

Equipo	Tipo de trabajo	Cap. del camión m3 (1)	Tiempo de carga (min) (2)	Factor de corrección final (3)	Tiempo efectivo de carga (min) (2)/(3)=(4)	N° de volq. cargados (P/hora) 60/(4)=(5)	N° de volq. cargados (P/día) 8x(5)=(6)	Rend. estandar de carga (m3/día) (1)x(6)
	Mat. S.	15	5.23	0.46	11.40	5.26	42	<b>630</b>



Cargador frontal 2.25 yd3 110 HP	Roca S.	15	6.16	0.46	13.44	4.47	35	525
	Roca F.	15	6.84	0.46	14.92	4.02	32	480
Cargador frontal 3.5 yd3 180 HP	Mat. S.	15	3.60	0.46	7.85	7.64	61	<b>915</b>
	Roca S.	15	4.27	0.46	9.31	6.44	51	765
	Roca F.	15	4.65	0.46	10.14	5.92	47	705

**Fuente:** Elaboración propia

### 12.9.2.3. RENDIMIENTO DE LA RETROEXCAVADORA

En el proyecto será hará uso de la retroexcavadora de 109 hp

**Tabla 12. 10**

Rendimiento de excavadora de 109 HP

DESCRIPCION		MAT. SUELTO	ROCA SUELTA	ROCA FIJA
Capacidad del cucharón (m3)		1.00	1.00	1.00
Producción teórica (m3/h)		270.00	270.00	270.00
Factor de corrección	Capacidad del operador	0.74	0.74	0.74
	Tipo de material	0.92	0.80	0.70
	Eficiencia de trabajo	0.80	0.80	0.80
	Altitud de terreno	1.00	1.00	1.00
	Visibilidad	0.90	0.90	0.90
	Maniobra	0.95	0.95	0.95
	Factor acarreo	0.95	0.80	0.70
Factor de corrección		0.442	0.324	0.248
Factor volumétrico		0.82	0.73	0.67
Factor Correc. Final		0.363	0.236	0.166
Producción real (m3/h)		76.2	49.7	34.9
Rendimiento real estándar (m3/día)		609.43	397.28	279.17

**Fuente:** Elaboración propia en base a, Ing. Walter Ibáñez “Costos y Tiempos en Carreteras”

### 12.9.2.4. RENDIMIENTO DE LA MOTONIVELADORAS

Para el presente proyecto haremos uso de la motoniveladora de 125 HP cuyo ancho de cuchara es de 3.66 m, para los trabajos de: conformación de terraplenes, acabado de la subrasante y conformación del afirmado espesor de 0.15 m.

En base a la maquina antes mencionada hallaremos su rendimiento aproximado, con los datos de factor de corrección y los demás que nos brinda la bibliografía utilizada.

El factor tiempo de la máquina se determinará para una distancia de trabajo de 125 m. Este factor tiempo se refiere al tiempo que demora en conformar todo un tramo listo para su compactación, el factor tiempo se mide número de veces que se repite el ciclo en una hora.



**Tabla 12. 11**

Factor tiempo para una longitud de 125m. para la conformación de terraplén, acabado de la subrasante, conformación del afirmado, para una motoniveladora de 125 HP

DESCRIPCION		MARCHA DE MEZCLA	MARCHA DE NIVEL	MARCHA DE REFINE
Velocidad de avance km/h		3.90	6.20	9.90
Velocidad de retroceso km/h		3.90	6.20	9.90
Tiempo de pasada (min)		3.85	2.42	1.52
Tiempo fijo (min)		0.30	0.30	0.30
Tiempo total por pasada (min)		4.15	2.72	1.82
N° pasadas	conf. Terraplén	8.00	2.00	2.00
	acabado subrasante	8.00	2.00	2.00
	conf. De afirmado	12.00	3.00	3.00
Tiempo empleado (min)	conf. Terraplén	33.17	5.44	3.63
	acabado subrasante	33.17	5.44	3.63
	conf. De afirmado	49.75	8.16	5.45
Tiempo total empleado (min)	conf. Terraplén	42.24		
	acabado subrasante	42.24		
	conf. De afirmado	63.36		
Factor tiempo (N° ciclos/h)	conf. Terraplén	1.42		
	acabado subrasante	1.42		
	conf. De afirmado	0.95		

**Fuente:** Elaboración propia en base a, Ing. Walter Ibáñez “Costos y Tiempos en Carreteras”

**Tabla 12. 12**

Factor corrección para una longitud de 125m. para la conformación de terraplén, acabado de la subrasante, conformación del afirmado, para una motoniveladora de 125 HP

DESCRIPCION		VALORES
Área cubierta (m2)		457.5
Factores de corrección	Capacidad del operador	0.74
	Eficiencia del trabajo	0.80
	Altitud	0.96
	Pendiente terreno	0.96
	Hoja Angulo	0.85
	Maniobra	0.92
Factor de corrección		0.43
Factor superficie	conf. Terraplén	0.80
	acabado subrasante	0.60
	conf. De afirmado	0.70
Factor tiempo (N° ciclos/h)	conf. Terraplén	1.42
	acabado subrasante	1.42
	conf. De afirmado	0.95
<b>conf. Terraplén</b>		<b>0.48</b>



Factor corrección por hora	acabado subrasante	0.36
	conf. De afirmado	0.28

*Fuente:* Elaboración propia en base a, Ing. Walter Ibáñez “Costos y Tiempos en Carreteras”

**Tabla 12. 13**

Rendimiento de la motoniveladora de 125 HP

TIPO DE TRABAJO	AREA CUBIERTA (m2)	FACTOR CORRECCION FINAL	RENDIMIENTO REAL (m2/h)	RENDIMIENTO ESTANDAR (m2/dia)
Conformación de terraplén	457.50	0.48	221.82	1774.55
Acabado subrasante	457.50	0.36	166.36	1330.91
Conformación del Afirmado	457.50	0.28	129.39	1035.15

*Fuente:* Elaboración propia

#### 12.9.2.5. RENDIMIENTO DEL RODILLO AUTOPROPULSADO

En el proyecto haremos uso de un tipo de rodillo vibratorio autopropulsado de las siguientes características:

Rodillo Liso Autopropulsado – 70 a 100 HP – 7 a 9 Tn. Ancho del tambor = 2.10m, traslape de compactación 0.20 m. Ancho efectivo 1.90 m.

En base a la maquina antes mencionada hallaremos su rendimiento aproximado, con los datos de factor de corrección y los demás que nos brinda la bibliografía utilizada.

**Tabla 12. 14**

Factor corrección de rodillo autopropulsado de 70 a 100 HP - 7 a 9 Tn

DESCRIPCION		VALORES
Factor de corrección	Capacidad del operador	0.74
	Eficiencia de trabajo	0.80
	Altitud de terreno	0.90
	Pendiente del terreno	0.95
	Maniobra	0.90
	Factor de traslape	0.80
<b>Factor de corrección</b>		<b>0.364</b>

*Fuente:* Elaboración propia en base a, Ing. Walter Ibáñez “Costos y Tiempos en Carreteras”

El rendimiento del rodillo vibratorio autopropulsado utilizado en el proyecto se muestra en la siguiente para espesores de compactación de 0.15 y 0.30 m.



**Tabla 12. 15**

Rendimiento del rodillo vibratorio autopropulsado de 70 - 100 HP

DESCRIPCION	ESPESOR DE LA CAPA	
	0.15 m	0.30 m
Velocidad de operación (km/h)	3.50	3.50
Factor de corrección	0.36	0.36
Numero de pasadas	8.00	10.00
Rendimiento teórico (m <sup>2</sup> /h)	831.25	665.00
Rendimiento real (m <sup>2</sup> /h)	302.94	242.35
Rendimiento estándar (m <sup>2</sup> /día)	2423.49	1938.80
Rendimiento estándar (m <sup>3</sup> /día)	363.52	581.64

*Fuente:* Elaboración propia

### 12.9.3. CALCULO DE FLETE

VER ANEXO PRE-03

### 12.9.4. COSTO DE MATERIALES

VER ANEXO PRE-04

### 12.9.5. RELACION DE EQUIPO MINIMO

VER ANEXO PRE-05

### 12.9.6. MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION

VER ANEXO PRE-06

### 12.9.7. COSTO ALQUILER DE MAQUINARIAS Y EQUIPO MECÁNICO

Para calcular el costo de alquiler horario de los equipos hay tener presente dos elementos fundamentales.

- a) **Costos de posesión.** - donde incluye: Valor de adquisición, depreciaciones, vida económica útil, valor de rescate, valor de inversión media anual, interés de capital invertido, seguros, impuestos y almacenaje.
- b) **Costos de operación.** - donde incluye: combustibles, lubricantes, grasas, filtros, carrileras de orugas neumáticos, elementos de desgaste rápido, Mantenimiento y reparación, operador.

