

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DEL CAMINO VECINAL
TRAMO: NOGALPAMPA-COTARMA-PISCAYA, DISTRITO
PICHIRHUA, PROVINCIA ABANCAY, REGIÓN APURIMAC”**

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

TRANSPORTES.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Presentada por:

**JULIO CESAR GUTIERREZ IPENZA
KARIN ANGÉLICA PUMAYALI CAMACHO**

ASESOR:

Ing. HUGO VIRGILIO ACOSTA VALER

Abancay - Apurímac – Perú

2018

DEDICATORIA

En memoria a mis padres (+) Mario Gutiérrez Ramírez y Lucila Ipenza Gómez, que me inspiró y me dio la fuerza y constancia para perseverar en este propósito

A mi familia, padres, hermanos: Richard, Luz Karin, María Esther, Esvíd y a mis sobrinos, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, su motivación, por sus constantes enseñanzas y a todos los que me apoyaron para lograr mi objetivo profesional.

Julio César.

A Dios, a mis queridos padres quienes me dieron la vida; (+) Aurelio Pumayali Cárdenas y Angélica Camacho Fano, en Gratitud a su gran amor y apoyo desmesurado durante el desarrollo de mi vida y formación profesional.

A mis familiares, amigos y maestros quienes a través de los años me orientaron a seguir el camino correcto y apoyaron desinteresadamente. A todos ellos con cariño...

Karin.

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento es, a todos nuestros familiares, padres, hermanos, colegas de trabajo, por sus palabras de aliento y una actitud positiva en este proceso de formación, que de manera directa e indirecta han contribuido en el logro de este reto profesional.

A la Universidad Tecnológica de los Andes por brindarnos la oportunidad de realizarnos como profesionales y así obtener el grado de Ing. Civil.

A nuestro asesor, Ingeniero Hugo Acosta Valer, por su valiosa colaboración y orientación desinteresada en la investigación.

A, Nuestros Padres, Hermanos, y Amigos, que no escatimaron esfuerzos para ver realizados nuestros objetivos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	2
ÍNDICE DE CONTENIDOS	4
INDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	19
ÍNDICE DE GRAFICOS	21
RESUMEN.....	23
ABSTRACT	24
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	25
1.1. Realidad problemática.....	25
1.2. Planteamiento del problema.....	26
1.2.1. Formulación de problemas	27
1.3. Justificación de la investigación	28
1.4. Objetivos de la investigación.....	29
1.4.1. Objetivo general	29
1.4.2. Objetivos específicos	29
1.5. Limitaciones	30
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	31
2.1. Antecedentes de investigación.....	31
2.1.1. A nivel internacional	31
2.1.2. A nivel nacional	32
2.1.3. A nivel regional y local.....	34

2.2.	Bases teórico	35
2.2.1.	Inventario de infraestructura vial.....	35
2.2.1.1.	Reconocimiento por vía terrestre	36
2.2.1.2.	Reconocimiento de ruta mediante el uso de fotos aéreas... 38	
2.2.1.3.	Reconocimiento por vía aérea.	39
2.2.1.4.	Selección de reconocimiento de ruta para el proyecto.....	39
2.2.2.	Estado actual de la vía en estudio	41
2.2.3.	Evaluación vial.	43
2.2.3.1.	Ancho de calzada, bermas.....	43
2.2.3.2.	Pendientes.....	46
2.2.3.3.	Peraltes, bombeo y sobre ancho:	46
2.2.3.4.	Curvas horizontales, longitud y radios	47
2.2.3.5.	Deslizamientos	47
2.2.4.	Evaluación geotécnica general del tramo de estudio.....	48
2.2.5.	Evaluación de obras de arte.....	51
2.2.6.	Características topográficas de la vía.....	56
2.2.6.1.	Levantamiento topográfico.....	56
2.2.6.2.	Órdenes de control topográfico.....	57
2.2.6.3.	Red altimétrica.....	57
2.2.6.4.	Perfil longitudinal	60
2.2.6.5.	Secciones transversales	60
2.2.7.	Comportamiento del tráfico vehicular en la vía.....	61
2.2.7.1.	Índice medio diario.....	61
2.2.7.2.	Variación horaria.....	64
2.2.7.3.	Variación diaria	64
2.2.7.4.	Variación estacional.....	65

2.2.7.5. Velocidad de diseño.....	65
2.2.7.6. Carga máxima de diseño	66
2.2.8. Características geotécnicas de la carretera.....	67
2.2.8.1. Granulometría.....	67
2.2.8.2. Límites de consistencia.....	69
2.2.8.3. Compactación (Proctor modificado)	71
2.2.8.4. Clasificación de suelos	73
2.2.8.5. Estudio de canteras	76
2.2.9. Comportamiento hidrológico y de drenaje	81
2.2.9.1. Área de la unidad hidrográfica	81
2.2.9.2. Curva hipsométrica	83
2.2.9.3. Pendiente media de la cuenca.....	84
2.2.9.4. Pendiente del cauce principal	88
2.2.9.5. Precipitaciones	89
2.2.9.6. Caudal máximo.....	97
2.2.9.7. Diseño de obras de arte.....	108
2.2.10. Presupuesto general de implementar el diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte	128
2.2.10.1. Metrado	128
2.2.10.2. Costo directo.....	130
2.2.10.3. Costo indirecto.....	131
2.2.10.4. Costo total	132
2.2.11. Características del diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte. 133	
2.2.11.1. Superficie de rodadura.....	133
2.2.11.2. Distancia de visibilidad.....	142
2.2.11.3. Radios mínimos	145

2.2.11.4.	Bombeo de la calzada	147
2.2.11.5.	Derecho de vía	148
2.2.11.6.	Bermas	149
2.2.11.7.	Peralte	149
2.2.11.8.	Sobre ancho	151
2.3.	Marco conceptual.....	152
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN		159
3.1.	Hipótesis	159
3.1.1.	Hipótesis general	159
3.2.	Método.....	159
3.2.1.	Ubicación	159
3.2.2.	Tipo de investigación.....	160
3.2.3.	Nivel o alcance de investigación.....	160
3.2.4.	Diseño de investigación	161
3.2.5.	Operacionalización de variables.....	163
3.2.6.	Población, muestra y muestreo	165
3.2.7.	Técnicas e instrumentos.....	166
3.2.8.	Consideraciones éticas	167
3.2.9.	Procesamiento de datos.....	167
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		170
4.1.	Resultados	170
4.1.1.	A nivel de la Variable X	170
4.1.1.1.	Inventario de infraestructura vial de obras de arte (X1).....	170
4.1.1.2.	Características topográficas de la vía (X2).....	182
4.1.1.3.	Comportamiento del tráfico vehicular en la vía (X3).....	188

4.1.1.4. Características geotécnicas de la carretera (X4).....	205
4.1.1.5. Comportamiento hidrológico y de drenaje en la unidad hidrográfica del ámbito de influencia de las comunidades de Cotarma y Piscaya (X5)	226
4.1.1.6. Presupuesto general de implementar el diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte (X6)	262
4.1.2. A Nivel de la variable Y / D.....	291
4.1.2.1. Características del diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte (Y1)	291
4.2. Prueba de hipótesis	302
4.2.1. Hipótesis general	302
4.3. Discusión	305
RECOMENDACIONES.....	311
BIBLIOGRAFÍA.....	312
ANEXOS	317

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Puntos obligados de paso en el tramo I: Nogalpampa - Cotarma en el distrito de Pichirhua	37
Tabla 2: Puntos obligados de paso en el tramo II: Ramal Inupata - Piscaya en el distrito de Pichirhua	37
Tabla 3: Características actual de la vía tramo I Nogalpampa – Cotarma	40
Tabla 4: Características actual de la vía tramo II ramal Inupata - Piscaya	41
Tabla 5: Anchos mínimos de calzada en tangente	45
Tabla 6: Anchos de bermas	45
Tabla 7: Valores de bombeo de la calzada.	46
Tabla 8: Evaluación geotécnica general, Tramo I: Nogalpampa – Cotarma.	50
Tabla 9: Evaluación geotécnica general, tramo II: ramal Inupata - Piscaya.....	51
Tabla 10: Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.....	66
Tabla 11: Tamaños de la serie de tamices estándar ASTM	68
Tabla 12: Valores orientativos de humedad óptima y densidad seca de distintos suelos	71
Tabla 13: Parámetros utilizados para clasificar las muestras de suelo.....	72
Tabla 14: Parámetros utilizados para clasificar las muestras de suelo según AASHTO.....	75
Tabla 15: Propiedades y aplicaciones de los suelos en obras de ingeniería	76
Tabla 16: Características de los materiales granulares para sub bases y bases granulares.....	79

Tabla 17: Requerimientos de gradación de los materiales de base y sub base de suelo agregado según AASHTO M 147-65 (1990) y ASTM D 1241-68.....	79
Tabla 18: Plantilla para toma de datos para la determinación de la pendiente de la cuenca según Horton.....	86
Tabla 19: Plantilla para toma de datos para la determinación de la pendiente de la cuenca según Nash	87
Tabla 20: Plantilla para toma de datos para la determinación de la pendiente de la cuenca según Nash	88
Tabla 21: Tiempo de concentración para la zona en estudio	104
Tabla 22: Valores de coeficiente de rugosidad de Manning (n)	110
Tabla 23: Inclinaciones máximas del talud (V:H) en el interior de la cuneta.	113
Tabla 24: Máximas avenida para el río Chillincoy para 100 y 500 años de periodos de retorno	120
Tabla 25: Calculo de la socavación del río Chillincoy.....	127
Tabla 26: Formato de aplicación para determinar el metrado con excepción de la partida de concreto armado	129
Tabla 27: Formato de aplicación para determinar el metrado de fierro	129
Tabla 28: Formato de aplicación para determinar partidas de concreto armado ...	130
Tabla 29: Características básicas para la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito	133
Tabla 30: Espesor de material de afirmado (mm)	137
Tabla 31: Distancia de visibilidad de parada en metros	144
Tabla 32: Distancia de visibilidad de adelanto.....	145
Tabla 33: Datos básicos de los vehículos de diseño (medidas en metros).....	147

Tabla 34: Bombeo de calzada	148
Tabla 35: Ancho del derecho de vía para carreteras de bajo volumen de tránsito	148
Tabla 36: Radios mínimos y peraltes máximos	150
Tabla 37: Valores de peralte máximo.....	150
Tabla 38: Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte (m)	151
Tabla 39: <i>Operacionalización de variables</i>	163
Tabla 40: Tabla de frecuencias del tipo de obras de arte tramo I: Nogalpampa - Cotarma.....	170
Tabla 41: Estadísticos descriptivos de la longitud de obras de arte en el tramo I: Nogalpampa – Cotarma.	172
Tabla 42: Tabla de distribución de frecuencias de la longitud de las obras de arte en el tramo I: Nogalpampa – Cotarma.	172
Tabla 43: Tabla de frecuencias de las características de la sección típica de las obras de arte en el tramo I: Nogalpampa – Cotarma	174
Tabla 44: Estadísticos descriptivos del ancho de calzada de las obras de arte del tramo I: Nogalpampa – Cotarma.....	176
Tabla 45: Tabla de distribución de frecuencias del ancho de calzada de las obras de arte del tramo I de la vía Nogalpampa – Cotarma.....	177
Tabla 46: Distribución de frecuencias del estado de conservación de las obras de arte del tramo I: Nogalpampa – Cotarma, distrito de Pichirhua.	178
Tabla 47: Inventario vial actual de las obras de artes existentes y proyectadas en la carretera AP-580, del camino vecinal tramo I: Nogalpampa - Cotarma.....	180
Tabla 48: Inventario vial actual de las obras de artes existentes y proyectadas en la carretera AP-580, del camino vecinal tramo II: ramal Inupata - Piscaya.....	181

Tabla 49: Diagrama de masas en el tramo I. Nogalpampa – Cotarma	182
Tabla 50: Diagrama de masas en el tramo II. Ramal Inupata – Piscaya	184
Tabla 51: Tipo de pendiente según relieve del terreno.....	187
Tabla 52: Estaciones de conteo de tráfico vehicular.	189
Tabla 53: Índice medio diario tramo I: Nogalpampa – Cotarma.....	190
Tabla 54: Índice medio diario tramo II: ramal Inupata - Piscaya.	191
Tabla 55: Índice medio diario anual tramo I: Nogalpampa - Cotarma según tipo de vehículos	193
Tabla 56: Índice medio diario anual tramo II: ramal Inupata - Piscaya según tipo de vehículos	193
Tabla 57: Resumen de variación horaria.....	194
Tabla 58: Variación diaria de vehículos ligeros y pesados, según días de la semana	196
Tabla 59: Factores de corrección para vehículos ligeros y pesados de las estaciones de control Pampa Galera y Casinchihua según meses del año	197
Tabla 60: Proyección del tráfico de vehículos en el tramo I: Nogalpampa – Cotarma para un horizonte de 10 años.	198
Tabla 61: Proyección del tráfico de vehículos en el tramo II: ramal Inupata – Piscaya para un horizonte de 10 años.	200
Tabla 62: Puntos de control de velocidad	202
Tabla 63: Velocidad promedio según tipo de vehículo	202
Tabla 64: Transporte no motorizado en el tramo I Nogalpamta – Cotarma y tramo II ramal Inupata – Piscaya.....	203
Tabla 65: Tabla de pesos y medidas según tipo de vehículos	204

Tabla 66:.....	206
Tabla 67: Clasificación de las muestras del suelo según granulometría, tramo II: ramal Inupata – Piscaya.....	207
Tabla 68: Límites de consistencia de los suelos del tramo I: Nogalpampa - Cotarma	208
Tabla 69: Límites de consistencia de los suelos del tramo II: ramal Inupata – Piscaya	209
Tabla 70: Porcentaje de humedad óptima y densidad seca máxima del material en el tramo I: Nogalpamapa – Cotarma, según el ensayo Proctor modificado.	211
Tabla 71: Porcentaje de humedad óptima y densidad seca máxima del material en el tramo II: ramal Inupata – Piscaya, según el ensayo Proctor modificado.....	212
Tabla 72: Clasificación de calicatas según CBR tramo I Nogalpampa – Cotarma.	214
Tabla 73: Clasificación de calicatas según CBR tramo II ramal Inupata – Piscaya	215
Tabla 74: Características de las canteras del tramo I. Nogalpampa – Cotarma. ...	216
Tabla 75:.....	217
Tabla 76: Características técnicas de la cantera N° 01, tramo I Nogalpampa - Cotarma.....	218
Tabla 77: Volumen de material utilizable, potencia y rendimiento de la cantera N° 01 tramo I Nogalpampa – Cotarma.	219
Tabla 78: Características técnicas de la cantera N° 02, tramo I Nogalpampa - Cotarma.....	219
Tabla 79: Volumen de material utilizable, potencia y rendimiento de la cantera N° 02 tramo I Nogalpampa – Cotarma.	220
Tabla 80: Características técnicas de la cantera N° 03, tramo I Nogalpampa - Cotarma.....	221

Tabla 81: Volumen de material utilizable, potencia y rendimiento de la cantera N° 03 tramo I Nogalpampa – Cotarma.	222
Tabla 82: Características técnicas de la cantera N° 04, tramo I Nogalpampa - Cotarma.....	223
Tabla 83: Volumen de material utilizable, potencia y rendimiento de la cantera N° 04 tramo I Nogalpampa – Cotarma.	224
Tabla 84: Características técnicas de la cantera N° 05, tramo II ramal Inupata – Piscaya	225
Tabla 85: Área y perímetro de la unidad hidrográfica	226
Tabla 86: Datos para el trazo de la curva hipsométrica de la unidad hidrográfica de la zona en estudio.....	227
Tabla 87: Tabla de clases y frecuencias de pendientes parciales de la unidad hidrográfica de la zona en estudio	230
Tabla 88: Tabla de clases y frecuencias de las pendientes parciales de la unidad hidrográfica de la zona en estudio	231
Tabla 89: Pendiente del cauce principal de la unidad hidrográfica de la zona en estudio	232
Tabla 90: Ubicación y características de las estaciones meteorológicas más cercanas al río Chillincoy	234
Tabla 91: Precipitación máxima para un periodo de 24 horas, en la estación meteorológica de Abancay.....	234
Tabla 92: Precipitación máxima para un periodo de 24 horas, en la estación meteorológica de Andahuaylas.....	235
Tabla 93: Precipitación máxima para un periodo de 24 horas, en la estación meteorológica de Huancabamba.	236

Tabla 94: Precipitación máxima en un tiempo de 24 horas para la zona en estudio	237
Tabla 95: Prueba de hipótesis de distribución normal de datos de las estaciones más cercanas a la zona de investigación.....	237
Tabla 96: Distribución de la precipitación máxima probable de la zona de investigación.....	240
Tabla 97: Precipitaciones máximas en mm para diferentes tiempos de duración y periodos de retorno	241
Tabla 98: Intensidad de lluvia para diferentes tiempos de duración	242
Tabla 99:.....	243
Tabla 100: Tala de distribución de clases y frecuencias del tiempo de concentración en el tramo I: Nogalpampa – Cotarma	245
Tabla 101: Estadísticos descriptivos de los tiempos de concentración del tramo I: Nogalpampa – Cotarma en alcantarillas	247
Tabla 102: Estadísticos descriptivos de los tiempos de concentración del tramo I: Nogalpampa - Cotarma en Badén.....	248
Tabla 103: Estadísticos descriptivos de los tiempos de concentración del tramo II: Ramal Inupata – Piscaya en alcantarillas.....	248
Tabla 104: Caudales de diseño en alcantarillas para las cuencas pequeñas Método Racional y Hidrograma Unitario Triangular Tramo I: Nogalpampa - Cotarma.....	250
Tabla 105: Caudales de diseño en badén para las cuencas pequeñas Método Racional y Hidrograma Unitario Triangular Tramo I: Nogalpampa - Cotarma.....	251
Tabla 106: Caudales de Diseño en Alcantarillas para las Cuencas pequeñas Método Racional y Hidrograma Unitario Triangular Tramo II: Ramal (Inupata) - Piscaya...	252
Tabla 107: Diseño de alcantarillas Tramo I: Nogalpampa - Cotarma.	253

Tabla 108: Diseño de alcantarillas Tramo II: Ramal (Inupata) - Piscaya.	254
Tabla 109: Diseño de badenes Tramo I: Nogalpampa - Cotarma.....	255
Tabla 110: Longitud de cunetas según caudal de conducción en los tramos Nogalpampa – Cotarma – Piscaya.....	256
Tabla 111: Diseño de cunetas	257
Tabla 112: Máximas avenidas del río Chillincoy para diferentes periodos de retorno	258
Tabla 113: Calculo de la socavación del río Chillincoy.....	261
Tabla 114: Granulometría del material del cauce (mm) en la zona de estudio.	262
Tabla 115: Metrado de obras provisionales	263
Tabla 116: Metrado de obras preliminares.....	263
Tabla 117: Metrado de movimiento de tierras	264
Tabla 118: Metrado en pavimentos.....	264
Tabla 119: Metrado de alcantarillas	265
Tabla 120: Metrado para la construcción de badén	266
Tabla 121: Metrado para la construcción de pontón.....	267
Tabla 122: Metrado para la construcción del muro de contención.....	268
Tabla 123: Metrado de la conformación de cunetas.....	268
Tabla 124: Metrado para la instalación de señalización de la carretera en los tramos Nogalpampa – Cotarma , Inupata – Piscaya.....	269
Tabla 125: Metrado para la mitigación ambiental.....	269
Tabla 126: Metrado de seguridad en obra	270
Tabla 127: Metrado para el diseño de mezclas y briquetas.....	270

Tabla 128: Metrado para el servicio de flete terrestre	271
Tabla 129: Costo directo de obras provisionales	272
Tabla 130: Costo directo de obras preliminares	273
Tabla 131: Costo directo de movimiento de tierras	274
Tabla 132: Costo directo de en pavimentos	275
Tabla 133: Costo directo de construcción de alcantarillas	276
Tabla 134: Costo directo para la construcción de badén	277
Tabla 135: Costo directo para la construcción de pontón	278
Tabla 136: Costo directo para la construcción del muro de contención	279
Tabla 137: Costo total de la conformación de cunetas	280
Tabla 138: Costo total para la instalación de señalización de la carretera en los tramos Nogalpampa – Cotarma , Inupata – Piscaya	281
Tabla 139: Costo total para la mitigación ambiental	281
Tabla 140: Costo total de seguridad en obra	282
Tabla 141: Costo total para el diseño de mezclas y briquetas	283
Tabla 142: Costo total para el servicio de flete terrestre	283
Tabla 143: Gastos generales fijos	284
Tabla 144: Gastos generales variables	285
Tabla 145: Gastos de supervisión	287
Tabla 146: Costo total del proyecto	289
Tabla 147: Costo total del proyecto según mano de obra, materiales y equipos ...	291

Tabla 148: Características básicas para la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito	292
Tabla 149: Características de las distancias de visibilidad de la carretera Nogalpampa – Cotarma y ramal Inupata – Piscaya.	293
Tabla 150: Características de radios mínimos de la carretera Nogalpampa – Cotarma y ramal Inupata – Piscaya.	294
Tabla 151: Características de las pendientes en los tramos Nogalpampa – Cotarma y ramal Inupata – Piscaya.....	295
Tabla 152: Características de los bombeos de la calzada en los tramos Nogalpampa – Cotarma y ramal Inupata – Piscaya	296
Tabla 153: Ancho del derecho de vía para Caminos de Bajo Volumen de Transito.	297
Tabla 154: Valores de peralte máximo.....	298
Tabla 155: Longitudes mínimas de transición de bombeo y de transición peralte en función de velocidad directriz y del valor del peralte.	299
Tabla 156: Calculo de sobre anchos en el tramo I: Nogalpampa – Cotarma	300
Tabla 157: Calculo de sobre anchos en el tramo II: ramal Inupata – Piscaya	301
Tabla 158: Resumen del modelo de regresión.....	303
Tabla 159: Análisis de varianza	303
Tabla 160: Coeficientes de regresión.....	304

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Alcantarilla ubicada en la Progresiva Km 1+525, se encuentra obstruida, tiene una longitud de 4.50 m, cuya sección de entrada y salida es de 0.50x0.50, y condición estructural está en malas condiciones, por tanto necesita ser reemplazado.	52
Figura 2: Badén de la progresiva Km. 05+138, con 30% de piedra y 70% en tierra, permite dar pase a los flujos de material sólido y caudal líquido, dicho badén se encuentra colapsada, por tanto necesita ser remplazada por un badén de Concreto ciclópeo.	53
Figura 3: Cuneta de tierra en la progresiva 10+000 se encuentran obstruidas, y en algunas partes de la carretera del tramo no existen cunetas longitudinales necesarias para evacuar las aguas pluviales.	54
Figura 4: Pontón en estructura de malas condiciones, debiendo ser reemplazada por un puente carrozable nuevo acorde a las condiciones de tránsito (ligero y pesado).....	55
Figura 5: Muro de piedra que no garantiza la estabilidad al peso de los vehículos pesados, se propone realizar un Muro de Concreto ciclópeo, según diseño.	56
Figura 6: Identificación de Áreas de Influencia de drenaje en el área de influencia del trazo.....	83
Figura 7: Curvas características de una cuenca hidrográfica	83
Figura 8: Hidrograma unitario triangular	105
Figura 9: Hidrograma Unitario Triangular para 100 años de periodo de retorno....	108
Figura 10: Sección típica de cuneta triangular	113
Figura 11: Detalle típico de zanja de coronación.....	115
Figura 12: Detalle de zanja de coronación en pendientes muy pronunciadas	116
Figura 13: Detalle típico de zanja de drenaje	117

Figura 14: Detalle de cuneta de banquetta típica	117
Figura 15: Ubicación del puente en la zona de estudio	121
Figura 16: Sección transversal del río	121
Figura 17: HEC RAS para un período de 100 años	123
Figura 18: HEC RAS para un período de 500 años	123
Figura 19: Nivel de agua para un periodo de retorno de 100 años.....	124
Figura 20: Nivel de agua para un periodo de retorno de 500 años.....	124
Figura 21: Socavación del río Chillincoy	127
Figura 22: Sección transversal de la superficie de rodadura en tangente	134
Figura 23: Sección transversal de la superficie de rodadura en curva	134
Figura 24: Curvas de diseño de espesores para estructuras con y sin tratamientos bimutoso, según el análisis USACE	135
Figura 25: Espesor de capa de revestimiento granular	138
Figura 26: Catálogo de capas de afirmado (revestimiento granular) para un período de diseño de 10 años.....	139
Figura 27: Mínimo giro para vehículos B3 0 C3	147
Figura 28: Diseño de investigación transeccional descriptivo.....	162
Figura 29: Área de influencia del drenaje en la unidad hidrográfica de la zona de estudio	226
Figura 30: Sección transversal del río Chillincoy y la proyección del Puente	260

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1: Histograma de frecuencias del tipo de obras de arte en el tramo I: Nogalpampa – Cotarma.....	171
Gráfico 2: Histograma de frecuencias de la longitud de las obras de arte en el tramo I: Nogalpampa – Cotarma	173
Gráfico 3: Histograma de frecuencias de las características de la sección típica de las obras de arte en el tramo I: Nogalpampa – Cotarma	175
Gráfico 4: Histograma de frecuencia del ancho de calzada de las obras de arte del tramo I: Nogalpampa – Cotarma.	177
Gráfico 5: Histograma de frecuencias del estado de conservación de las obras de arte del tramo I: Nogalpampa – Cotarma, distrito de Pichirhua.	179
Gráfico 6: Diagrama de masas del tramo I: Nogalpampa – Cotarma.	183
Gráfico 7: Diagrama de masas del tramo II: ramal Inupata – Piscaya.	185
Gráfico 8: Histograma de frecuencia del número de vehículos por día, tramo I: Nogalpampa – Cotarma.	190
Gráfico 9: Histograma de frecuencia del número de vehículos por día, tramo II: ramal Inupata – Piscaya.	192
Gráfico 10: Resumen de variación horaria	195
Gráfico 11: Histograma de frecuencia de la variación diaria de vehículos ligeros y pesados, según días de la semana.....	196
Gráfico 12: Perfil histograma y tendencia del Índice Medio Diario para un horizonte de 10 años tramo I: Nogalpampa – Cotarma.....	199
Gráfico 13: Perfil histograma y tendencia del Índice Medio Diario para un horizonte de 10 años tramo II: ramal Inupata – Piscaya.	201

Gráfico 14: Perfil histograma de los límites de consistencia de los suelos del tramo I Nogalpamapa – Cotarma.....	208
Gráfico 15: Perfil histograma de los límites de consistencia de los suelos del tramo II ramal Inupata – Piscaya.....	210
Gráfico 16: Histograma del promedio del porcentaje de humedad óptima y densidad seca máxima del material en el tramo I: Nogalpamapa – Cotarma, según el ensayo Proctor modificado.....	211
Gráfico 17: Histograma del promedio del porcentaje de humedad óptima y densidad seca máxima del material en el tramo II: ramal Inupata – Piscaya, según el ensayo Proctor modificado.....	213
Gráfico 18: Perfil histograma de la clasificación de calicatas según CBR tramo I Nogalpampa – Cotarma.....	214
Gráfico 19: Perfil histograma de la clasificación de calicatas según CBR tramo II ramal Inupata – Piscaya	215
Gráfico 20: Curva hipsométrica y polígono de frecuencia de altitudes unidad hidrográfica de la zona de estudio	228
Gráfico 21: Histograma de frecuencia de las pendientes parciales de la unidad hidrográfica de la zona en estudio	231
Gráfico 22: Perfil longitudinal del cauce principal de la unidad hidrográfica de la zona en estudio.....	233
Gráfico 23: Diagrama de la intensidad, tiempos de duración y períodos de retorno de las precipitaciones regionalizadas en la zona de proyecto.....	244
Gráfico 24: Histograma de frecuencias del tiempo de concentración en el tramo I: Nogalpampa – Cotarma.....	246
Gráfico 25: Sección transversal del cauce donde se plantea proyectar el puente sobre el río Chillincoy.....	259
Gráfico 26: Perfil longitudinal del cauce natural y socavado del río Chillincoy.....	261