El costo horario total estará determinado por la suma del Costo Horario de Posesión más el Costo Horario de Operación y el Costo Horario del Operador Especializado (de ser necesario); este costo no incluye el Impuesto General a las Ventas (I.G.V.), gastos generales ni utilidad.

Los cálculos realizados para determinar el costo de hora máquina, muestran en el **ANEXO PRE-01.**



### 12.9.8. DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE (DM)

El análisis numérico del movimiento de tierras es complejo, a veces, no da una idea clara de lo que se hace. Por esta razón se han ideado métodos gráficos que proporcionan una buena aproximación y rempazan ventajosamente el cálculo numérico por su sencillez.

El más conocido y usado es el diagrama de masas. Si se tiene que transportar un volumen V de material, se puede considerar formado por volúmenes elementales  $v_1, v_2, v_3, \dots$  cada uno de los cuales debe transportarse a una distancia diferente; si esas distancias son  $d_1, d_2, d_3, \dots$ , los productos  $v_1 \times d_1, v_2 \times d_2, v_3 \times d_3$ , reciben el nombre de cantidad de transporte o a veces momento de transporte, del respectivo volumen de material. A la suma de todos ellos

$$v_1 \times d_1 + v_2 \times d_2 + v_3 \times d_3 + \dots = \sum v_i \times d_i$$

Se le da el nombre de cantidad de transporte del volumen V: Si se supone que todo ese volumen V está concentrado en un punto, antes y después del transporte, en tal forma que sea necesario transportarlo una distancia DM, llamada distancia media de transporte.

$$V \times D = \sum v_i \times d_i \quad \text{donde} \quad DM = \frac{\sum v_i \times d_i}{V}$$

La distancia media de transporte es equivalente a la distancia entre los centros de gravedad del volumen antes y después de transportado. Esta distancia como cualquier otra, se puede expresar en metros, en kilómetros.

la cantidad de transporte se puede expresar en metros cúbicos-kilometro ( $m^3 \cdot km$ )

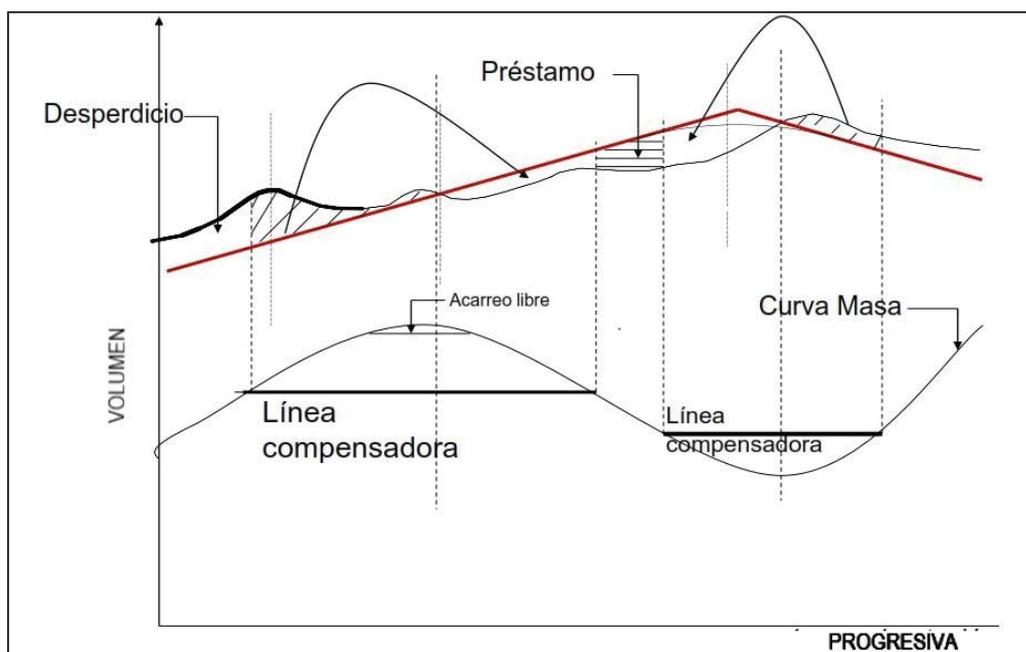
#### 12.9.8.1. DIAGRAMA DE MASA

Es la gráfica continua que Representa el volumen acumulado neto de material desde una estación inicial dada, tomando los cortes como positivos (+) y los rellenos como negativos (-) (figura 12 1)

#### A) OBJETIVOS PRINCIPALES DE LA CURVA MASA

- ✚ Compensar volúmenes
- ✚ Fijar sentido los movimientos del material
- ✚ Fijar los límites del acarreo libre
- ✚ Calcular los sobrecarros
- ✚ Controlar préstamos y desperdicios

Figura 12. 1. Perfil y diagrama de masa



**Fuente:** Elaboración propia

## B) PROPIEDADES DEL DIAGRAMA DE MASA

- La longitud de cualquier ordenada representa el volumen de corte acumulado hasta ese punto, menos el volumen de relleno también acumulado hasta ese punto.
- Un punto de la curva que coincida con la línea de ceros o de base tiene ordenada nula, lo que indica que los volúmenes de corte y de relleno son iguales desde el origen de la curva hasta ese punto. Así, los puntos donde la curva corta la línea de base son los límites de los sectores de movimiento de tierra compensado.
- Cualquier línea horizontal que corte a la curva masa en dos puntos, determina una de compensación entre corte y relleno.
- La diferencia de ordenadas entre dos puntos, representará el volumen disponible de tierra dentro de la distancia comprendida entre esos dos puntos.
- Los puntos máximos del diagrama indican pasos de corte a terraplén, y los mínimos, pasos de terraplén a corte, en el sentido del abscisado.
- Cuando la curva masa queda encima de la compensadora, los acarreo se harán hacia adelante, Y cuando la curva está por debajo de la compensadora, el transporte debe realizarse hacia atrás, o sea, en sentido opuesto al del abscisado.
- El área entre la curva y una horizontal (compensadora) es la medida de la cantidad de transporte entre los puntos determinados por los extremos de la horizontal. Si se divide



esta área (cantidad de transporte) por el valor de la ordenada máxima, entre la horizontal y la curva (volumen transportado), se obtiene la longitud promedio de transporte.

### 12.9.8.2. DISTANCIA LIBRE DE TRANSPORTE (DL)

Se entiende como distancia libre de transporte, a aquella distancia de acarreo libre y esto indica que el costo de transporte del material dentro de esta distancia no se cobra, sino que se incluye en el costo de excavación (explanaciones y producción de agregados); así, las distancias de transporte deben disminuirse en esta longitud cuando se calcula el costo de transporte. En cambio, se debe pagar el exceso de transporte o sobreacarreo (esta es la voz más usada). Para efectos de medición de transportes se asume una distancia de ciento veinte metros (120 m).

### 12.9.8.3. DISTANCIA DE TRANSPORTE<sup>5</sup>

✚ **Para materiales provenientes de excavaciones (excedente a corte) o derrumbes. -**

Esta distancia se medirá de los centros de gravedad de los orígenes y destinos del material, descontándose la distancia libre de transporte (120 m).

✚ **Para Material de Cantera (Granular, rellenos en general, agregados para concreto. -**

Se considera el transporte del material desde el Centro de Gravedad de la cantera hasta el Centro de Gravedad del km que requiere el uso del material en su posición final compactado, descontando la distancia libre de transporte (120 m).

### 12.9.8.4. CICLO DE TRANSPORTE

Este concepto cubre todos los trabajos necesarios para efectuar el ciclo básico de transporte, incluido los tiempos fijos y los tiempos variables

$$\text{Ciclo} = t_1 + \frac{D}{v_1} + t_2 + \frac{D}{v_2}$$

Donde:

t1 = Tiempo para la maniobra de carga al volquete (min)

t2 = Tiempo para la maniobra de descarga del volquete (min)

v1 = Velocidad del volquete cargado (m/min)

v2 = Velocidad del volquete vacío (m/min)

D = Distancia de transporte en (m)

---

<sup>5</sup> Manuel EG-2013, MTC



Usualmente para para el pago de valorizaciones de carreteras se considera como unidad de medida las partidas

### TRANSPORTE HASTA 1 KM

Para el cálculo de rendimiento, se considera el ciclo completo de transporte (tiempos fijos y tiempos variables) y una distancia de 1000 m.

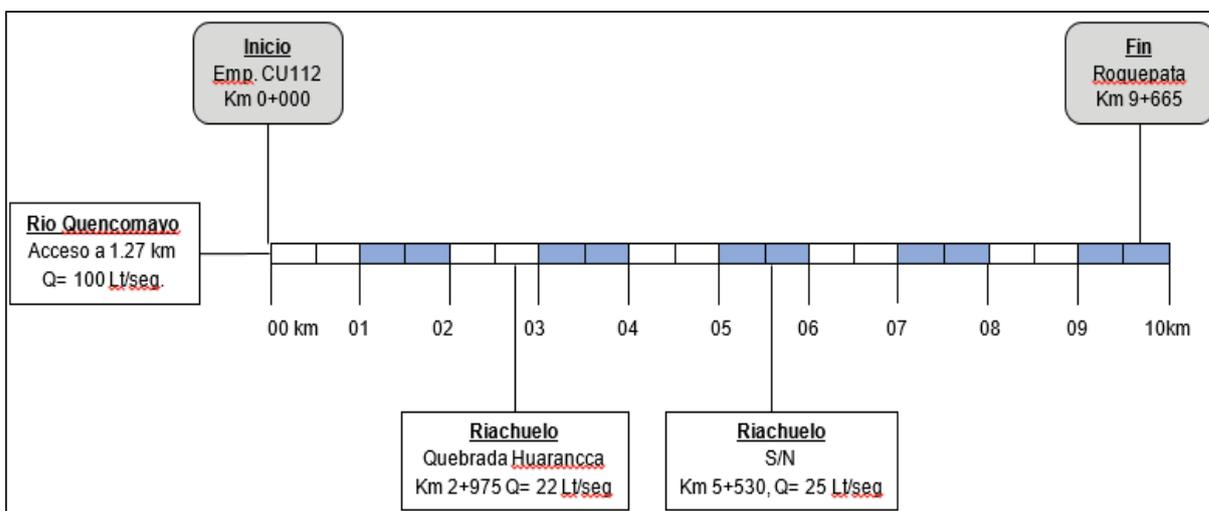
### TRANSPORTE A MAS DE 1 KM

Para el cálculo de rendimiento, se considera el ciclo incompleto de transporte (solo tiempo variable) y una distancia igual a 1000 m.

#### 12.9.8.5. DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE DE AGUA

**Usos:** Compactación de material granular, elaboración de concretos.

**Figura 12. 2.** Diagrama de fuentes de agua



**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 12. 16**

Distancia media de transporte de agua

PUNTO DE AGUA	AREA DE INFLUENCIA km	DISTANCIA MEDIA km	ACCESO DE AGUA km	DISTANCIA TOTAL km	VOLUMEN AGUA m3	VOL. X DIST. m3.km
0+000	0+000   0+853	0.426	1.270	1.70	0.85	1.446
2+975	0+853   2+975	1.061	0	1.06	2.12	2.253
	2+975   4+253	0.639	0	0.64	1.28	0.816
5+530	4+253   5+530	0.639	0	0.64	1.28	0.816
	5+530   9+665	2.068	0	2.07	4.14	8.549
					<b>9.67</b>	<b>13.880</b>

**Fuente:** elaboración propia

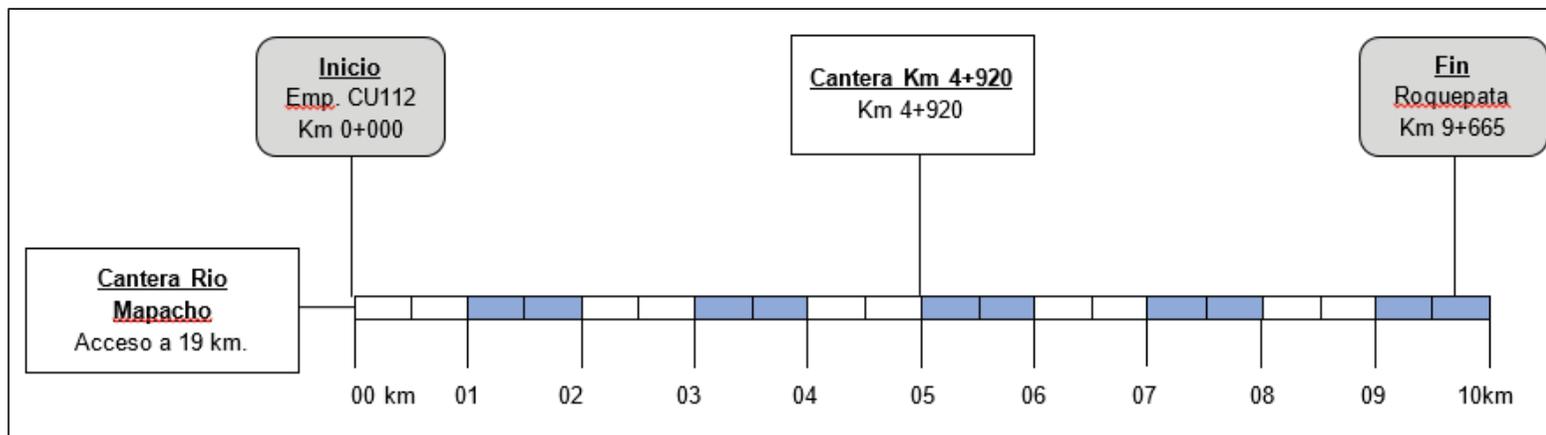
$$DM = 9.67 / 13.88 = 1.44 \text{ KM}$$



### 12.9.8.6. DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA

Usos: Conformación del afirmado

Figura 12. 3. Diagrama de ubicación de canteras



Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. 17

Distancia media de transporte de material de cantera

VOLUMEN DE AFIRMADO 8680.33 m<sup>3</sup>

CANTERA	AREA DE INFLUENCIA km		DISTANCIA MEDIA km	ACCESO km	LIBRE DE PAGO	DISTANCIA TOTAL km	VOLUMEN DE AFIRMADO m <sup>3</sup>	VOL. X DIST. m <sup>3</sup> .km
C-1	-	4.920	2.460	-	0.12	2.34	4,024.36	9,417.00
	4.92	9.665	2.373	-	0.12	2.25	4,655.972	10,487.58
							8680.33	19904.58

C-1: Cantera de km 4+920

Fuente: Elaboración propia

$$DM = 19904.58 / 8680.33 = 2.28 \text{ km}$$



### 12.9.8.7. DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE DE MATERIAL PARA MEJORAMIENTO

Usos: conformación del terraplén con material de cantera

**Tabla 12. 18**

Distancia media de transporte de material de mejoramiento

CANTERA	AREA DE INFLUENCIA km		DISTANCIA MEDIA km	CANTERA CG	ACCESO km	LIBRE DE PAGO	DISTANCIA TOTAL km	VOLUMEN m3	VOL. X DIST. m3.km
C-1	0.960	0.980	0.970	4.920	-	0.12	3.83	121.08	463.74
C-1	0.980	0.990	0.985	4.920	-	0.12	3.82	146.26	557.98
C-1	0.990	1.000	0.995	4.920	-	0.12	3.81	111.26	423.34
C-1	6.580	6.600	6.590	4.920	-	0.12	1.55	179.94	278.91
C-1	7.360	7.380	7.370	4.920	-	0.12	2.33	152.21	354.65
C-1	7.380	7.400	7.390	4.920	-	0.12	2.35	190.76	448.29
C-1	7.930	7.940	7.935	4.920	-	0.12	2.90	35.20	101.89
C-1	7.940	7.960	7.950	4.920	-	0.12	2.91	124.17	361.33
C-1	8.620	8.640	8.630	4.920	-	0.12	3.59	171.11	614.30
C-1	8.640	8.660	8.650	4.920	-	0.12	3.61	213.54	770.89
C-1	8.660	8.670	8.665	4.920	-	0.12	3.63	66.55	241.25
C-1	9.080	9.100	9.090	4.920	-	0.12	4.05	137.90	558.50
C-1	9.100	9.110	9.105	4.920	-	0.12	4.07	91.63	372.48
C-1	9.110	9.120	9.115	4.920	-	0.12	4.08	99.96	407.32
C-1	9.120	9.130	9.125	4.920	-	0.12	4.09	86.68	354.09
C-1	9.140	9.160	9.150	4.920	-	0.12	4.11	93.21	383.11
C-1	9.160	9.180	9.170	4.920	-	0.12	4.13	293.91	1,213.86
C-1	9.180	9.200	9.190	4.920	-	0.12	4.15	81.12	336.66
								2396.50	8242.58