RESUMEN

La vía Nogalpampa – Cotarma – Piscaya, distrito Pichirhua, provincia Abancay, región Apurímac tienen una longitud de 17+739 km, el objetivo de investigación fue describir las características técnicas, topográficas, geotécnicas e hidrológicas necesarias con fines de realizar el diseño geométrico de la vía mediante el estudio de las variables X_1 : Inventario de infraestructura vial, X_2 : Características topográficas de la vía, X_3 : Comportamiento del tráfico vehicular, X_4 : Características geotécnicas de la carretera, X_5 : Comportamiento hidrológico y de drenaje y X_6 : Presupuesto general, los datos fueron obtenidos mediante levantamiento topográfico, diagnóstico de campo y pruebas de laboratorio y luego del procesamiento permitió diseñar la vía cumpliendo con las normas y reglamentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual para el Diseño Geométrico de Carreteras DG 2013, los resultados de diseño geométrico pertenece a una vía de categoría T0 (carretera de bajo volumen de tránsito) con ancho de calzada entre 3.50 a 4.50 metros, plazoletas de cruce cada 500 metros en promedio, superficie de rodadura afirmado en tierra mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado de 15 cm, velocidad directriz entre 20 a 30 km/h, distancia de visibilidad de parada de 35 metros, distancia de visibilidad de paso de 110 metros, Radio Mínimo Normal de 30 m, pendientes máxima normal de 6%, hasta 12%, bombeo de calzada de 2.5% y un derecho de vía de 15 m, a su vez que se plantea la construcción de 36 obras de arte, principalmente alcantarillas tipo TMC con una longitud promedio de 5.6 metros lineales. EL ancho de calzada promedio de 4.748 metros lineales para evacuar un caudal máximo de 4.914 m³/s, la clasificación de los suelos más prevalente según la AASHTO es A – 2 – 4 grava, arena arcillosa o limosa, y según el SUCS, es de tipo SC, arenas arcillosas y mezcla de arena limo, con humedad óptima entre 10.16% a 12% y densidad seca máxima de 1.06 toneladas por m³, el ensayo CBR promedio es de 20.25%, y el presupuesto total de implementar el proyecto es de 4'090,525.15 soles distribuido en 2'776,420.27 soles el costo fijo y 1'314,104.88 soles el costo variable, el costo por kilómetro es de 314,655.78 soles.

Palabras clave: Diseño geométrico, infraestructura vial, topografía, tráfico vehicular, características geotécnicas comportamiento hidrológico y presupuesto

ABSTRACT

The Nogalpampa - Cotarma - Piscaya route, Pichirhua district, Abancay province, Apurímac region, has a length of 17 + 739 km, the objective of which was to describe the technical, topographic, geotechnical and hydrological characteristics necessary to carry out the geometric design of the via the study of the variables X1: Inventory of road infrastructure, X2: Topographic characteristics of the road, X3: Behavior of vehicular traffic, X4: Geotechnical characteristics of the road, X5: Hydrological and drainage behavior and X6: General budget, the data were obtained by topographic survey, field diagnosis and laboratory tests and after the processing allowed to design the road complying with the norms and regulations of the Ministry of Transport and Communications, Manual for the Geometric Design of Roads DG 2013, the design results geometric corresponds to a category T0 track (road of low volume of traffic) with width of road between 3.50 to 4.50 meters, crossing platforms every 500 meters on average, rolling surface affirmed in improved soil with gravel selected by shaking, profiled and compacted of 15 cm, speed guideline between 20 to 30 km / h, distance of visibility of stop of 35 meters, distance of visibility of step of 110 meters, Minimum Normal Radio of 30 m, maximum normal slopes of 6%, up to 12%, pumping of road of 2.5% and a right of way of 15 m, which in turn proposes the construction of 36 works of art, mainly TMC culverts with an average length of 5.6 linear meters. The average road width of 4,748 linear meters to evacuate a maximum flow of 4,914 m³ / s, the classification of the most prevalent soils according to the AASHTO is A - 2 - 4 gravel, clayey or silty sand, and according to the SUCS, it is SC type, clayey sands and slime sand mix, with optimum humidity between 10.16% to 12% and maximum dry density of 1.06 tons per m³, the average CBR test is 20.25%, and the total budget to implement the project is 4 '090,525.15 soles distributed in 2'776,420.27 soles fixed cost and 1'314,104.88 soles variable cost, the cost per kilometer is 314,655.78 soles.

Keywords: Geometric design, road infrastructure, topography, vehicular traffic, geotechnical characteristics, hydrological behavior and budget.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Realidad problemática

La actual vía, tanto del tramo I: Nogalpampa – Cotarma y el tramo II: ramal Iñupata – Piscaya, se encuentra en estado defectuoso, con una superficie de rodadura sin tratamiento adecuado, estando a la fecha solamente sobre el terreno natural y en ciertos tramos de material rocoso, con finos de alta plasticidad, que al menor contacto con el agua proveniente de los canales de riego se convierten en lodazales y fango, en épocas de lluvias (Diciembre a Marzo) las quebradas se activan, y el agua discurre por toda la plataforma de la vía, erosionándola permanentemente hasta convertir zonas intransitables, causando obstáculos en la vía debido a la penuria de obras de arte y drenaje.

El deterioro de la vía ocasiona dificultades de traslado de productos agropecuarios hacia los mercados de la provincia de Abancay y la región Apurímac, la población utiliza acémilas lo cual conlleva un prolongado tiempo de traslado y elevado costo de los productos agropecuarios, la vía de los tramos en estudio ocasiona en la población un estado de exclusión, por las dificultades que tienen para acceder a servicios de salud y educación de calidad por tanto el nivel de vida es bajo.

En la vía existe insuficiente sección vial en zonas rocosas, las curvas de volteo en el tramo II, ubicadas en las progresivas 2+420 y 2+460, no tienen los anchos necesarios, dificultando el tránsito vehicular y aumentando el riesgo de transporte ya que la sección transversal de vía es menor a 3.5 m, lo que a su vez limita el acceso para la transitabilidad de vehículos mayores.

El 50% de la vía no cuenta con ningún tipo de mantenimiento, por lo que viene siendo erosionada constantemente en temporada de lluvias reduciendo la transitabilidad en 80%. En el tramo I; Nogalpampa – Cotarma, la carretera cuenta con un sistema de drenaje (alcantarillas) en mal estado, encontrándose algunas obstruidas y otras con malezas por lo que las aguas discurren por la superficie de rodadura.

En el 20% de la carretera hay zonas donde existe afloramiento de rocas, siendo estrechos en especial las curvas, esta sección transversal de la vía son entre 3.0 – 3.5 m. no cumplen con las normas.

Se verifico q las autoridades no han gestionado el mejoramiento de la vía por desconocimiento o desinterés y como resultado se observó que la vía q une las comunidades de Nogalpampa - Cotarma y ramal inupata Piscaya se encuentran en defectuosas condiciones de transitabilidad dificultando el normal tránsito de vehículos.

1.2. Planteamiento del problema

La vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya, de acuerdo al D.S. N° 011-2016-MTC, es un camino vecinal asignada para el tramo: Nogalpampa – Cotarma con el código AP-654, con Trayectoria: Emp. AP-653 - Cotarma y para el tramo: Ramal inupata – Piscaya con el código AP-655 con trayectoria: Emp. AP-654 - Piscaya, ubicada en la Carretera Nazca – Chalhuanca – Abancay – Cusco (Ruta nacional N° 026), lugar donde se ubica la progresiva 0+00 en la comunidad de Chontay, para luego ascender hacia la comunidad de Nogalpampa, el que se encuentra ubicado en la progresiva 06+240. De Nogalpampa hasta llegar a la parte alta de la comunidad de Cotarma ubicada en el progresiva 12+476, el desarrollo de la vía se realiza por una zona de pendiente con la presencia de curvas de volteo, y posteriormente hasta llegar a la comunidad de Piscaya, ubicada en la progresiva 05+263, la pendiente de la vía es llana, prácticamente faldeando las pequeñas lomas que se encuentran en la zona, la vía está en condiciones defectuoso y no permite el tránsito vehicular fluido.

De acuerdo a la prospección de campo en el ámbito de la investigación se han detectado que la carretera del tramo I: Nogalpampa – Cotarma y el tramo II: ramal Iñupata – Piscaya, se encuentra en estado defectuoso y no cumple con las características técnicas de acuerdo a las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras DG-2013, y el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito-MTC, por tanto limita el desarrollo económico local y la integración de la población a los servicios de calidad como educación, salud y otros que el mundo moderno oferta en la Región Apurímac, más del 60% de los pobladores de la zona

no pueden transportar sus productos agropecuarios hacia los mercados más próximos por la ausencia de un fluido tránsito vehicular (<10% de flujo vehicular), consecuentemente utilizan acémilas lo que aumenta el tiempo de viaje (6 – 8 horas), deterioro de los productos y el aumento de los costos de producción y reducidos márgenes de utilidad por productor.

Por otro lado se observa que los vehículos circulan con problemas a baja velocidad, porque la plataforma de rodadura presenta mal formaciones, anegamiento en zonas pantanosas, y gran dificultad de tránsito en un tramo rocoso con pendientes pronunciadas, problema que es permanente en tiempo de lluvias, ya que por las quebradas discurre el agua de escorrentía, quedando intransitable por la falta de obras de arte y drenaje.

1.2.1. Formulación de problemas

Problema General

¿Cuáles son las características técnicas, topográficas, geotécnicas e hidrológicas necesarias para el mejoramiento y rehabilitación del camino vecinal tramo Nogalpampa-Cotarma-Piscaya, distrito Pichirhua, provincia Abancay, departamento de Apurímac?

Problemas específicos

¿Cuál es el inventario de la infraestructura vial, para el Mejoramiento y rehabilitación de la carretera que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac?

¿Cómo son las características topográficas que permite el mejoramiento y rehabilitación de la vía en los tramos Nogalpampa – Cotarma y ramal Inupata – Piscaya del distrito de Pichirhua, departamento de Apurímac?

¿Cómo es el comportamiento del tráfico vehicular para el mejoramiento y rehabilitación de la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua, departamento de Apurímac?

¿Cómo son las características geotécnicas que permiten el mejoramiento y rehabilitación de la carretera que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac?

¿Cómo es el comportamiento hidrológico y de drenaje en la unidad hidrográfica del ámbito de influencia que permite el mejoramiento y rehabilitación de la vía que une las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac?

¿Cuál es el presupuesto general de implementar el diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte para el mejoramiento y rehabilitación de la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac?

¿Cuáles son las características del diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte para el mejoramiento y rehabilitación de la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac?

1.3. Justificación de la investigación

Los pobladores de las comunidades de Nogalpampa – Cotarma y Piscaya, organizados fueron a dar a conocer su preocupación a las instituciones del estado para solicitar apoyo para la realización de un estudio que pueda contribuir al mejoramiento y rehabilitación de la vía en los tramos Nogalpampa – Cotarma y ramal Inupata – Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac ya que anhelan contar con una infraestructura vial en óptimas condiciones, el requerimiento nace en los encuentros participativos donde autoridades y comunidad en pleno han consensuado las necesidades de contar con una vía que permita el traslado adecuado de sus excedentes de producción hacia los mercados de consumo más cercanos, ya que actualmente la vía de acceso que los conecta está intransitable en algunos tramos de la vía, porque la plataforma ha sido erosionada por las lluvias, especialmente entre el sector de Piscaya y actualmente está utilizando los caminos de herradura que en épocas de lluvia se ven muy comprometidos por las escorrentías que ocasiona deformaciones en su superficie así como derrumbes y

huaycos que dificultan el tránsito peatonal y de las acémilas de carga, provocando accidentes y mermas en los productos que deterioran su calidad, por ende pérdida económica para el productor.

En lo económico el 100% de la población se dedica a la agricultura seguido de la ganadería y actualmente presentan serias dificultades para el traslado de sus productos como la papa, maíz, habas, olluco, oca, quinua, maíz, arveja, entre otros; en la ganadería prevalece la crianza de vacunos, camélidos sudamericanos (llamas, alpacas y vicuñas), ovinos, porcinos, equinos y otros animales domésticos menores, el mejoramiento y rehabilitación de la vía permitirá dinamizar el desarrollo económico local en el distrito de Pichirhua.

En lo social, la investigación aportara con el diseño geométrico definitivo de la vía que une las comunidades de Nogalpampa – Cotarma y de implementarse la propuesta la población podrá acceder a los servicios de educación, salud y otros de calidad en la región Apurímac, también tendrán la oportunidad de ampliar su frontera agrícola y comercializar los excedentes en los mercados de la región a precios competitivos.

En lo ambiental la propuesta de mejoramiento y rehabilitación de la vía no genera impacto negativo ya que la flora afectada tendrá la capacidad de regenerarse por sí misma en un corto tiempo.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Describir las características técnicas, topográficas, geotécnicas e hidrológicas necesarias con fines de realizar el diseño Geométrico definitivo que permite el mejoramiento y rehabilitación del camino vecinal tramo Nogalpampa-Cotarma-Piscaya, distrito Pichirhua, provincia Abancay, departamento de Apurímac.

1.4.2. Objetivos específicos

Realizar el inventario de la infraestructura vial para el mejoramiento y rehabilitación de la carretera que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac.