C-1: Cantera de km 4+920

Factor de esponjamiento 1.3

**Fuente:** Elaboración propia

Volumen transportado =

Cantidad de transporte =

**DM = 10715.35 / 3115.45 =**

3115.45 m3

10715.35 m3 . km

**3.44 km**



12.9.8.8. DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE DE MATERIAL PARA RELLENO CON EXCEDENTE DE CORTE

**Tabla 12. 19**

Distancia media de transporte del material excedente de corte para relleno

Ubicación Inicial		Ubicación Final		DISTANCIA MEDIA km	LIBRE DE PAGO	DISTANCIA TOTAL km	VOLUMEN m3	VOL. X DIST. m3.km
De	Hasta	De	Hasta					
2+120.00	2+240.00	2+300.00	2+320.00	0.130	0.12	0.010	170.23	1.70
3+620.00	3+630.00	3+740.00	3+780.00	0.135	0.12	0.015	117.48	1.76
4+280.00	4+320.00	4+400.00	4+450.00	0.125	0.12	0.005	11.30	0.06
5+820.00	5+880.00	5+950.00	6+070.00	0.160	0.12	0.040	423.11	16.92
6+850.00	7+160.00	6+680.00	6+900.00	0.215	0.12	0.095	174.02	16.53
7+520.00	7+550.00	7+360.00	7+400.00	0.155	0.12	0.035	200.00	7.00
8+080.00	8+100.00	7+930.00	7+960.00	0.145	0.12	0.025	200.00	5.00
8+780.00	8+820.00	8+620.00	8+670.00	0.155	0.12	0.035	250.00	8.75
9+320.00	9+410.00	9+080.00	9+200.00	0.225	0.12	0.105	484.60	50.88
							2030.74	108.61

Factor de esponjamiento

1.3

Volumen transportados = 2639.97 m3

Cantidad de transporte = 141.19 m3 . km

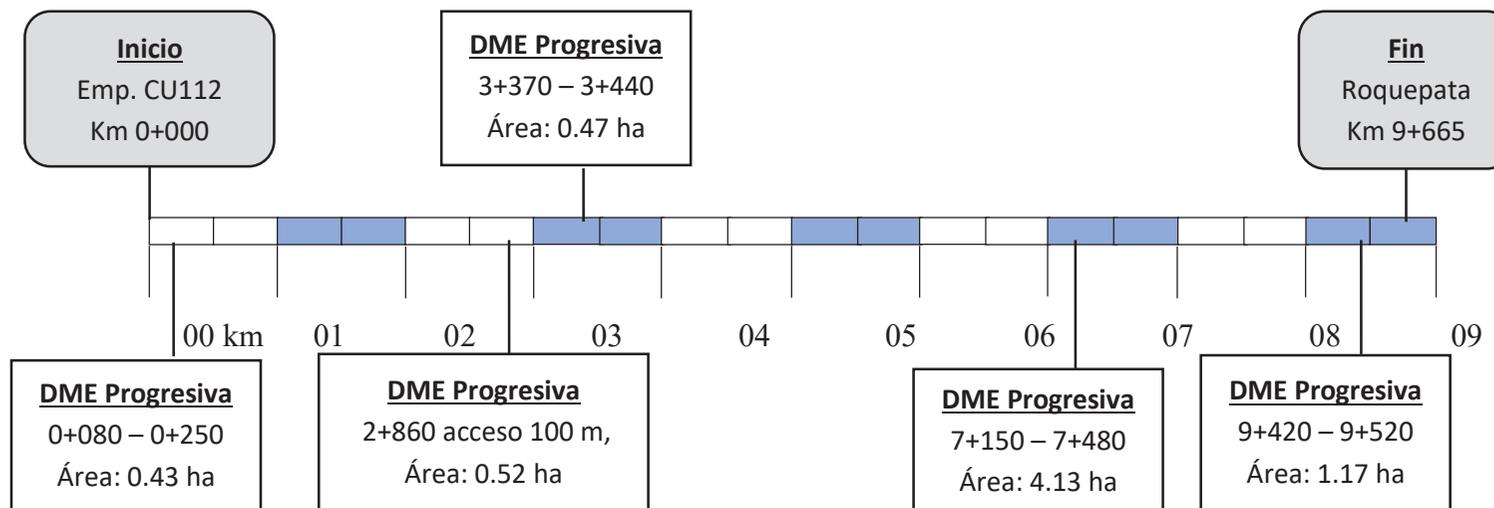
**DM = 141.19 / 2639.97 = 0.05 km**

**Fuente:** Elaboración propia



### 12.9.8.9. DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE A BOTADEROS

Figura 12. 4. Distancia media de transporte de material excedente de corte a botaderos



Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. 20

Distancia media de transporte de material excedente de corte

VOLUMEN DE MATERIAL A ELIMINAR A BOTADEROS	37,785.61	m3
Volumen transportado (fe=1.3)	49,121.30	m3
Transporte menor o igual a 1 Km	28,529.19	m3-km
Transporte mayor a 1 Km	5,920.10	m3-km
Distancia media	0.70	Km.

Fuente: Elaboración propia (los cálculos ver en los metrados)



### 12.9.8.10. DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE DE AGREGADO PARA CONCRETO

Usos: Elaboración de concreto para obras de arte

**Tabla 12. 21**

Distancia media de transporte de agregado para concreto

CAN.	AREA DE INFLUENCIA km		DISTANCIA MEDIA km	ACCESO km	LIBRE DE PAGO km	DISTANCIA TOTAL km	VOLUMEN m3	VOL. X DIST. m3.km
	0+000	9+665						
C-2	0+000	9+665	4.833	19.00	0.120	23.71	9.67	22918
							9.67 m3	229.18

C-2: Cantera Rio Mapacho

**Fuente:** Elaboración propia

$$DM = 229.18 / 9.665 = 23.71 \text{ km}$$

### 12.9.9. RENDIMIENTO DE TRANSPORTE

VER ANEXO PRE-09

### 12.10. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

VER ANEXO PRE-10

### 12.11. PRECIOS Y CANTIDADES DE INSUMOS REQUERIDOS

VER ANEXO PRE-11

### 12.12 PRESUPUESTO

VER ANEXO PRE-12

### 12 13 FORMULA POLINÓMICA

VER ANEXO PRE-13



## **CAPITULO XIII. PROGRAMACION DE OBRA**



## CAPITULO XIII. PROGRAMACION DE OBRA

### 13.1 GENERALIDADES

La Programación es una prefiguración pormenorizada de la marcha futura de la obra. Es el ordenamiento secuencial de todas las tareas necesarias para ejecutar la obra teniendo en cuenta su interdependencia y la disponibilidad de los factores de producción.

La Programación de Obras permite establecer cómo se realizará la obra, y asignar los recursos necesarios para cada trabajo. Permite determinar la duración, fecha de inicio y fin de cada tarea, el tiempo total que insumirá la ejecución de la obra, las tareas más importantes o críticas y las que disponen de flexibilidad en el uso del tiempo.

Apunta a optimizar el proceso constructivo.

### 13.2. OBJETIVOS DE LA PROGRAMACION

La programación de obra tiene la finalidad de lograr el desarrollo óptimo de los trabajos al más bajo costo, empleando el menor tiempo posible, con el requerimiento mínimo de equipo y mano de obra

### 13.3. PROCEDIMIENTO POR ETAPAS DE LA PROGRAMACION

El procedimiento para hacer una Programación de Obras se organiza en las siguientes etapas:

- ✚ ETAPA PREVIA – ESTUDIO
- ✚ ETAPA I - PLANIFICACION
- ✚ ETAPA II - PROGRAMACION
- ✚ ETAPA III – CONTROL

### 13.4. METODOS DE PROGRAMACION

- ✚ METODO GANTT-DIAGRAMA DE BARRAS
- ✚ METODO CPM-METODO DE CAMINO CRITICO
- ✚ METODO PERT TECNICA DE EVALUACION Y SUPERVISION DE PROGRAMAS

#### 13.4.1. METODO GANTT

Conocido también como Diagrama de barras y es el más usado para representar un programa de un proceso productivo.

El proceso para la elaboración del diagrama de barras es el siguiente.



### 13.4.1.1. ETAPA PREVIA – ESTUDIO

Para poder planificar la ejecución de una obra, es necesario conocerla integralmente. Conocer su emplazamiento, la naturaleza de los trabajos a realizar, las soluciones constructivas a emplear, y la adecuada secuencia del proceso constructivo a desarrollar.

#### A) ESTUDIO DE LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA GRÁFICA Y ESCRITA

- ✚ Planos
- ✚ Metrados
- ✚ Análisis de Precios Unitarios
- ✚ Presupuesto
- ✚ Especificaciones Técnicas

#### B) INFORMACIÓN SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS

- ✚ Materiales y Mano de Obra
- ✚ Maquinarias y Equipos
- ✚ Tiempo de Ejecución
- ✚ Capital

### 13.4.1.2. ETAPA I - PLANIFICACION

¿Qué debe hacerse? : Listado de Operaciones

¿En qué orden? : Ordenamiento del Listado

En esta etapa se debe definir, acorde a la envergadura de la obra, el nivel de precisión o profundidad que se necesita en la programación de la ejecución de los trabajos. Se puede programar a nivel de Rubros o conjunto de rubros, Items, o desglosar las tareas hasta sus mínimas Operaciones.