Describir las características topográficas para el mejoramiento y rehabilitación de la vía en los tramos Nogalpampa – Cotarma y ramal Inupata – Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac.

Determinar el comportamiento del tráfico vehicular para el mejoramiento y rehabilitación de la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac.

Describir las características geotécnicas para el mejoramiento y rehabilitación de la carretera que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac.

Describir el comportamiento hidrológico y de drenaje en la unidad hidrográfica del ámbito de influencia para el mejoramiento y rehabilitación de la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac.

Determinar el presupuesto general de implementar el diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte para el mejoramiento y rehabilitación de la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac.

Describir las características del diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte para el mejoramiento y rehabilitación de la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac.

1.5. Limitaciones

Condiciones climáticas adversas. Régimen de lluvias entre Noviembre y Abril, temperaturas más bajas entre Junio y Agosto, así como la presencia de vientos fríos en la temporada de invierno.

El alto monto de inversión escapa a las posibilidades de ejecución financiera por parte de la municipalidad distrital de Pichirhua.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

2.1.1. A nivel internacional

Macías Rivera (2011) manifiesta, “La vía “Baba-La Estrella, Ecuador” se ha encontrado constantemente afectada por las lluvias que se presentan durante la estación invernal; obteniéndose como resultado el deterioro del camino y daños en la calzada y alcantarillas, la plataforma del camino es muy angosta y tiene un ancho promedio de 5 m, las velocidades de tránsito son inferiores a los 30Km/h, según la clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado MOTP – 2002 la vía La Estrella será una carretera de clase III (300 a 1000 tráfico de vehículos por año), con lo cual se incrementa la velocidad de diseño a 80 km/h. La vía se diseñó con una capa de rodadura compuesta de material pétreo, sin recubrimiento, constituida por gravas naturales, no trituradas, sin requisitos de granulometrías y plasticidad; su espesor es variable llegando casi a los 40cm en algunos tramos”.

Mba Lozano y Tabares Gonzáles (2005) realizan una evaluación de los diferentes métodos empleados para el diseño de estructuras de pavimento según criterios y parámetros empíricos, semi empíricos y racionales para establecer las distintas alternativas estructurales que se tiene en esta área, determinan una topografía montañosa con pendientes de 3% a 11% en una longitud aproximada de 1700 metros, diseñaron para un velocidad de 30 km/h, peralte de 8%, coeficiente fricción de 0.180 y un radio mínimo de 27.26 metros para un ancho de calzada de 6 metros. La clasificación es de categoría II debido a que es una zona colectora interurbana con volúmenes de transito medio.

Villa Gallegos (2015), diseñó la carretera en el tramo de Querétaro – San Luis Postosí en México para una longitud de 13 kilómetros, el diseño se realizó por medio del índice medio de tráfico para el año 2013 fue de 5400 vehículos con una tasa de crecimiento anual de 4%, para un periodo de 20 años se considera un ancho total de 14.50 metros distribuidos en 3 carriles de 3.50 metros cada uno con un espesor de carpeta asfáltica de 12 cm.

2.1.2. A nivel nacional

Nuñez Porras y Ubillus Limo (2011) realizaron el expediente técnico de mantenimiento periódico de la carretera EMP – PE -1N (Piura) Santa Ana – Tambogrande encontraron que el comportamiento de la carretera está íntimamente ligada al desempeño de las obras de arte y drenaje, muchos tramos han colapsado justamente en los lugares donde están ubicadas las obras de drenaje mal diseñadas, causando problemas de libre flujo vehicular y costos de reparación urgente. Para la toma de datos realizaron observaciones en campo en cada estructura involucrada en drenaje para ello contaron con información de los estudios básicos como la topografía y el diseño de trazo vial, el estudio de mecánica de suelos, el estudio hidrológico, etc.

Rojas Pérez (2014). Formuló el proyecto "Rehabilitación y mejoramiento carretera Chugur - Ninabanba, tramo II desde el Tingo hasta Ninabamba", ubicado en la Región Cajamarca. La investigación fue de 5.417 km partiendo de la Localidad El Tingo hasta el límite de Chugur con Ninabamba. Los trabajos fueron realizados en siete calicatas ubicadas de acuerdo al tipo de suelo de todo el eje longitudinal de la vía, se ha considerado medidas de diseño para un tránsito satisfactorio, expedito y positivo con radios mínimos de 10m, velocidad de diseño de 20 km/hora. El proyecto consta de estudio de Impacto ambiental, delimitación de cuencas para el diseño de obras de arte Aliviaderos, Alcantarillas, Badén, cunetas de 0.30m x 0.75m y el diseño del pavimento considerando el suelo más representativo (A-7-6, MH) el espesor de afirmado fue de 30 cm en todo la vía. Plantearon 9 unidades de señales reguladoras, 40 unidades de señales preventivas, 3 unidades de señales Informativas y 6 unidades de hitos kilométricos. La construcción de demandaría una inversión total de S/. 1'631,333.54 soles.

Camacho Sagástegui (2017). Realizó el proyecto "Mejoramiento de la trocha carrozable tramo: San Salvador - Cuñish Alto - Cuñish Bajo", ubicado en el departamento de Cajamarca, el proyecto consta de una distancia de 6,370.00 Km. La vía se determinó por su función como una vía vecinal, según el Manual de Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Transito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el diseño de la carretera consta de un radio mínimo de 18 m, velocidad directriz de 25 Km/h y pendientes acomodadas para la zona. En

el estudio geológico - geotécnico se ubicó 13 calicatas, encontrando suelos desfavorables A-7-6 (6) CL, con CBR = 5.40 %, con lo que se determinó un espesor del afirmado de 0.30 m. Luego delimitó la microcuenca para la obtención de sus áreas con lo cual diseñó las cunetas de 0.30 x 0.54 m, a lo largo de toda la vía, la cuantificación de alcantarillas y aliviaderos fue de 40 unid. Por la topografía de la carretera y para su seguridad se determinó la colocación de señales preventivas en total de 45 unidades, señales informativas en un total de 02 unidades e hitos kilométricos en un total de 06 unidades, el estudio demandó la suma de S/. 1 '859,339.67.

Silva Tarrillo (2017) Formuló el proyecto "Mejoramiento de la carretera cruce La Libertad- Nuevo Oriente- Masintranca, tramo 1 desde cruce La Libertad hasta Nuevo Oriente, distrito de Chalamarca, región Cajamarca", en una longitud de 5 km, el proyecto comprende los estudios topográficos, cuyo resultado es de topografía accidentada, la vía es de tercera clase según el conteo de vehículos, con la información se realizó el Diseño Geométrico de la vía, con un radio mínimo de 10 m para la velocidad directriz de 20 Km/h, pendiente media de 6.73%. Conociendo la subrasante y la geología de los terrenos, realizaron seis calicatas (1 por km) y conjuntamente se realizó la extracción de material de cantera para los estudios de mecánica de suelos y obtener el más representativo A-7-6 (07), CL, con un C.B.R = 7.22%, con dicho valor se diseñó el espesor del afirmado = 0.23 m. La cantera arrojó un C.B.R de 48.00% por tanto considerado un material apto para afirmados. Con las características geométricas establecidas, se realizó el estudio hidrológico empezando con la delimitación de la cuenca y microcuencas, luego se determinó sus áreas tributarias con el objetivo de calcular los caudales de aporte a las diferentes obras de arte. (15 aliviaderos y 1 alcantarilla), por otro lado propusieron la instalación de señales reguladoras (09 und.), señales preventivas (55 und.), señales Informativas (02 und.), e hitos kilométricos (06 und.). Finalmente se estimó el costo de inversión que asciende a S/. 858,253.20.

Peralta Foronda y Yana Martínez (2017) realizaron estudios de geológicos para el mejoramiento de la carretera Huarcocondo - Pomatales – Pachar en una distancia de 19.855 Km. La zona tiene una temperatura media mensual de 7.06 °C, y máxima de 8.66°C, para el mes de febrero y una temperatura media mínima de

4.05 °C para el mes de julio. La carretera superficialmente está cubierta por material transportado por acción glaciaria como gravitacional dando lugar a la formación de morrenas. Los autores manifiestan que la carencia de una política de mantenimiento rutinario en obras de drenaje, causan el deterioro constante de la vía, disminuyendo el nivel de transitabilidad de la carretera, haciendo difícil el flujo de los vehículos, y los costos por el transporte se elevan.

Idrogo Vásquez (2017) manifiesta que realizó el estudio de levantamiento topográfico, para mostrar el relieve real del terreno para el diseño de la carretera La Libertad –Nuevo Oriente en el distrito de Chota, Cajamarca concluyendo que la topografía es llana en su mayor proporción del tramo, con el conteo de vehículos se determinó la vía de tercera clase, cuyos radios mínimos de diseño fue de 10 m para una velocidad directriz de 20 Km/h y pendiente media de 3.94 %. Los estudio de mecánica de suelos fueron a partir de 5 calicatas y como resultado manifiestan el suelo más representativo de A-7-6 (OS), CL, con C.B.R (6.95%) que sirvió para diseñar el espesor del afincado en 0.20 m. La cantera estudiada tiene un C.B.R de 48 % y según los reglamentos del MTC dicho material es apta para afirmados. Las características geométricas determinadas, permitieron realizar el estudio hidrológico delimitando la cuenca y microcuencas, con sus respectivas áreas tributarias que determinaron el aporte de los caudales con el cual se diseñó las diferentes obras de arte (12 aliviaderos y 13 alcantarilla).

2.1.3. A nivel regional y local

Palomino Alca (2015) manifiesta que la trocha carrozable Pillpintopampa - Totora, Cotaruse – Apurímac presenta una plataforma erosionada por los encharcamientos de agua, zonas encalaminadas y sin obras de drenaje, sin afirmado ni elementos de señalización. La Velocidad directriz es de 10 km/hora en estiaje y 8 km/hora en periodo de lluvias, la longitud total es de 13.45 Km, con un ancho de plataforma promedio de 4.80m, el perfil longitudinal presenta pendientes críticas con topografía plana y semi accidentada, no cuenta con ningún tipo de obras de drenaje, el IMD es de 8 unidades por año, la superficie de rodadura según la clasificación SUCS es SC, GM-GC, SM, GC y ML-OL y según AASHTO la más predominante es A-2-A, los estudio de mecánica de suelos se realizaron a partir de 5 calicatas y como resultado se obtuvo un valor CBR de 38% con el cual se diseñó

un 0.15 m de espesor de afirmado. Con las características geométricas definidas, se determinó 26 obras de arte (alcantarillas) y 13451 metros de cunetas laterales de sección triangular de 0.7 x 0.3 m.

El proyecto "Construcción y mejoramiento del camino vecinal Pomacocha Soras, Tramo Pomacocha Rio Chicha, distrito de Pomacocha, provincia de Andahuaylas – Apurímac" tiene una longitud de 12.120 km, para su formulación se inició con el levantamiento topográfico, cuyo resultado es de topografía plana y ondulada, la vía es de tercera clase según el conteo de vehículos, la vía tiene un ancho de plataforma de 6 metros sin considerar bermas y sobre anchos, el proyecto plantea mejorar la transitabilidad para lo cual se llevó a cabo la construcción y mejoramiento de obras de arte en todo su longitud, el diseño geométrico tiene un radio mínimo de 10m para una velocidad directriz de 30 Km/h, el espesor del afirmado fue de 0.15 m. el costo de implementación fue de 2271113.74 soles para un tiempo de duración de 5 meses (MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE POMACUCHA, 2015)

Solier Cabrera (2010) Formuló el proyecto "Construcción de Trocha Carrozable Chiara – Río Chicha-Conexión Chilcayoc-Sucre; del Distrito de Chiara, Provincia de Andahuaylas, Región Apurímac", el Proyecto consta de 11.350 km, los trabajos realizados fueron la construcción de obras de arte (23 alcantarillas tipo A, 02 badenes, cunetas de 11.350 km y 01 pontón) el costo por kilómetro fue de 151148.81 soles el ancho de plataforma fue de 4.5 metros y el IMD de 7 unidades/día.

2.2. Bases teórico

2.2.1. Inventario de infraestructura vial

En un proyecto vial el estudio de las rutas constituye una de las primeras actividades de importancia ya que se determinará la faja de terreno, de ancho variable, que se extiende en toda su longitud por donde la carretera será diseñada (Huamán Peláez y Yataco Saravia, 2014)

El estudio de reconocimiento consiste en la colección de los antecedentes históricos de tal forma que nos pueda proporcionar los datos más óptimos dentro de

las condiciones de seguridad. El estudio de reconocimiento de ruta tiene por finalidad, encontrar el itinerario más adecuado, que sirva para llevar el trazo de una carretera uniendo los puntos de paso obligado o determinantes primarios, como son: poblados, abras, depresiones, etc.; de manera adecuada y armónica tomando en cuenta las características del terreno por el que se desarrollará el proyecto de acuerdo y en correspondencia a las Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras, y sujeta a las bases legales vigentes; es un estudio con carácter de crítica o de opiniones debidamente razonadas (Huamán Peláez y Yataco Saravia, 2014).

Según el MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013) Las tipologías a tomar en cuenta son: la topografía del lugar (longitudes, pendientes y desniveles), la calidad y tipo de suelos, la forma geométrica o desarrollo de la vía (tentativamente), el número de obras de arte a construir, etc. Los tipos de reconocimiento de ruta se clasifican en:

- Reconocimiento por vía terrestre.
- Reconocimiento de ruta mediante el uso de fotos Aéreas.
- Reconocimiento por vía aérea.

2.2.1.1. Reconocimiento por vía terrestre

Benavente (2017) manifiesta que éste método consiste en recorrer el terreno, con la ayuda de los diferentes instrumentos. Por tratarse del mejoramiento de una vía existente fue necesario hacer un reconocimiento integral de la carretera y del terreno adyacente, para lo cual contamos con el apoyo de una movilidad motorizada e instrumentos portátiles, tales como reloj, brújula, altímetro, eclímetro, wincha, prismáticos, cámara fotográfica, GPS, aparatos de comunicación, carta nacional de la zona, libreta topográfica, etc.

En esta etapa no solo se reconoce una línea de terreno, sino toda la faja de la carretera, para luego, en etapas posteriores, ubicar en la vía el eje definitivo del proyecto, además se identifica los puntos de paso obligatorios, calidad de suelos nombre de las zonas por las que atraviesa, el tiempo de desplazamiento, la distancia recorrida, las altura sobre el nivel del mar, etc.

Siguiendo la metodología anteriormente citada, en el proyecto se realizó el reconocimiento encontrando los siguientes datos:

Tabla 1:
Puntos obligados de paso en el tramo I: Nogalpampa - Cotarma en el distrito de Pichirhua

N°	Lugar	Descripción	Km	Característica	
1	Nogalpampa	Inicio de ruta punto obligatorio de paso	00+00	Altitud	2549 msnm
				Tipo de suelo	Suelo arenoso o con mezcla de gravas, arena y arcilla
				Vegetación	Algunos suelos de cultivo
				Pendiente	2.5% a 8.5%
	Cotarma	Final de ruta tramo 1 Punto obligatorio de paso	12+476	Altitud	3156 msnm
				Tipo de suelo	Suelo limo arcilloso con presencia de gravas
				Vegetación	Suelo con cultivos en ambos lados de la carretera
				Pendiente	-4.5% a 4.5%

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 2:
Puntos obligados de paso en el tramo II: Ramal Inupata - Piscaya en el distrito de Pichirhua

N°	Lugar	Descripción	Km	Característica	
1	Ramal Inupata	Punto obligado de paso, encuentro tramo 1, inicio del tramo 2	00+00	Altitud	2628 msnm
				Tipo de suelo	Suelo arenoso o con mezcla de gravas, arena y arcilla
				Vegetación	Suelos de cultivo en ambos lados de la carretera
				Pendiente	2.5% a 9.5%
	Piscaya	Final de ruta tramo 2, punto obligado de pasp	05+263	Altitud	3086 msnm
				Tipo de suelo	Suelo limo arcilloso con presencia de arena y gravas
				Vegetación	Suelo con cultivos en ambos lados de la carretera
				Pendiente	2.0% a 5.5%

FUENTE: Elaboración propia

2.2.1.2. Reconocimiento de ruta mediante el uso de fotos aéreas.

Buzdugan (2014) menciona el trabajo de reconocimiento entre los puntos extremos de una carretera, también se puede realizar a través de fotos, el ancho cubierto por las fotografías suele ser del 60% de las distancias entre los controles principales (puntos homólogos).

La fotografía aérea, está muy correspondida con la delineación y el dibujo. Apuntando casi desde la vertical, se puede realizar la búsqueda y acomodar una imagen que servirá de referencia para realizar el trazo de la vía en estudio. Si se realiza una fotografía aérea desde una avioneta o helicóptero, hay que disparar a 1/500 de segundo o más (Zapata Ocampo, 2003)

Cuando se fotografían desde la avioneta, es necesario realizar la búsqueda de los detalles de la imagen con el fin de realizar la composición con especial atención a los diseños que crean color y formas (Zapata Ocampo, 2003).

Las fotografías proyectadas desde el aire, nos sitúan geográficamente y con frecuencia, nos permiten observar elementos muy familiares de un modo más original.

Se logran hacer desde aviones comerciales, no obstante un aeroplano es mucho más apropiada ya que admite registrar mejor por dónde y a que altura se está volando.

Si se elige un avión comercial, se recomienda instalarse al lado opuesto al sol, y delante de las alas, frente a una ventana limpia. Las mejores imágenes se obtienen durante el despegue, aunque a una mayor altura se pueden observar mayores detalles del paisaje sus características topográficas y el tipo de suelo (SCRIBD, 2018), entre los materiales y equipos se requiere:

- Juego de fotografías aéreas.
- Mapas topográficos o Cartas Nacionales de la zona a escala existente.
- Estereoscopio de espejos.
- Barra de paralaje.
- Planímetro.
- Curvímetro.

- Alcalímetro, Regla de 50 cm. y Juego de escuadras.
- Lápices de grasa.
- Papel transparente y cinta adhesiva.

2.2.1.3. Reconocimiento por vía aérea.

Es el que ofrece mayores ventajas, ya que se puede observar grandes zonas desde la altura que convenga facilitando el estudio; este tipo de reconocimiento se realiza a través de una avioneta, helicóptero, cada uno de ellos con características distintas, por ejemplo utilizando la avioneta que tiene por objeto determinar las rutas que se consideren viables y fijar el área que se debe fotografiar a escala 1: 50,000; mientras que un reconocimiento a través de helicóptero se puede descender en los lugares de interés y acentuar aún más la información obtenida. Al finalizar el recorrido se fotografía la zona a escala 1:25,000 para proyectarlas en el aparato llamado Ball Plex que puede ampliar las fotografías hasta cinco veces mayor dando así una mayor idea de las rutas posibles para elaborar un presupuesto con una aproximación razonable que puede ser factor determinante en la elección de las rutas (Zapata Ocampo, 2003)

2.2.1.4. Selección de reconocimiento de ruta para el proyecto.

Para la selección de ruta para el proyecto se utilizó el tipo de reconocimiento vía terrestre, teniendo en consideración la longitud de la carretera, y como se trata de un Proyecto de Mejoramiento; mediante este método se pudo obtener la información primaria, comenzando desde el sector de Nogalpampa progresiva km 00+000 (punto de inicio), tomando los datos como las coordenadas UTM, la altitud, hora de inicio, fotografías, etc. Continuando, llegando hasta el ramal sector Inupata, que dirige al CCPP de Piscaya, km 00+940, del Tramo I; Nogalpampa – Cotarma con una longitud de 12+470 km, haciendo un total de 4 horas de recorrido mediante la caminata, tomando los datos de la zona y coordinado con las autoridades del CCPP de Cotarma; sobre las actividades de trabajos topográficos, calicatas, canteras, fuentes de agua, las autorizaciones de terrenos para la ampliación geométrica de la carretera, datos importantes para la elaboración del estudio definitivo del proyecto; del mismo modo se realizó para el tramo II; desde el ramal Inupata hasta llegar al CCPP de Piscaya, en la progresiva km 05+263, haciendo un

total de 2.50 horas de recorrido mediante la caminata, tomando los datos de la zona para realizar el presente proyecto.

Tabla 3:
Características actual de la vía tramo I Nogalpampa – Cotarma

CARRETERA	TRAMO I
1. <u>Características de la Vía y Pavimento</u>	<u>Nogalpampa - Cotarma</u>
Longitud (km)	12.476
Tipo de Material de Superficie	Tierra - Sin Afirmado
Ancho promedio de Calzada (m)	3.90
Estado de Conservación	Regular a Malo
Tipo de daño	Encalaminado y baches
Pendiente Longitudinal (%)	8.00% aproximadamente
Bombeo	No
Nº. De canteras	4
Nº de Plazoletas de Paso	0
Señalización	No
2. <u>Obras de Arte.</u>	
. Nº Pontones - y luz (m)	1 – 5.10
Estado de Conservación	malo
. Badenes	1
Estado de Conservación	Badén artesanal de piedra y tierra en malas condiciones.
. Muro seco (h<2m)	2
Estado de Conservación	Malo
3. <u>Drenaje</u>	
. Alcantarillas de piedra y C° con cobertura de madera	18
Estado de Conservación	Malo, algunas están obstruidas y colmatadas
. Alcantarillas de Concreto	3
Estado de Conservación	Regular @ malo, obstruidas
. Cunetas sin revestir	No
Estado de Conservación	-

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 4:
Características actual de la vía tramo II ramal Inupata - Piscaya

CARRETERA	TRAMO II
1. Características de la Vía y Pavimento	Ramal (Inupata) - Piscaya
Longitud (km)	5.263
Tipo de Material de Superficie	Tierra - Sin Afirmado
Ancho promedio de Calzada (m)	3.50
Estado de Conservación	Malo
Tipo de daño	Encalaminado – desgaste de la plataforma y con baches
Pendiente longitudinal (%)	9.50% aproximadamente
Bombeo	No
Nº. De canteras	1
Nº de Plazoletas de Paso	0
Señalización	No
2. Obras de Arte.	
. Nº Pontones - y luz(m)	No
. Estado de Conservación	-
. Badenes	-
. Estado de Conservación	-
. Muro seco (h<2m)	-
. Estado de Conservación	-
3. Drenaje	
. Alcantarillas de piedra	No
. Estado de Conservación	-
. Tajeas	No
. Estado de Conservación	-
. Cunetas sin revestir	No
. Estado de Conservación	-

FUENTE: Elaboración propia

2.2.2. Estado actual de la vía en estudio

La sección actual de la vía varía en todo su recorrido, en cuanto al Tramo I y Tramo II, de 3.20 y 4.80 metros, con una plataforma deformada y compuesta por un lastrado muy pobre con presencia de material gravo – areno – arcilloso y orgánico y alcantarillas de piedra, y algunas de tipo TMC, los cuales se encuentran colapsados y totalmente deteriorados, por lo que es necesario la construcción de nuevas alcantarillas con un material adecuado.

La vía Vecinal (Nogalpampa – Cotarma), tiene una longitud de 12+476 Km., con ancho promedio de 3.80 m., el material predominante es roca descompuesta (50%), Conglomerado(20%), Roca fija (5%), Roca suelta (5%), material suelto

(20%), la sección transversal es accidentada (30% - 70%), las curvas de volteo son angostas las que dificulta el volteo de los camiones de 2E (oscila el radio entre 7 m. – 9 m. como máximo), la pendiente de la sección longitudinal oscila entre 3% y 9%, la vía no cuenta con afirmado y presenta deformaciones y erosiones.

En la trayectoria del tramo I “Nogalpampa – Cotarma”, altura del Km. 0+940 se ubica el ramal, que da inicio al Tramo II “Ramal (Inupata) – Piscaya”, al inicio en su trayectoria existe un par de viviendas a cada lado de la vía en forma desordenada, desde este lugar la vía continua sobre una topografía plana con pendientes altas y se observa a cada lado de la vía terrenos de cultivos en grandes extensiones.

Lo mismo sucede con el Tramo I “Nogalpampa – Cotarma”, que a partir de una quebrada ubicada en la progresiva Km 1+480 inicia una pendiente continúa en ascenso hasta el km 10+400, desde allí comienza la pendiente a descender con una topografía accidentada en el tramo final hasta llegar al Centro Poblado de Cotarma, en km 12+476, en esta parte se observa en ambos lados de la vía viviendas; así como también existe terrenos de cultivo llegando al Centro Poblado de grandes extensiones dado por la topografía de la zona.

El camino vecinal, con código de ruta AP-580 que corresponde al Tramo I, beneficia directamente a las comunidades de Nogalpampa y Cotarna y sus anexos, por tal motivo, luego de la verificación in situ de las condiciones actuales de la vía, se evidenció que ésta no cuenta con un “Afirmado de la plataforma”.

Con relación a las condiciones de las estructuras de concreto construidas como son: alcantarillas, badenes, pontones, etc., este camino vecinal cuenta con alcantarillas de concreto algunas obstruidas, también existe alcantarillas de piedra (tipo pases de agua) en estado no operativo, necesitando únicamente realizar la construcción de obras de arte y drenaje, igual las cunetas longitudinales no existe.

Con relación a los hitos kilométricos no se cuenta con este ítem y finalmente las indicaciones de circulación no existen.

La vía vecinal, con código de ruta R-52, que corresponde al Tramo II, beneficia directamente a la comunidad de Piscaya y sus anexos constituye el único

medio de transporte entre la capital del distrito Pichirhua, de la provincia de Abancay.

También, luego de la verificación in situ de las condiciones actuales de la vía, se evidenció que ésta no cuenta con ningún tipo de “Afirmado de la plataforma”, es más esta vía se encuentra en total deterioro haciendo dificultoso el traslado hacia el centro poblado de Piscaya.

Con relación a las condiciones de las estructuras de concreto construidas como son: cunetas, alcantarillas, badenes, etc., este camino vecinal correspondiente a este tramo no cuenta con ninguna de las obras de arte antes mencionada, solo existe un par de pases de agua de piedra, requiriendo trabajos de construcción de obras de arte y drenaje, igual se deberá construir las cunetas longitudinal en todo el trayecto del camino vecinal; tampoco se cuenta con los hitos kilométricos y las señales de tránsito.

El camino vecinal de la vía actual se ubica sobre una topografía accidentada, con presencia de suelos orgánicos.

En los anexos se adjunta el inventario vial actual de las obras de artes existentes y proyectadas en la carretera, tanto en el Tramo I y Tramo II.

2.2.3. Evaluación vial.

La evaluación vial se realizó después del inventario de la vía de acuerdo a los siguientes criterios:

2.2.3.1. Ancho de calzada, bermas

Según el MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013) *“la calzada es parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma. La calzada se divide en carriles, los que están destinados a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito. El número de carriles de cada calzada se fijará de acuerdo con las previsiones y composición del tráfico, acorde al IMDA de diseño, así como del nivel de servicio deseado. Los carriles de adelantamiento,*

no serán computables para el número de carriles. Los anchos de carril que se usen, serán de 3,00 m, 3,30 m y 3,60 m. Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones: En autopistas: El número mínimo de carriles por calzada será de dos. En carreteras de calzada única: Serán dos carriles por calzada”

Según el MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013), *“berma es la franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias. Cualquiera sea la superficie de acabado de la berma, en general debe mantener el mismo nivel e inclinación (bombeo o peralte) de la superficie de rodadura o calzada, y acorde a la evaluación técnica y económica del proyecto, está constituida por materiales similares a la capa de rodadura de la calzada.*

Las autopistas contarán con bermas interiores y exteriores en cada calzada, siendo las primeras de un ancho inferior. En las carreteras de calzada única, las bermas deben tener anchos iguales.