### 13.4.1.3. ETAPA II - PROGRAMACION

¿Cuánto dura cada Operación? : Cálculo de la duración de cada Operación.

¿Cuánto tiempo durará la Obra? : Diagramación de la Secuencia Lógica de Operaciones

: determinando:

- Fecha de comienzo y fin de cada operación.

- Tiempo Total de duración de la obra.



En esta etapa aparece el factor Tiempo. Al calcular los tiempos de duración de cada tarea y realizar la sumatoria según la diagramación o secuencia planificada, se podrá determinar fecha de comienzo y fin de cada operación y conocer el tiempo total de duración de la obra.

#### A) CÁLCULO DE LA DURACIÓN DE CADA PARTIDA.

$$\text{TIEMPO} = \frac{\text{METRADOS}}{\text{RENDIMIENTOS X CUADRILLA}}$$

Donde:

METRADOS: La cantidad de unidades de la actividad a ejecutar

RENDIMIENTO: Cantidad de unidades de medida que produce una cuadrilla en una jornada de trabajo

CUADRILLA: Cantidad de grupos o cuadrillos que realiza la tarea o actividad

La programación del proyecto se muestra en las siguientes Tablas

Tabla 12.1. se muestra el tiempo y cuadrilla necesarios para la ejecución de las tareas del presente proyecto.

Tabla 12.2. programación por el método GANTT.

#### *13.4.1.4. ETAPA III – CONTROL*

Se realiza durante la ejecución de la Obra para Verificar el cumplimiento del programa y tomar medidas de corrección si fueran necesarias.

La Programación es una herramienta para el Control de los avances de la obra, para poder contrastar lo programado con lo realmente ejecutado, y realizar correcciones cuando la marcha de la obra se aparta respecto a la programación establecida inicialmente. Es necesario usar las herramientas de programación para registrar información fidedigna sobre la marcha, de modo que permita tomar decisiones conducentes a corregir los desvíos y solucionar los problemas.

#### **13.5. CRONOGRAMA DE GASTOS**

Se observa en la Tabla 13.3.

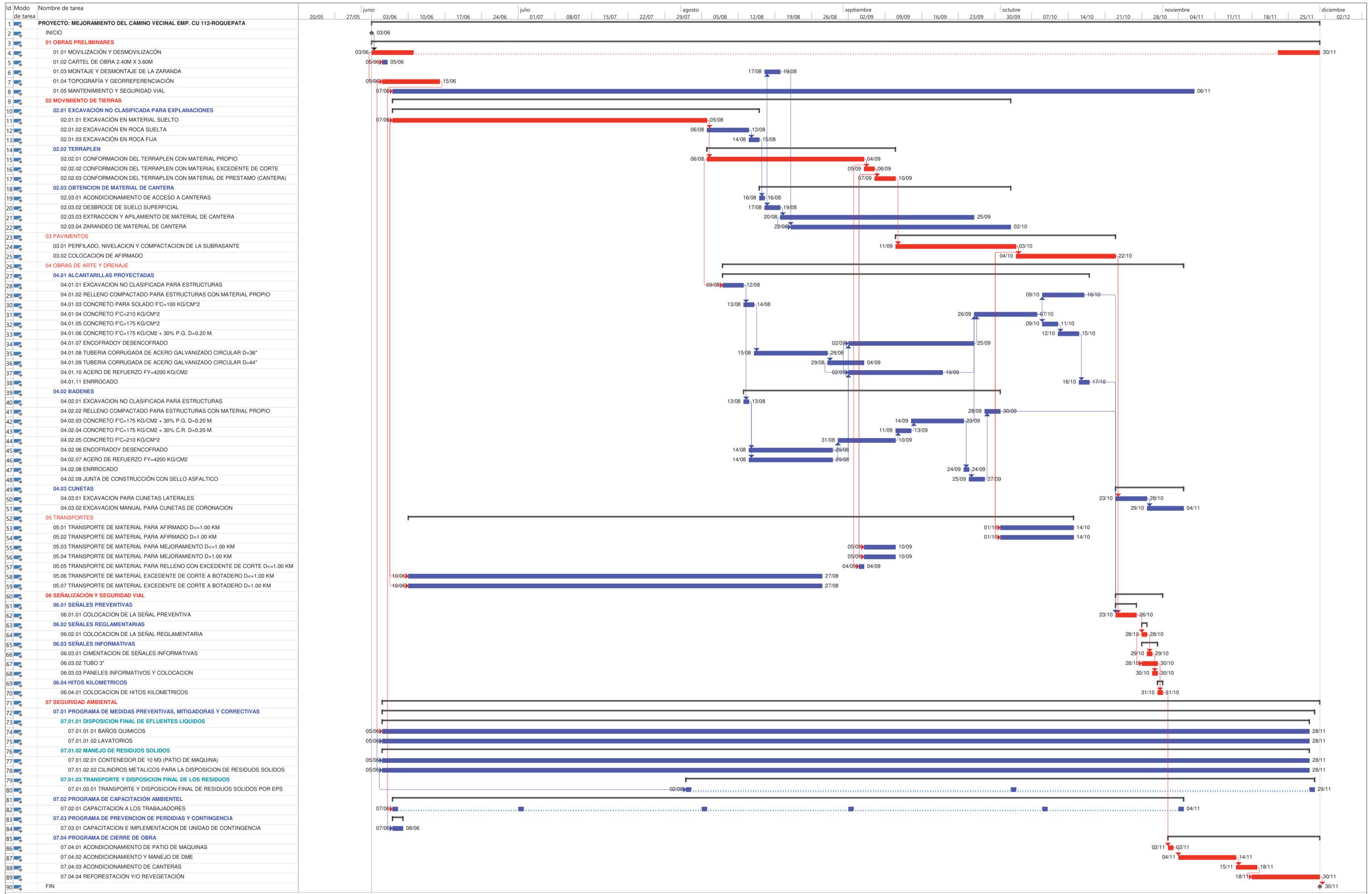
**ANEXO PRO-01: TIEMPO UNITARIO, NUMERO DE CUADRILLAS Y DURACION DE CADA ACTIVIDAD**

ITEM	DESCRIPCIÓN PARTIDA	UND.	METRADO	RENDIMIENTO UNITARIO (Ru)	TIEMPO UNITARIO (Tu=METRADO/Ru)	NUMERO DE CUADRILLAS (f)	DURACIÓN (D=Tu/f) DÍAS
<b>01</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>						
01.01	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	GLB	1.00	1.0000	1.00	1.00	14
01.02	CARTEL DE OBRA 2.40M X 3.60M	UND	1.00	2.0000	0.50	1.00	1
01.03	MONTAJE Y DESMONTAJE DE LA ZARANDA	UND	1.00	0.5000	2.00	1.00	2
01.04	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	KM	9.67	1.0000	9.67	1.00	10
01.05	MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD VIAL	MES	5.00	1.0000	5.00	1.00	125
<b>02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>						
<b>02.01</b>	<b>EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA PARA EXPLANACIONES</b>						
02.01.01	EXCAVACIÓN EN MATERIAL SUELTO	M3	83,085.48	568.0000	146.28	3.00	49
02.01.02	EXCAVACIÓN EN ROCA SUELTA	M3	2,984.82	440.0000	6.78	1.00	7
02.01.03	EXCAVACIÓN EN ROCA FIJA	M3	561.34	353.0000	1.59	1.00	2
<b>02.02</b>	<b>TERRAPLEN</b>						
02.02.01	CONFORMACION DEL TERRAPLEN CON MATERIAL PROPIO	M3	25,542.24	532.0000	48.01	2.00	25
02.02.02	CONFORMACION DEL TERRAPLEN CON MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE	M3	2,030.74	532.0000	3.82	2.00	2
02.02.03	CONFORMACION DEL TERRAPLEN CON MATERIAL DE PRESTAMO	M3	2,396.50	532.0000	4.50	2.00	3
<b>02.03</b>	<b>OBTENCION DE MATERIAL DE CATERA</b>						
02.03.01	ACONDICIONAMIENTO DE ACCESO A CANTERAS	KM	0.10	1.5000	0.07	1.00	1
02.03.02	DESBROCE DE SUELO SUPERFICIAL	M3	591.44	568.0000	1.04	1.00	2
02.03.03	EXTRACCION Y APILAMIENTO DE MATERIAL DE CANTERA	M3	11,076.83	369.2000	30.00	1.00	31
02.03.04	ZARANDEO DE MATERIAL DE CANTERA	M3	14,399.88	422.8000	34.06	1.00	35
<b>03</b>	<b>PAVIMENTOS</b>						
03.01	PERFILADO, NIVELACION Y COMPACTACION DE LA SUBRASANTE	M2	58,429.23	1,500.0000	38.95	2.00	20
03.02	COLOCACION DE AFIRMADO	M3	8,680.33	310.0000	28.00	2.00	15
<b>04</b>	<b>OBRAS DE ARTE Y DRENAJE</b>						
<b>04.01</b>	<b>ALCANTARILLAS PROYECTADAS</b>						
04.01.01	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	M3	1,560.20	609.0000	2.56	1.00	3
04.01.02	RELLENO COMPACTADO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL PROPIO	M3	609.06	30.0000	20.30	3.00	7
04.01.03	CONCRETO PARA SOLADO F'C=100 KG/CM <sup>2</sup>	M3	32.22	20.0000	1.61	1.00	2
04.01.04	CONCRETO F'C=210 KG/CM <sup>2</sup>	M3	144.71	16.0000	9.04	1.00	10
04.01.05	CONCRETO F'C=175 KG/CM <sup>2</sup>	M3	45.49	18.0000	2.53	1.00	3
04.01.06	CONCRETO F'C=175 KG/CM <sup>2</sup> + 30% P.G. D=0.20 M.	M3	40.30	18.0000	2.24	1.00	3
04.01.07	ENCOFRADOY DESENCOFRADO	M2	1,574.35	15.0000	104.96	5.00	21
04.01.08	TUBERIA CORRUGADA DE ACERO GALVANIZADO CIRCULAR D=36"	M	229.30	10.0000	22.93	2.00	12
04.01.09	TUBERIA CORRUGADA DE ACERO GALVANIZADO CIRCULAR D=44"	M	33.40	8.0000	4.18	1.00	5
04.01.10	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM <sup>2</sup>	KG	3,970.65	250.0000	15.88	1.00	16