Adicionalmente, las bermas mejoran las condiciones de funcionamiento del tráfico y su seguridad; por ello, las bermas desempeñan otras funciones en proporción a su ancho tales como protección al pavimento y a sus capas inferiores, detenciones ocasionales, y como zona de seguridad para maniobras de emergencia. La función como zona de seguridad, se refiere a aquellos casos en que un vehículo se salga de la calzada, en cuyo caso dicha zona constituye un margen de seguridad para realizar una maniobra de emergencia que evite un accidente”.

En todo el tramo I de la carretera “Nogalpampa – Cotarma”, el ancho de la calzada fluctúa entre 3.60 m a 4.60 m, habiéndose encontrado anchos de hasta 5.00 m; siendo el ancho promedio de 4.20 m.; en el tramo en estudio no existen bermas.

En todo el tramo II de la carretera “Ramal Inupata – Piscaya”, el ancho de la calzada fluctúa entre 3.20 m a 3.80 m, habiéndose encontrado anchos de hasta 4.00 m; siendo el ancho promedio de 3.60 m.; del mismo modo en el tramo en estudio no existen bermas.

Tabla 5:
Anchos mínimos de calzada en tangente

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera				
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400				
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase				
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Velocidad de diseño: 30 km/h																			6,00	6,00	6,00
40 km/h															6,60	6,60	6,60	6,60	6,00	6,00	6,00
50 km/h											7,20	7,20			7,20	6,60	6,60	6,60	6,60	6,00	
60 km/h			7,20	7,20			7,20	7,20			7,20	7,20	7,20	7,20	6,60	6,60	6,60	6,60			
70 km/h			7,20	7,20			7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,60		6,60				
80 km/h	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20							
90 km/h	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20										
100 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20	7,20											
110 km/h	7,20	7,20			7,20	7,20															
120 km/h	7,20	7,20			7,20	7,20															
130 km/h	7,20	7,20																			

Notas:

- a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
- b) En carreteras de Tercera Clase, excepcionalmente podrán utilizarse calzadas de hasta 5,00 m, con el correspondiente sustento técnico y económico

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

Tabla 6:
Anchos de bermas

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera					
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400					
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase					
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Velocidad de diseño: 30 km/h																				0,90	0,50	0,50
40 km/h															1,20	1,20	1,20	1,20	0,90	0,50	0,50	
50 km/h											2,60	2,60			2,00	1,20	1,20	1,20	0,90	0,90		
60 km/h			3,00	3,00			2,60	2,60			2,60	2,60	2,00	2,00	1,20	1,20	1,20	1,20				
70 km/h			3,00	3,00			3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,20		1,20					
80 km/h	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00								
90 km/h	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00											
100 km/h	3,00	3,00	3,00		3,00	3,00	3,00		3,00	3,00												
110 km/h	3,00	3,00			3,00	3,00																
120 km/h	3,00	3,00			3,00	3,00																
130 km/h	3,00	3,00																				

Notas:

- a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
- b) Los anchos indicados en la tabla son para la berma lateral derecha, para la berma lateral izquierda es de 1,50 m para Autopistas de Primera Clase y 1,20 m para Autopistas de Segunda Clase
- c) Para carreteras de Primera, Segunda y Tercera Clase, en casos excepcionales y con la debida justificación técnica, la Entidad Contratante podrá aprobar anchos de berma menores a los establecidos en la presente tabla, en tales casos, se preverá áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera, destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias, de acuerdo a lo previsto en el [Tópico 304.12](#), debiendo reportar al órgano normativo del MTC.

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

2.2.3.2. Pendientes

Tim Brzezinski (2017) Es el grado de inclinación del terreno, es la relación existente entre la distancia vertical y la distancia horizontal de un determinado terreno:

$$Pendiente = \frac{Distancia\ vertical}{Distancia\ horizontal}$$

Al multiplicar la cantidad obtenida por 100 se expresa la pendiente en "tanto por ciento". También se pueden obtener pendientes negativas, cuya interpretación es gradiente.

En el kilómetro 9+700 del tramo I, se encontró la máxima pendiente de 9.30% en una longitud aproximada de 64.10 m., la pendiente mínima en este tramo fue de -6.74%, en una longitud aproximada de 63.39 m, en el Km. 10+620, por otro lado en el tramo II, la máxima pendiente fue de 11.20% en una longitud aproximada de 64.48 m. en el Kilómetro 02+745, la pendiente mínima en este tramo fue de -7.08%, en una longitud aproximada de 28.84 m en el Kilómetro 02+610.

2.2.3.3. Peraltes, bombeo y sobre ancho:

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013) define como peralte a *“la inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo, a su vez que bombeo es la inclinación transversal mínima en tramos de tangente o en curvas contraperalte y tiene 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”*.

Tabla 7:
Valores de 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 (2013)

El bombeo puede resultar de varias maneras, obedeciendo al tipo de vía y el provecho que se tendrá para evacuar óptimamente las aguas que se indican:

- La llamada dos aguas, cuya pendiente parte del medio de la calzada hacia los bordes.
- Bombeo de una sola agua, uno de los lados de la calzada por encima del otro. Esta salida es una manera de disipar las pendientes transversales mínimas, fundamentalmente en distancias con tangente de poco desarrollo entre curvas del mismo sentido.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013) define el Sobreebancho como el ancho añadido al plano de rodadura de la carretera, en los lugares de curva para satisfacer el mayor espacio solicitado por los vehículos. El objetivo de los sobreebanchos en una calzada, es por la longitud de trayectoria de los vehículos que tienen la dificultad de mantener el vehículo dentro del carril en las curvas.

El mal estado de la carretera, sobre todo en cuanto al Tramo II “ramal Inupata -Piscaya”, hace que no se dividan estos elementos, ya que a consecuencia de las lluvias la carretera ha sido totalmente erosionada por la falta de mantenimiento oportuno, lo mismo sucede en el Tramo I “Nogalpampa - Cotarma”, pero solo en algunas partes del tramo, ya que anteriormente se hizo el mantenimiento manual y mecánico de dicho tramo.

2.2.3.4. Curvas horizontales, longitud y radios

En la vía, tanto del tramo I como del tramo II, actualmente se presentan radios de 6.00 m, teniendo que considerar ampliaciones de curva con radio mínimo de 15.00 m, algunas curvas a lo largo del tramo no poseen sobre-anchos ni tienen peralte.

2.2.3.5. Deslizamientos

En el Tramo I “Nogalpampa – Cotarma”, desde el Km. 01+210 hasta el Km. 01+260 que se dirige al centro poblado de Cotarma, el terreno presenta derrumbe localizado en el talud superior debido a la concentración de escorrentía superficial,

igual desde el km 05+600 al km 05+700, zona donde existe roca fracturada en una altura de 10 m, donde se ve deslizamientos por problema de escorrentía superficial y talud inadecuado, igualmente en el km 07+775 al km 07+925, zona de deslizamiento por presencia de aguas subterráneas en época de avenidas. En adelante hasta el punto final de la carretera podemos decir que el tramo en su totalidad carece de deslizamientos.

En el Tramo II “ramal Inupata – Piscaya”, desde el Km. 02+210 hasta el Km. 03+350 que se dirige al Centro Poblado de Piscaya, el terreno presenta deslizamiento localizado en el talud debido a la concentración de escorrentía superficial, y el desglose de material y roca suelta, igual desde el km 03+680 al km 03+800, zona de vía angosta por existir roca fracturada en una altura de 15 m, donde se ve deslizamientos por problema de escorrentía superficial y talud inadecuado.

2.2.4. Evaluación geotécnica general del tramo de estudio.

La vía tanto en los Tramos I y II, pasa por diferentes tipos de terreno como limo areno-arcilloso, con presencia de gravas, arena limosa y arcilla. La superficie presenta una gran cantidad de baches producto de la presencia vehicular, así como de la falta de mantenimiento y la baja calidad de los agregados que se han utilizado para efectuar el afirmado de la superficie de rodadura y este problema es más crítico con la presencia de precipitaciones pluviales.

Los estudios geotécnicos es necesario realizar para determinar las características Físico – Químico y el comportamiento de los suelos y de esta manera plantear y diseñar las obras de arte y contar con una infraestructura vial transitable en cualquier época del año.

Taludes

“El talud es la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes. Dicha inclinación es la tangente del ángulo formado por el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal. Los taludes para las secciones en corte, variarán de acuerdo a las características geomecánicas del terreno; su altura,

inclinación y otros detalles de diseño o tratamiento, se determinarán en función al estudio de mecánica de suelos o geológicos correspondientes, condiciones de drenaje superficial y subterráneo, según sea el caso, con la finalidad de determinar las condiciones de su estabilidad, aspecto que debe contemplarse en forma prioritaria durante el diseño del proyecto, especialmente en las zonas que presenten fallas geológicas o materiales inestables, para optar por la solución más conveniente, entre diversas alternativas” (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2013)

En la zona de estudio los taludes de esta vía y en las zonas de corte son consolidados, pero cabe mencionar que no es necesario algún tipo de protección, en algunos sectores de la vía se presentan taludes inclinados por la topografía, por tanto existe presencia de deslizamientos en la actual vía, pero en poca magnitud.

La forma de corte de los taludes será especificado en el estudio geotécnico del presente informe de investigación.

a) Tramo I: Nogalpampa - Cotarma

Km. 00+000 al Km. 5 + 250: De acuerdo al grado de condiciones ingeniero – geológicos, a este tramo se puede considera como tramo regular, el tramo está conformada por depósitos de la formación ferrobamba compuesto principalmente de calizas fracturadas y con una pequeña inclinación de los estratos a favor de la pendiente.

Km. 5+250 al Km. 7+200: Existen tramos intermedios de poca longitud conformado por material de cobertura compuesto de arcillas y limo – arcillosa que son considerados como tramo malo regular los que requieren un tratamiento adecuado.

Km. 7+250 al Km. 12+470: El tercer tramo pertenece a depósitos correspondiente a la formación de las capas rojas compuesto de areniscas de grano fino a medio y medianamente fracturado y material de cobertura y se puede considerar un tramo con condiciones geológicas de regular.

Tabla 8:
Evaluación geotécnica general, Tramo I: Nogalpampa – Cotarma.

Progresiva km	Tipo de suelo	Descripción de la rasante actual
0+000 @ 2+000	Gravo areno limoso	Baches y afloraciones de rocas
2+000 @ 4+000	Arena arcillosa	Baches y erosión en la plataforma
4+000 @ 7+000	Arena limo-arcillosa	Encalaminado, baches
7+000 @ 10+000	Gravo limo-arcillosa	Erosión en la plataforma de la vía
10+000 @ 12+450	Gravas areno-arcillosa	Algunos baches

FUENTE: Elaboración propia

b) Tramo II: Ramal Inupata - Piscaya

Km. 00+00 al Km. 1+500: De acuerdo al grado de condiciones geológicas, a este tramo se puede considerar como un tramo regulara. El tramo está conformada por material gravo – arenoso – arcilloso, compuesto de material fragmentario generalmente se encuentran depositados en los taludes de los cerros, se considera material estables en los que en su mayor parte son utilizados para las labores agrícolas y el pastoreo por los habitantes de la zona y se puede considerar como tramo con condiciones estables.

Km. 1+500 al Km. 3+500: En esta parte del Tramo II, está conformado claramente por material gravo – arenoso compuesto principalmente de calizas fracturadas, compuesto de material fragmentario acuerdo al grado de condiciones ingeniero – geológicos, a este tramo se puede considerar como tramo malo, debido al mal estado de la vía.

Km. 3+500 al Km. 5+260: El tramo referido está conformada por depósitos de la formación ferrobamba compuesto principalmente de calizas fracturadas y con una pequeña inclinación de los estratos a favor de la pendiente, compuesto de material fragmentario.

Tabla 9:
Evaluación geotécnica general, tramo II: ramal Inupata - Piscaya

Progresiva km	Tipo de suelo	Descripcion de la rasante actual
0+000 @ 2+000	Areno arcilloso	Algunos baches
2+000 @ 4+000	Gravo areno limoso	Baches y afloraciones de rocas
4+000 @ 5+250	Gravo limo-arcillosa	Encalaminado, baches

FUENTE: Elaboración propia.

2.2.5. Evaluación de obras de arte.

Para una mejor comprensión de los criterios de clasificación de las obras de arte se dan a continuación algunas definiciones y posteriormente se hace el inventario respectivo:

a) Alcantarilla

Es una obra de arte con luz menor a 6.0 m tiene la función eliminar el caudal superficial de cursos de agua provenientes de la unidad hidrográfica que llegan a la carretera, la cantidad de alcantarillas determina directamente los costos de inversión y mantenimiento de un proyecto vial, por ello, es importante considerar la apropiada elección de su ubicación, alineamiento y pendiente, a fin de garantizar el paso libre del caudal que llega a la carretera, sin que afecte su estabilidad.

El sitio de diseño adecuado de las alcantarillas tiene relación directa con su alineamiento y pendiente, a su vez que debe ser proyectada de acuerdo con el alineamiento y pendiente del cauce natural. Además, se debe tener en cuenta que la disminución o el aumento de la pendiente determina la velocidad del caudal e incide en el desplazamiento de materiales en suspensión y arrastre, (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2008)

En el Tramo I Nogalpampa – Cotarma, se encuentra las alcantarillas de material piedra y concreto con cobertura de madera de forma rectangular, así como las alcantarillas de concreto, algunas de ellas en deficiente estado de conservación.



Figura 1:
Alcantarilla ubicada en la Progresiva Km 1+525, se encuentra obstruida, tiene una longitud de 4.50 m, cuya sección de entrada y salida es de 0.50x0.50, y condición estructural está en malas condiciones, por tanto necesita ser reemplazado.

b) Badén

Los Badenes, son estructuras que se construyen de concreto o emboquillado de piedra sobre el lugar donde intercepta el camino, con paso a la misma altura y cuyos caudales de agua son estacionales tienen el objetivo de dar paso al agua y a los vehículos ya que se trata de plataformas a nivel de carretera, (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2008).