M	DESCRIPCIÓN PARTIDA	UND.	METRADO	RENDIMIENTO UNITARIO (Ru)	TIEMPO UNITARIO (Tu=METRADO/Ru)	NUMERO DE CUADRILLAS (f)	DURACIÓN (D=Tu/f) DÍAS
.11	ENRROCADO	M3	93.92	80.0000	1.17	1.00	2
	<b>BADENES</b>						
.01	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	M3	325.89	609.0000	0.54	1.00	1
.02	RELLENO COMPACTADO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL PROPIO	M3	39.57	30.0000	1.32	1.00	2
.03	CONCRETO F'C=175 KG/CM2 + 30% P.G. D=0.20 M.	M3	129.06	18.0000	7.17	1.00	8
.04	CONCRETO F'C=175 KG/CM2 + 30% C.R. D=0.20 M.	M3	37.78	18.0000	2.10	1.00	3
.05	CONCRETO F'C=210 KG/CM^2	M3	131.01	16.0000	8.19	1.00	9
.06	ENCOFRADOY DESENCOFRADO	M2	200.89	15.0000	13.39	1.00	14
.07	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	9,990.50	250.0000	39.96	3.00	14
.08	ENRROCADO	M3	23.25	80.0000	0.29	1.00	1
.09	JUNTA DE CONSTRUCCIÓN CON SELLO ASFALTICO	M	247.00	100.0000	2.47	1.00	3
	<b>CUNETAS</b>						
.01	EXCAVACION PARA CUNETAS LATERALES	M3	1,901.62	609.0000	3.12	1.00	4
.02	EXCAVACION MANUAL PARA CUNETAS DE CORONACION	M3	67.50	3.0000	22.50	5.00	5
	<b>TRANSPORTES</b>						
	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA AFIRMADO D<=1.00 KM	M3.KM	9,804.00	470.7000	20.83	3.00	7
	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA AFIRMADO D>1.00 KM	M3.KM	15,925.24	1,472.7000	10.81	3.00	4
	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA MEJORAMIENTO D<=1.00 KM	M3.KM	3,115.45	470.7000	6.62	3.00	3
	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA MEJORAMIENTO D>1.00 KM	M3.KM	7,599.90	1,472.7000	5.16	3.00	2
	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA RELLENO CON EXCEDENTE DE CORTE D<=1.00 KM	M3.KM	108.60	470.7000	0.23	1.00	1
	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE A BOTADERO D<=1.00 KM	M3.KM	28,520.19	470.7000	60.59	1.00	61
	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE A BOTADERO D>1.00 KM	M3.KM	5,920.10	1,472.7000	4.02	1.00	5
	<b>SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL</b>						
	<b>SEÑALES PREVENTIVAS</b>						
.01	COLOCACION DE LA SEÑAL PREVENTIVA	UND	45.00	15.0000	3.00	1.00	3
	<b>SEÑALES REGLAMENTARIAS</b>						
.01	COLOCACION DE LA SEÑAL REGLAMENTARIA	UND	7.00	15.0000	0.47	1.00	1
	<b>SEÑALES INFORMATIVAS</b>						
.01	CIMENTACION DE SEÑALES INFORMATIVAS	UND	5.00	10.0000	0.50	1.00	1
.02	TUBO 3"	M	21.71	10.0000	2.17	1.00	3
.03	PANELES INFORMATIVOS Y COLOCACION	UND	5.00	20.0000	0.25	1.00	1
	<b>HITOS KILOMETRICOS</b>						
.01	COLOCACION DE HITOS KILOMETRICOS	UND	10.00	15.0000	0.67	1.00	1
	<b>SEGURIDAD AMBIENTAL</b>						
	<b>PROGRAMA DE MEDIDAS PREVENTIVAS, MITIGADORAS Y CORRECTIVAS</b>						
.01	DISPOSICION FINAL DE EFLUENTES LIQUIDOS						
.01.c	BAÑOS QUIMICOS	UND	2.00	1.0000	2.00	1.00	146

TO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL EMP. CU112-ROQUEPATA, DISTRITO DE COLQUEPATA-PAUCARTAMBO-CUSCO.  
 O XV: PROGRAMACION DE OBRA

M	DESCRIPCIÓN PARTIDA	UND.	METRADO	RENDIMIENTO UNITARIO (Ru)	TIEMPO UNITARIO (Tu=METRADO/Ru)	NUMERO DE CUADRILLAS (f)	DURACIÓN (D=Tu/f) DÍAS
.01.C	LAVATORIOS	UND	2.00	1.0000	2.00	1.00	146
.02	MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS						
.02.C	CONTENEDOR DE 10 M3 (PATIO DE MAQUINA)	UND	1.00	1.0000	1.00	1.00	146
.02.C	CILINDROS METALICOS PARA LA DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS	UND	4.00	1.0000	4.00	1.00	146
.03	TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS						
.03.C	TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS POR EPS	UND	3.00	1.0000	3.00	1.00	3
	PROGRAMA DE CAPACITACIÓN AMBIENTEL						
.01	CAPACITACION A LOS TRABAJADORES	CHL	5.00	1.0000	5.00	1.00	6
	PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE PERDIDAS Y CONTINGENCIA						
.01	CAPACITACION E IMPLEMENTACION DE UNIDAD DE CONTINGENCIA	GLB	1.00	1.0000	1.00	1.00	2
	PROGRAMA DE CIERRE DE OBRA						
.01	ACONDICIONAMIENTO DE PATIO DE MAQUINAS	M2	1,402.21	2,500.0000	0.56	1.00	1
.02	ACONDICIONAMIENTO Y MANEJO DE DME	M2	67,200.00	3,500.0000	19.20	2.00	10
.03	ACONDICIONAMIENTO DE CANTERAS	M2	5,903.15	2,500.0000	2.36	1.00	3
.04	REFORESTACIÓN Y/O REVEGETACIÓN	M2	74,505.26	800.0000	93.13	8.00	12



Proyecto: PROGRAMACION FIN	Tarea	Resumen	Hito inactivo	solo duración	solo el comienzo	Hito externo	División crítica
Fecha: vie 01/03/19	División	Resumen del proyecto	Resumen inactivo	Informe de resumen manual	solo fin	Fecha límite	Progreso
	Hito	Tarea inactiva	Tarea manual	Resumen manual	Tareas externas	Tareas críticas	Progreso manual

**TABLA 12.3: CRONOGRAMA VALORIZADO DE AVNCE DE OBRA**

ITEM	DESCRIPCIÓN PARTIDA	PRESUPUESTO	EJECUCION DE OBRA					
			MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06
<b>01</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>	<b>81,158.35</b>	<b>22,306.16</b>	<b>12,823.12</b>	<b>15,751.12</b>	<b>12,329.93</b>	<b>12,329.93</b>	<b>5,618.10</b>
01.01	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	26,037.93	3,992.48	4,513.24	4,513.24	4,339.66	4,339.66	4,339.66
01.02	CARTEL DE OBRA 2.40M X 3.60M	1,082.86	1,082.86					
01.03	MONTAJE Y DESMONTAJE DE LA ZARANDA	2,928.00			2,928.00			
01.04	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	11,158.21	11,158.21					
01.05	MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD VIAL	39,951.35	6,072.61	8,309.88	8,309.88	7,990.27	7,990.27	1,278.44
<b>02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	<b>932,186.91</b>	<b>144,653.52</b>	<b>197,946.92</b>	<b>402,199.78</b>	<b>182,902.16</b>	<b>4,484.53</b>	
<b>02.01</b>	<b>EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA PARA EXPLANACIONES</b>	<b>426,595.43</b>	<b>144,653.52</b>	<b>197,946.92</b>	<b>83,994.99</b>			
02.01.01	EXCAVACIÓN EN MATERIAL SUELTO	373,053.81	144,653.52	197,946.92	30,453.37			
02.01.02	EXCAVACIÓN EN ROCA SUELTA	40,653.25			40,653.25			
02.01.03	EXCAVACIÓN EN ROCA FIJA	12,888.37			12,888.37			
<b>02.02</b>	<b>TERRAPLEN</b>	<b>343,968.18</b>			<b>271,524.23</b>	<b>72,443.95</b>		
02.02.01	CONFORMACION DEL TERRAPLEN CON MATERIAL PROPIO	308,550.26			271,524.23	37,026.03		
02.02.02	CONFORMACION DEL TERRAPLEN CON MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE	16,245.92				16,245.92		
02.02.03	CONFORMACION DEL TERRAPLEN CON MATERIAL DE PRESTAMO	19,172.00				19,172.00		
<b>02.03</b>	<b>OBTENCION DE MATERIAL DE CATERA</b>	<b>161,623.30</b>			<b>46,680.56</b>	<b>110,458.21</b>	<b>4,484.53</b>	
02.03.01	ACONDICIONAMIENTO DE ACCESO A CANTERAS	187.28			187.28			
02.03.02	DESBROCE DE SUELO SUPERFICIAL	2,649.65			2,649.65			
02.03.03	EXTRACCION Y APILAMIENTO DE MATERIAL DE CANTERA	80,307.02			25,905.49	54,401.53		
02.03.04	ZARANDEO DE MATERIAL DE CANTERA	78,479.35			17,938.14	56,056.68	4,484.53	
<b>03</b>	<b>PAVIMENTOS</b>	<b>248,683.84</b>				<b>114,725.79</b>	<b>133,958.05</b>	
03.01	PERFILADO, NIVELACION Y COMPACTACION DE LA SUBRASANTE	134,971.52				114,725.79	20,245.73	
03.02	COLOCACION DE AFIRMADO	113,712.32					113,712.32	
<b>04</b>	<b>OBRAS DE ARTE Y DRENAJE</b>	<b>616,662.91</b>			<b>186,080.52</b>	<b>295,812.43</b>	<b>133,598.97</b>	<b>1,170.99</b>
<b>04.01</b>	<b>ALCANTARILLAS PROYECTADAS</b>	<b>383,619.86</b>			<b>99,740.14</b>	<b>157,171.61</b>	<b>126,708.11</b>	
04.01.01	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	4,212.54			4,212.54			
04.01.02	RELLENO COMPACTADO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL PROPIO	14,934.15					14,934.15	
04.01.03	CONCRETO PARA SOLADO F'C=100 KG/CM <sup>2</sup>	12,458.83			12,458.83			
04.01.04	CONCRETO F'C=210 KG/CM <sup>2</sup>	74,279.64				29,711.86	44,567.78	
04.01.05	CONCRETO F'C=175 KG/CM <sup>2</sup>	21,479.47					21,479.47	
04.01.06	CONCRETO F'C=175 KG/CM <sup>2</sup> + 30% P.G. D=0.20 M.	15,038.35					15,038.35	
04.01.07	ENCOFRADOY DEENCOFRADO	91,312.30				91,312.30		
04.01.08	TUBERIA CORRUGADA DE ACERO GALVANIZADO CIRCULAR D=36"	76,547.22			76,547.22			
04.01.09	TUBERIA CORRUGADA DE ACERO GALVANIZADO CIRCULAR D=44"	16,303.88			6,521.55	9,782.33		
04.01.10	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM <sup>2</sup>	26,365.12				26,365.12		

M	DESCRIPCIÓN PARTIDA	PRESUPUESTO	EJECUCION DE OBRA					
			MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06
.11	ENROCADO	30,688.36					30,688.36	
	<b>BADENES</b>	<b>224,981.20</b>			<b>86,340.38</b>	<b>138,640.82</b>		
.01	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	879.90			879.90			
.02	RELLENO COMPACTADO PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL PROPIO	970.26				970.26		
.03	CONCRETO F'C=175 KG/CM2 + 30% P.G. D=0.20 M.	48,160.03				48,160.03		
.04	CONCRETO F'C=175 KG/CM2 + 30% C.R. D=0.20 M.	14,476.16				14,476.16		
.05	CONCRETO F'C=210 KG/CM^2	67,247.43			7,471.94	59,775.49		
.06	ENCOFRADOY DEENCOFRADO	11,651.62			11,651.62			
.07	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	66,336.92			66,336.92			
.08	ENROCADO	7,596.94				7,596.94		
.09	JUNTA DE CONSTRUCCIÓN CON SELLO ASFALTICO	7,661.94				7,661.94		
	<b>CUNETAS</b>	<b>8,061.85</b>					<b>6,890.86</b>	<b>1,170.99</b>
.01	EXCAVACION PARA CUNETAS LATERALES	5,134.37					5,134.37	
.02	EXCAVACION MANUAL PARA CUNETAS DE CORONACION	2,927.48					1,756.49	1,170.99
	<b>TRANSPORTES</b>	<b>353,973.13</b>	<b>58,536.25</b>	<b>89,526.03</b>	<b>79,196.10</b>	<b>33,314.03</b>	<b>93,400.72</b>	
	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA AFIRMADO D<=1.00 KM	75,882.96					75,882.96	
	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA AFIRMADO D>1.00 KM	17,517.76					17,517.76	
	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA MEJORAMIENTO D<=1.00 KM	24,113.58				24,113.58		
	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA MEJORAMIENTO D>1.00 KM	8,359.89				8,359.89		
	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA RELLENO CON EXCEDENTE DE CORTE D<=1.00 KM	840.56				840.56		
	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE A BOTADERO D<=1.00 KM	220,746.27	56,858.89	86,960.65	76,926.73			
	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE A BOTADERO D>1.00 KM	6,512.11	1,677.36	2,565.38	2,269.37			
	<b>SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL</b>	<b>34,509.12</b>					<b>34,509.12</b>	
	<b>SEÑALES PREVENTIVAS</b>	<b>22,451.40</b>					<b>22,451.40</b>	
.01	COLOCACION DE LA SEÑAL PREVENTIVA	22,451.40					22,451.40	
	<b>SEÑALES REGLAMENTARIAS</b>	<b>3,744.30</b>					<b>3,744.30</b>	
.01	COLOCACION DE LA SEÑAL REGLAMENTARIA	3,744.30					3,744.30	
	<b>SEÑALES INFORMATIVAS</b>	<b>6,531.52</b>					<b>6,531.52</b>	
.01	CIMENTACION DE SEÑALES INFORMATIVAS	2,738.35					2,738.35	
.02	TUBO 3"	2,420.67					2,420.67	
.03	PANELES INFORMATIVOS Y COLOCACION	1,372.50					1,372.50	
	<b>HITOS KILOMETRICOS</b>	<b>1,781.90</b>					<b>1,781.90</b>	
.01	COLOCACION DE HITOS KILOMETRICOS	1,781.90					1,781.90	
	<b>SEGURIDAD AMBIENTAL</b>	<b>119,228.17</b>	<b>2,510.02</b>	<b>1,304.86</b>	<b>2,441.22</b>	<b>2,391.03</b>	<b>2,391.03</b>	<b>108,189.99</b>
	<b>PROGRAMA DE MEDIDAS PREVENTIVAS, MITIGADORAS Y CORRECTIVAS</b>	<b>8,622.40</b>	<b>592.95</b>	<b>734.13</b>	<b>1,870.49</b>	<b>1,842.25</b>	<b>1,842.25</b>	<b>1,740.32</b>
.01	DISPOSICION FINAL DE EFLUENTES LIQUIDOS	3,366.94	484.29	599.60	599.60	576.53	576.53	530.40
.01.d	BAÑOS QUIMICOS	3,065.58	440.94	545.93	545.93	524.93	524.93	482.93

TO: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL EMP. CU112-ROQUEPATA, DISTRITO DE COLQUEPATA-PAUCARTAMBO-CUSCO.  
 O XV: PROGRAMACION DE OBRA