En el Km. 05+138 existe un badén en 30% de piedra y 70% en tierra que permite dar pase a los flujos de material sólido y caudal líquido producto de las aguas de la quebrada donde se emplaza el badén (en época de avenida) de la cuneta aguas arriba del badén.

La quebrada donde se emplaza dicho badén, se caracteriza por ser una quebrada seca, solo se aprecia indicios huellas de arrastre de material producto de las aguas pluviales de las épocas de avenida.



Figura 2:
Badén de la progresiva Km. 05+138, con 30% de piedra y 70% en tierra, permite dar pase a los flujos de material sólido y caudal líquido, dicho badén se encuentra colapsada, por tanto necesita ser remplazada por un badén de Concreto ciclópeo.

c) Cunetas

Las cunetas son zanjas revestidas con mezcla de cemento y material, dispuesta en paralelo a las bermas. Su magnitud tiene relación directa con los cálculos hidráulicos, considerando la intensidad de la lluvia, la naturaleza del terreno, la pendiente y el área que drenan.

Las cunetas diseñadas en tierra deben asegurar que el agua no las erosione, el cual depende del tipo de suelo de la sub-rasante, de la pendiente de la vía y de la intensidad de la lluvia en la zona, (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2008)

En algunas partes del tramo I, se ha observado cunetas laterales, que se encuentran en mal estado no cumplen la función de evacuar y drenar las aguas superficiales hacia las alcantarillas existentes en el tramo, lo que no sucede en el tramo II, que no existe ni cunetas para transportar las aguas superficiales.



Figura 3:
Cuneta de tierra en la progresiva 10+000 se encuentran obstruidas, y en algunas partes de la carretera del tramo no existen cunetas longitudinales necesarias para evacuar las aguas pluviales.

d) Pontón

Un puente es una estructura destinada a salvar obstáculos naturales, como ríos, valles, lagos y dificultades compuestas, como vías férreas o carreteras, con el fin de unir vías de caminantes, animales y mercancías (Silvera Ludeña, 2012)

La construcción de un puente está constituida por los estribos, los apoyos centrales y los cimientos, que forman la base de ambos. La superestructura consiste en el tablero o parte que soporta directamente las cargas y las armaduras, constituidas por vigas, o cables, y arcos que transmiten las cargas del tablero a los apoyos y los estribos, (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2008)

A lo largo del tramo en estudio, se ha ubicado una quebrada de mediana magnitud, la cual es actualmente salvada por la vía, mediante estructuras tipo Pontón de las dimensiones que se indica:

Pontón – Km 0+794

Luz promedio : 5.10 m

Altura promedio : 1.70 m

Superestructura : Tipo losa de concreto armado.

Subestructura : Compuesta por estribos de concreto ciclópeo.



Figura 4:
Pontón en estructura de malas condiciones, debiendo ser reemplazada por un puente carrozable nuevo acorde a las condiciones de tránsito (ligero y pesado).

e) Muro seco

Estructura de material piedra y tierra. Un muro de piedra “seca” representa un muro sin argamasa para sostener las piedras juntas. Debido a que las piedras se pueden levantar individualmente, no tiene requerimiento para tener cimientos debajo de la altura de helada. Aun así, la edificación con piedra pide una responsabilidad importante de tiempo y esfuerzo, (Huamán Peláez y Yataco Saravia, 2014)

En el trayecto de la vía se ha podido observar muros de piedra en dos tramos de la carretera, que estructuralmente se encuentran en estado malo, las que requieren de un cambio por un muro de contención de concreto ciclópeo, ubicados en partes más angostas de la vía, en la Progresiva Km 00+500 y Km 02+280.



Figura 5:
Muro de piedra que no garantiza la estabilidad al peso de los vehículos pesados, se propone realizar un Muro de Concreto ciclópeo, según diseño.

2.2.6. Características topográficas de la vía.

2.2.6.1. Levantamiento topográfico

Mendoza Dueñas (2012) manifiesta, es el conjunto de operación y métodos establecidos para representar gráficamente en un plano una porción de tierra, ubicando la posición de sus puntos naturales y/o artificiales más importantes.

Para el proyecto se ha efectuado previamente el reconocimiento del terreno, se procedió a determinar la topografía de la faja de terreno con el objetivo de obtener los datos de campo para elaborar los planos topográficos que representan el relieve del terreno, después se realizó el trazo inicial tomando en consideración los parámetros y valores permisibles indicados en las Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras del MTC, el MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013) recomienda en carreteras, los distintos órdenes de control estarán en función de:

- Importancia de la vía (categoría de la vía).
- Extensión del área por levantar.
- Escala del plano que se desea dibujar.

La elección del orden de control, da lugar a la metodología a usar para el levantamiento topográfico y el instrumento a utilizar.

2.2.6.2. Órdenes de control topográfico

Según Mendoza Dueñas (2012) para un control adecuado de la planimetría y altimetría de un levantamiento topográfico se tiene órdenes de precisión para poligonales y tenemos las siguientes:

Primer orden. Se utiliza para levantamientos de gran precisión especialmente aquellos que justifiquen los estudios geodésicos. El error angular permisible debe ser de $5''n$, donde n es el número de lados, y el error lineal de cierre o error relativo no debe exceder de $1/10\ 000$.

Segundo orden. Precisión suficiente en gran parte para trabajos de planos de población, levantamiento de líneas jurisdiccionales y comprobación de planos topográficos de gran extensión; los ángulos deben ser leídos con una precisión de $15''$; el error angular de cierre es de $15''n$ y el error relativo no debe exceder de $1/5\ 000$.

Tercer orden. Precisión suficiente para la mayor parte de los levantamientos topográficos y para el trazado de carreteras, vías férreas etc, casi todas las poligonales con teodolito están comprendidos en este caso. Los ángulos se leen con apreciación a los $30''$. El error angular de cierre no debe pasar de $30''n$ y el error relativo de $1/3\ 000$.

Cuarto orden. Utilizado en redes de apoyo y levantamientos a escala corriente. Los ángulos obtenidos con el teodolito deben ser con precisión al minuto. El error angular de cierre no debe exceder de $1'n$ y el error relativo de $1/1000$

2.2.6.3. Red altimétrica

Según Mendoza Dueñas (2012) para el control altimétrico se tiene los siguientes grados de precisión dependiendo de la categoría de la vía y tipo de obra.

Nivelación de primer orden. Es de alta precisión, se utilizan miras de doble graduación las lecturas son hasta los milímetros, muy usado para la ubicación de los

BM oficial. Se utiliza en la nivelación definitiva de canales, urbanizaciones, agua potable, desagües etc. Los equipos deben tener aumento de gran poder separador, nivel tubular de gran sensibilidad. Su tolerancia esta adoptada para un trecho de ida y vuelta.

$$E_{perm.} = 0.01\sqrt{k}$$

Donde:

E_{perm} : Error permisible en metros

K = Longitud horizontal en kilómetros

Nivelación de segundo orden. Es de mediana precisión u ordinaria, las miras se gradúan en cm con lectura que se aprecia al medio centímetro, también se observan los milímetros con vistas atrás y vista adelante balanceadas, se utilizan en en la nivelación de carreteras, pista veredas, en ferrocarriles en general en todo trabajo de construcción. Su precisión depende del equipo utilizado, la tolerancia en la nivelación de un trecho de ida y vuelta es:

$$E_{perm.} = 0.02 \sqrt{k}$$

Nivelación de tercer orden. Es de baja precisión, con miras reguladas en doble centímetro, con vista atrás y vista adelante no balanceado; visual hasta de 250 m antejo de buen acrecentamiento, se utiliza para levantamientos preliminares, para localizar altimetría de una zona, para trabajos de reconocimiento y de usos militares. El instrumento es de gran aumento y su tolerancia acogida a una nivelación de ida y vuelta es:

$$E_{perm.} = 0.10 \sqrt{k}$$

En el proyecto se utilizó el método de poligonales abiertas que es una sucesión de líneas sigüentes cuyas distancias y direcciones se determinaron en concordancia a la precisión de la carretera, de acuerdo a las sigüentes variables:

Clase de vía: Tercera categoría.

Extensión: 17.739 Km.

Escala del plano: plano topográfico a 1/2000.

La topografía del terreno: ondulada.

Mendoza Dueñas (2012) manifiesta que en la poligonal abierta deben repetirse las medidas para evitar las equivocaciones, por tanto, nuestro tipo de levantamiento fue con un buen control horizontal y vertical; correspondiente al tipo de levantamiento Tercer Orden y se realizó utilizando instrumentos electrónicos, las precisiones llegaron a valores muy altos, que superan largamente la precisión exigida para carreteras de categoría superior del primer orden, como es 1/25000

En los trabajos de campo se ha utilizado los siguientes instrumentos y materiales:

- 01 Estación Total Electrónica Modelo LEICA TC-300
- 02 bastones con sus respectivos prismas,
- 01 GPS GARMIN 12
- Winchas de 50 m.
- Wincha Metálica de 5 m.
- 02 Radio transmisores.
- 01 Cámara fotográfica.
- Jalones, libretas de campo, estacas, clavos y pintura.

Se eligió éste instrumento por:

- Menor tiempo de trabajo en campo.
- Precisión en el levantamiento topográfico.
- Corrección de errores automática.
- Procesamiento de datos en gabinete instantáneo.
- Reducción de los costos en el proceso de levantamiento topográfico.

2.2.6.4. Perfil longitudinal

Representa una línea quebrada producto de la intersección entre la superficie topográfica y el plano vertical contenida en el eje de dicha planta, es utilizado para simbolizar el relieve del terreno en toda la distancia del eje longitudinal. El perfil longitudinal se establece a través de la nivelación de un conjunto de puntos en coordenadas a corta distancia entre sí y a lo largo de un alineamiento antes determinado. Los perfiles longitudinales se usan en el trazo de ejes de caminos, carreteras, de ferrocarriles, de instalaciones de alcantarillado, etc. (Mendoza Dueñas, 2012)

El trazo en perfil es un problema mucho más delicado que el trazo en planta, siendo este de vital importancia para la ejecución del proyecto, estas pendientes se deben realizar con criterios técnicos y prácticos de manera que exista una buena compensación en el movimiento de tierras, ya que repercutirá en el aspecto económico y posteriormente en la materialización del proyecto. La rasante para el proyecto se ha planteado teniendo en cuenta la compensación longitudinal y transversal del movimiento de tierras. La longitud, las pendientes máximas y mínimas del proyecto están dentro de los límites estipulados por las NPDC-MTC y el Manual de Diseño de carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito, aprobado mediante la resolución Ministerial N° 303-2008-MTC/02 del 04 de Abril del 2008.

2.2.6.5. Secciones transversales

Según Gonzalo Jimenez (2007) Una sección transversal es una sección vertical (corte vertical) tomado perpendicularmente a una línea de perfil. En cada sección se debe mostrar la configuración del terreno y la posición con respecto a este del proyecto que se quiere representar. Elaborar una sección es semejante a dibujar un perfil, también se hace a dos escalas.

Para el proyecto con el objetivo de saber la cantidad de movimiento de tierras, se halló secciones perpendiculares al eje a distancias de 20 m. en tangentes y 10 m. en curvas, igualmente se determinó secciones en puntos importantes de la curva como PC, PT, y en las ubicaciones de las alcantarillas, para lo cual se utilizó el software Civil 3d previa configuración y edición de la plantilla de diseño.

2.2.7. Comportamiento del tráfico vehicular en la vía

2.2.7.1. Índice medio diario

Según el MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013) *“representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica. 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”*.

La vía se plantea para un volumen de tránsito, cuya demanda diaria promedio servirá para el diseño durante el horizonte de vida útil del proyecto, se determina como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía y se incrementa con una tasa de crecimiento anual (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2013).

Para diseñar una carretera es necesario predecir el número de vehículos para un período de diseño; parámetro que nos servirá en lo posterior poder determinar la clasificación de la vía, así como nos definirá sus características geométricas.

La información sobre el tráfico inicial puede obtenerse mediante medidas directas en el campo, datos estadísticos o medidas en alguna carretera con características de tránsito parecidas a la del proyecto.

Los cálculos para pronosticar el tránsito futuro, dan la pauta sobre la cual se pueden elaborar proyectos económicamente seguros, así como proporcionar la base para proyectos que satisfagan las demandas del tránsito, a continuación se definen los términos de acuerdo con el MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

Volumen de tránsito futuro (TF). Los volúmenes de tránsito futuro (TF), se derivan del tránsito actual (TA) y el incremento de tránsito (IT) esperado al final del período.

$$TF = TA + IT$$

Tránsito actual (TA). Es el volumen de tránsito que usará la carretera en el momento de entrar en servicio. En el mejoramiento de una carretera existente, el tránsito actual se dispone del tránsito existente (Te) antes de la mejora, más el tránsito atraído (Td) a ella de otras carreteras; mientras que para el caso de carreteras nuevas el tránsito actual viene a ser el tránsito atraído (Td).

Transito existente (Te).- Es el tráfico que existe en un determinado tramo de la carretera. Sirve para el mejoramiento de vías y se determina mediante aforos.

Transito atraído (Td).- Comprende viajes que tienen los mismos orígenes y destinos, tanto antes como después de la inauguración de la nueva carretera y que se desvía por la nueva obra.

Para su estimación se debe tener en conocimiento completo de las condiciones locales, de los orígenes y destinos vehiculares y del grado de atracción de todas las vialidades comprendidas. A su vez este tránsito depende de la capacidad y de los volúmenes de las carreteras existentes, así por ejemplo, si están saturadas o congestionadas, la atracción será más grande.