M	DESCRIPCIÓN PARTIDA	PRESUPUESTO	EJECUCION DE OBRA					
			MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06
.01.C	LAVATORIOS	301.36	43.35	53.67	53.67	51.60	51.60	47.47
.02	MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS	755.46	108.66	134.53	134.53	129.36	129.36	119.01
.02.C	CONTENEDOR DE 10 M3 (PATIO DE MAQUINA)	385.78	55.49	68.70	68.70	66.06	66.06	60.77
.02.C	CILINDROS METALICOS PARA LA DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS	369.68	53.17	65.83	65.83	63.30	63.30	58.24
.03	TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS	4,500.00			1,136.36	1,136.36	1,136.36	1,090.91
.03.C	TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS POR EPS	4,500.00			1,136.36	1,136.36	1,136.36	1,090.91
	PROGRAMA DE CAPACITACIÓN AMBIENTEL	2,700.00	417.07	570.73	570.73	548.78	548.78	43.90
.01	CAPACITACION A LOS TRABAJADORES	2,700.00	417.07	570.73	570.73	548.78	548.78	43.90
	PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE PERDIAS Y CONTINGENCIA	1,500.00	1,500.00					
.01	CAPACITACION E IMPLEMENTACION DE UNIDAD DE CONTINGENCIA	1,500.00	1,500.00					
	PROGRAMA DE CIERRE DE OBRA	106,405.77						106,405.77
.01	ACONDICIONAMIENTO DE PATIO DE MAQUINAS	3,028.77						3,028.77
.02	ACONDICIONAMIENTO Y MANEJO DE DME	59,808.00						59,808.00
.03	ACONDICIONAMIENTO DE CANTERAS	6,316.37						6,316.37
.04	REFORESTACIÓN Y/O REVEGETACIÓN	37,252.63						37,252.63
<b>COSTO DIRECTO</b>		<b>2,386,402.43</b>	<b>228,005.95</b>	<b>301,600.93</b>	<b>685,668.74</b>	<b>641,475.37</b>	<b>414,672.35</b>	<b>114,979.08</b>
GASTOS GENERALES (15%)		357,960.36	34,200.89	45,240.14	102,850.31	96,221.31	62,200.85	17,246.86
UTILIDAD (10%)		238,640.24	22,800.60	30,160.09	68,566.87	64,147.54	41,467.24	11,497.91
<b>SUBTOTAL</b>		<b>2,983,003.04</b>	<b>285,007.44</b>	<b>377,001.16</b>	<b>857,085.93</b>	<b>801,844.21</b>	<b>518,340.44</b>	<b>143,723.85</b>
IGV (18%)		536,940.55	51,301.34	67,860.21	154,275.47	144,331.96	93,301.28	25,870.29
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>		<b>3,519,943.58</b>	<b>336,308.78</b>	<b>444,861.37</b>	<b>1,011,361.39</b>	<b>946,176.17</b>	<b>611,641.72</b>	<b>169,594.14</b>



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✚ El estudio ha determinado que el problema central es el “Dificultades de acceso a los mercados locales”, lo cual está determinado por causas de carácter técnico, económico, social y de gestión. Los efectos están relacionados fundamentalmente con la reducción de la calidad de vida y bienestar de la población.
- ✚ El inventario vial es importante debido a que nos brinda un registro sistemático y ordenado de los componentes existente, e identificar la ubicación de nuevas estructuras.
- ✚ Se tiene un ancho útil promedio de calzada de: 3.50 m. la que se considera como insuficiente para el tipo de vehículo que circula por dicha carretera; por lo que se plantea mejorar a un ancho uniforme de 4 metros de calzada, con espesor de afirmado de 0.15m.
- ✚ La pendiente de vía en los tramos pavimentados son críticos a más de 10%, por lo que se tendrá que corregir los tramos críticos reduciendo pendientes.
- ✚ Con respecto al medio ambiente, la vía se encuentra sobre un terreno de topografía accidentado y escarpado con un clima frío.
- ✚ De acuerdo al inventario vial, se puede concluir que la vía tiene serias deficiencias ya que las obras de drenaje (alcantarillas y cunetas) se encuentran en estados críticos, lo que llevaría en el futuro a provocar daños en otros elementos de la vía.
- ✚ Para este proyecto se realizó el diseño geométrico en base al Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2014 de
- ✚ En el estudio de suelos de subrasante, se han determinado las propiedades de los suelos donde se emplaza el proyecto, pudiendo concluir que el terreno de corte que conforma la subrasante, tiene una característica general de “Subrasante bueno”, esta tipificación se da en función del ensayo de CBR.
- ✚ Para el afirmado se ha considerado un periodo de diseño de 05 años, debido a que por experiencia en nuestra zona por las condiciones climáticas principalmente el agua, en cinco años a lo sumo ya se tendrá que plantear otro afirmado o en su defecto otras alternativas de pavimento como la bicapa.
- ✚ Con la construcción de este proyecto se mejorará la situación social y económica de todos los pobladores que viven en el área de influencia de la carretera, incrementando su calidad



de vida y generando nuevas oportunidades de desarrollo en la agricultura, la ganadería y la forestación.

- ✚ La ejecución del proyecto tanto en su etapa de construcción como en el tiempo de vida útil, va a producir impactos ambientales, afectando principalmente a la población asentada en el área, requiriendo mayores servicios, en consecuencia se inducirán mayores consumos, esta alteración se va a producir durante la etapa de operatividad de la vía; también se va a afectar el dinamismo económico producido por el mayor tráfico en la vía, mayor explotación de los recursos naturales que se encuentran en la zona y traerá consigo que se desarrollen nuevas actividades, tales como el comercio, el transporte entre otros.
- ✚ Se ha estimado el costo total del presente proyecto en: S/. 3,519,943.58 (TRES MILLONES QUINIENTOS DIECINUEVE MIL NOVECIENTOS CUARENTITRES Y 58/100 NUEVOS SOLES), desagregado del siguiente modo:

<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>2,386,402.43</b>
GASTOS GENERALES (15 %)	357,960.36
<u>UTILIDAD</u>	<u>238,640.24</u>
<b>SUBTOTAL</b>	<b>2,983,003.03</b>
<u>IGV (18 %)</u>	<u>536,940.55</u>
<b>TOTAL, PRESUPUESTO</b>	<b>3,519,943.58</b>

- ✚ Se recomienda además tener cuidado en cumplir con las normas de conservación del Medio Ambiente, durante la construcción de la carretera; asimismo, renovar la vegetación a lo largo del tramo carretero; esto, posterior a la construcción. De lo contrario, el Impacto Ambiental puede tornarse en negativo.
- ✚ Durante la ejecución de la obra, se tendrá que observar obligatoriamente, lo concerniente a la seguridad y salud ocupacional durante la ejecución de obra, esto, en buena medida deberá basarse en una gestión de seguridad y salud ocupacional por parte de la entidad responsable que ejecuta la obra; debiendo implementar como mínimo las políticas de seguridad que en el presente capítulo se estipularon.
- ✚ Se recomienda verificar las características físicas y mecánicas de suelo de la subrasante realizando ensayos de campo y laboratorio.
- ✚ Se recomienda que la ejecución de la obra se realice en los meses de escasas de lluvia (abril a noviembre).



- ✚ Para los trabajos de topografía, en la etapa de ejecución de la obra, se recomienda usar los BMs monumentados que se dejaron en la etapa de elaboración de este proyecto.
- ✚ Se recomienda el inmediato financiamiento y ejecución del proyecto por ser de necesidad impostergable.



## BIBLIOGRAFIA

- ✚ Municipalidad Distrital de Colquepata Plan de Desarrollo Distrital 2013.
- ✚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Reglamento de jerarquización vial.
- ✚ Leonardo Casanova matera, Topografía Plana, 2002 Plan de Desarrollo Distrital 2013.
- ✚ Instituto Geográfico Nacional, Proyecto de Normas Técnicas para Levantamientos Geodésicos, 2005.
- ✚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Especificaciones Generales para Construcción, 2015.
- ✚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Inventarios Viales, 2016.
- ✚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Suelos, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y pavimentos, 2014.
- ✚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Suelos, Diseño Geométrico DG 2014, 2016.
- ✚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Reglamento Nacional de Vehículos, 2003.
- ✚ Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- ✚ James Cárdenas Grisales, Diseño Geometrico,2013
- ✚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras Suelos, Diseño Geométrico DG 2001, 2001.
- ✚ Máximo villon bejar, Hidrología, 2002
- ✚ Wendor Chereque Morán, Hidrología para estudiantes de Ingeniería Civil, 1989.
- ✚ Ven Te Chow, Hidrología aplicada, 1994
- ✚ Ven Te Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, 1983
- ✚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de carreteras, Hidrología, Hidráulica y drenaje, 2014.
- ✚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Ensayo de Materiales, 2017.
- ✚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras,2016.
- ✚ Walter Ibáñez, Costos y Tiempos en Carreteras, 2010.