Incremento de tránsito (IT). Está en función del crecimiento normal de tránsito (CNT), tránsito generado (TG) y el tránsito desarrollado (TD).

$$IT = CNT + TG + TD$$

Crecimiento Normal de Tránsito (CNT). Es el incremento del volumen de tránsito debido al aumento normal en el uso de los vehículos; es decir en el crecimiento del parque automotor de la región, pudiendo adoptarse los indicadores de tasa de crecimiento anual del tráfico de la región.

Tránsito Generado (TG). Dentro de los primeros años que siguen a la terminación de una nueva vía, aparece en ella el tránsito que no se hubiera producido si no se hubiese construido la nueva obra.

Tránsito Desarrollado (TD). Es el aumento del volumen de tránsito debido a las mejoras en el suelo adyacente a la carretera. A diferencia del tránsito generado, el tránsito desarrollado continua actuando por muchos años después de que la nueva carretera ha sido puesta al servicio.

Para determinar la demanda del transporte en la carretera en estudio se realizó primero un recorrido a todo lo largo de los dos tramos desde el Km. 0+000 hasta el Km. 17+739 para determinar la ubicación de la estación de conteo y clasificación del tráfico y ver el punto de estación, en este caso se ubicó la primera estación en el primer tramo entre los Centros Poblados de Nogalpampa y Cotarma a 01+220 km. Desde el inicio de la carretera, se ubicó la segunda estación entre el Ramal y el Centro Poblado de Piscaya a 00+340 km., completando así dos estaciones para los tramos en estudio.

El método utilizado para el estudio de tráfico fue la aplicación de conteos de tráfico y clasificación vehicular en dos estaciones (E1, E2). Los conteos se realizaron durante 7 días en las 24 horas.

a) Tramo Nogalpampa – Cotarma, estación (E1)

La ubicación de esta estación fue en el departamento de Apurímac, provincia de Abancay, distrito de Pichirhua en la comunidad de Nogalpampa y Cotarma. El conteo se realizó desde las 00:00 horas del 08 de Febrero del 2016, hasta las 24:00 horas del 14 de Febrero del 2016. Las Averiguaciones Origen Destino y los Censos de Carga se realizaron el 16, 17 y 18 de Febrero del 2016 desde las 06:00 horas hasta las 18:00 horas. Los estudios se realizaron sin ningún tipo de percance.

b) Tramo Ramal Inupata – Piscaya, estación (E2)

El punto de ubicación de esta estación fue en el departamento de Apurímac, provincia de Abancay, distrito de Pichirhua en la comunidad de Piscaya. El conteo

se realizó desde las 00:00 horas del 08 de Febrero del 2015, hasta las 24:00 horas del 14 de Febrero del 2016. Los estudios se realizaron sin ningún tipo de percance.

Para el conteo y clasificación vehicular se utilizaron formatos de campo establecidos por la Oficina de Planificación y Presupuesto de Ministerio de Transporte y Comunicaciones, los cuales contienen la siguiente información: Tramo, estación, ubicación de estación, fecha, sentido, hora, sentido de circulación, tipo de vehículo (autos, Station Wagon, Pick up, Camioneta rural, Camión y Combi) y el formato de encuesta de origen y destino de pasajeros y censo de carga contiene la siguiente información: Tramo, estación, ubicación de la estación, fecha, sentido, hora, sentido de circulación, tipo de Vehículo (Auto Station Wagón, Camioneta Pick Up, Camioneta Rural, Microbús: 2E. 3E, 4E 2S2, 2S3, 3S2. 3S3), combustible, número de asientos y pasajeros, origen y destino y motivo de viaje)

2.2.7.2. Variación horaria

Según el MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013) es el patrón de tráfico en cualquier carretera que muestra una variación considerable durante las distintas horas del día y de cada hora durante todo el año.

La mayor variación horaria en el estudio fue entre las 6:00 am a 8:00 am y 13:00 pm a 17:00 pm, presentando el volumen más bajo entre 0:00 horas a 5:00 am y de 20:00 pm a 24:00 pm.

2.2.7.3. Variación diaria

Según el MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013) es el patrón de tráfico en una carretera que establece una variación diaria y se calcula como la demanda diaria promedio hasta el final del período de diseño en número de vehículos promedio, que utilizan la carretera actualmente y se incrementa con una tasa de crecimiento anual.

El mayor volumen de tráfico por día en el proyecto se presenta los días domingos con 28 vehículos de los cuales el 14% corresponde a vehículos pesados y el 86% corresponde a vehículos ligeros. El día de menor volumen de tráfico son los días viernes.

2.2.7.4. Variación estacional

Cuando no hay información estadística del comportamiento horario actual de una ruta existente o para estimar el VHD, de una nueva, se puede utilizar la relación:

$$\text{VHD}_{\text{año}i} = 0.12 \sim 0.18 \text{ IMDA}_{\text{año}i}$$

Coefficientes de 0.12 pertenecen a vías de tránsito mixto con variaciones estacionales moderadas.

Coefficientes de 0.18 se relacionan a vías con variaciones estacionales marcadas, de tipo turístico.

Mientras no se presagie un cambio significativo en las cantidades en que participan los diferentes elementos de tránsito (industrial, agrícola, minero, turístico, etc.), la relación entre el VHD y el IMDA se mantendrá razonablemente constante (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2013).

Para el asunto del factor de corrección estacional se tomó de los años anteriores correspondientes a la estación de peaje más cercana a la zona (peaje de Casinchihua y Pampa Galera, Año 2010).

2.2.7.5. Velocidad de diseño

Según el MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013) *“es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la 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”*.

En la determinación de la Velocidad de Diseño, se debe dar la máxima prioridad a la seguridad vial de los beneficiarios. Por eso, la velocidad de diseño, debe ser aquel que los choferes no sean sorprendidos por cambios inesperados en el recorrido.

En la topografía cuyos tramos son homogéneos se les debe asignar una misma velocidad, la cual es llamada Velocidad de Diseño del tramo homogéneo, lo

cual es determinante para la concepción de las características de los elementos geométricos, incluidos en dicho tramo. Para identificar los tramos homogéneos y determinar su Velocidad de Diseño, se debe seguir los siguientes criterios:

1) La distancia mínima de un tramo de carretera, con una velocidad de diseño establecido, debe ser de 3 km, para velocidades entre 20 y 50 km/h, y de 4 km para velocidades entre 60 y 120 km/h.

2) La diferencia de la Velocidad de Diseño entre tramos adyacentes, no debe ser mayor a 20 km/h

La Velocidad de Diseño está delimitada en función de la clasificación por demanda u orografía de la carretera a diseñarse. A cada tramo homogéneo se le puede asignar la Velocidad de Diseño en el rango que se indica en la siguiente tabla

Tabla 10:
Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

CLASIFICACION	OROGRAFIA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)											
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
Autopista de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Autopista de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de tercera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

2.2.7.6. Carga máxima de diseño

Huamán Peláez y Yataco Saravia (2014) manifiestan para determinar el efecto destructor de las cargas transferidas al pavimento por los vehículos pesados

que transitan por la vía, se valoran los datos de las indagaciones hechas en cada estación. Los países que han llevado estudios experimentales sobre el efecto destructivo de las diferentes cargas, han obtenido funciones exponenciales crecientes de 3.5 a 4.5 entre la carga real y la del eje de referencia adoptado. Estos estudios, son antecedentes para establecer factores de equivalencia de carga, tanto para eje simple como tándem, que ayudan a valorar el gran efecto destructivo de los vehículos más pesados, los coeficientes de equivalencia dependen fundamentalmente del criterio para la evaluación del daño (deformaciones sobre subrasante, servicialidad, etc.) del tipo de eje considerado (simple, doble o tándem, triple) y en menor grado, de las características de la vía.

2.2.8. Características geotécnicas de la carretera.

2.2.8.1. Granulometría

Es la distribución por tamaños de partículas de un suelo determinando la curva granulométrica por tamizado en columna de tamices de la serie normalizada. Los tamices acoplados van disminuyendo sus aberturas de arriba abajo. La muestra se deposita en el tamiz superior y se somete el conjunto de tamices a la acción de un agitador mecánico o manual (Bowles, 1980).

ASTM International (2007) menciona *“el tamaño de partícula del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre aberturas cuadradas. Los siete tamices estándar ASTM C 33 para agregado fino tiene aberturas que varían desde la malla No. 100 (150 micras) hasta 9.52 mm. Los números de tamaño (tamaños de granulometría), para el agregado grueso se aplican a las cantidades de agregado (en peso), en porcentajes que pasan a través de un arreglo de mallas”*.

Márquez (2006), da a conocer los tamaños de la serie de tamices estándar ASTM de acuerdo a la siguiente tabla

Tabla 11:
Tamaños de la serie de tamices estándar ASTM

Malla N°	Abertura (mm)
4	4.75
6	3.35
8	2.36
10	2.00
16	1.18
20	0.85
30	0.60
40	0.43
50	0.30
60	0.25
80	0.18
100	0.15
140	0.11
170	0.09
200	0.08
270	0.05

FUENTE: Márquez (2006)

Por su parte Nuñez Huamán (2015) manifiesta que la curva granulométrica se utiliza para saber las aberturas por las que pasa el 10, 30 y 60% de suelo, el estudio granulométrico es una prueba de caracterización de índices que expresan cuantitativamente las propiedades mecánicas de un suelo, los parámetros más importantes son:

a) El diámetro eficaz (D10): Abertura del tamiz por la que pasa el 10% de partículas del suelo. Juega un importante papel en el valor de la conductividad hidráulica del suelo.

b) Coeficiente de uniformidad: Determina la uniformidad del suelo. Un suelo con $Cu \leq 2$ se considera uniforme, mientras que un valor de $Cu \geq 10$ indica que se trata de un suelo de una granulometría muy diversa.

Siendo D60 la luz del tamiz por la que pasa el 60 % de partículas del suelo.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

c) Coeficiente de concavidad: Proporciona información sobre si el suelo está bien o mal graduado. Un suelo bien graduado tiene proporciones equilibradas de arena, limo y arcilla. Si hay tamaños de partícula no presentes estará mal graduado.

Un valor cercano a uno indica que el suelo está bien graduado, mientras que valores mucho menores o muchos mayores indican suelos con una granulometría muy diversa. En general los suelos bien graduados se compactan mejor y pueden adquirir permeabilidad y deformabilidad más bajas.

Siendo D₃₀ la luz del tamiz por la que pasa el 30 % de partículas del suelo.

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

2.2.8.2. Límites de consistencia

Mantilla (2001). Los límites de Atterberg o límites de consistencia son utilizados para determinar el comportamiento de los suelos finos.

El objetivo fundamental de la determinación de los límites de plasticidad, específicamente la determinación del límite líquido y límite plástico es que posibilitan en forma correcta la clasificación de los suelos analizados, sin embargo, para quienes tienen alguna experiencia en la práctica de la mecánica de suelos, los valores de los límites son correspondientemente indicativos de alta o baja compresibilidad para poder correlacionar con otras propiedades técnicas como la permeabilidad y la resistencia al corte y aplastamiento (Pérez Tusa, 2015)

Estos ensayos permiten conocer el grado de atracción de las partículas de un suelo y su firmeza a fuerzas externas que tiene a deformar la estructura. Los límites de consistencia de un suelo son referidos a la cantidad de agua contenido en la muestra y su consistencia.

a) Límite líquido (LL)

El límite líquido se determina con el ensayo de la cuchara de Casagrande. *“En el fondo de una cuchara mecánica se pone una porción de suelo amasado con una cierta cantidad de agua, formando un casquete esférico que se divide en dos partes iguales, con un acanalador normalizado, formando un surco. Se agita la cuchara a razón de dos golpes por segundo, hasta que los bordes del surco en el fondo de la cuchara se unan, y se cuenta el número de golpes para cada diferente*

porcentaje de humedad. El porcentaje de humedad que corresponde a 25 golpes, es el Límite Líquido” (Nuñez Huamán, 2015)

Los valores corrientes son: para arcillas 40 a 60%, para limos 25 a 50%; en arenas no se obtienen resultados (MTC E 110 - 2000, 2000)

b) Límite plástico (LP)

Se define como la capacidad que tiene un suelo de ser deformado sin agrietarse, ni producir rebote elástico, los suelos arcillosos en condiciones húmedas son plásticos y se vuelven muy duros en condiciones secas, los limos no son necesariamente plásticos y se vuelven menos duros con el secado, y que las arenas son desmenuzables en condiciones sueltas y secas. Es el menor contenido de humedad para el cual el suelo se deja moldear, sin agrietarse el suelo, no hay LP, los valores típicos entre limos y arcillas se encuentran entre 5 y 30%. En arenas la prueba no es posible (Mantilla, 2001)

El Límite Plástico pertenece a la menor humedad de un suelo que permite realizar con él pequeños cilindros de 3 mm de diámetro, si los cilindros se rompen con un diámetro superior a 3 mm, la humedad es inferior al LP y si se rompen con un diámetro inferior, la humedad del suelo supera al LP (Nuñez Huamán, 2015).

c) Índice de plasticidad (IP)

Es la diferencia en porcentaje, que hay entre el límite líquido y el límite plástico del suelo.

$$\mathbf{IP = LL - LP}$$

Excepciones.- Se indicará la diferencia calculada de acuerdo al párrafo anterior, como el Índice Plástico, excepto en los siguientes casos:

- Cuando el LL ó LP no pueden ser determinados, infórmese el Índice plástico Ip como no plástico (NP).

- Cuando el suelo es muy arenoso, el LP deberá determinarse antes del LL. Si el LP no puede ser determinado, indíquese el Ip como Np.

- Cuando el LP es igual o mayor que el LL, indíquese el Ip como Np. (Mantilla, 2001)

2.2.8.3. Compactación (Proctor modificado)

Se entiende por compactación todo proceso que aumenta el peso volumétrico de un material granular. En general, es conveniente un suelo para incrementar su resistencia al esfuerzo cortante, reducir su compresibilidad y hacerlo más impermeable.

El acomodo de las partículas en un suelo que se ha tratado de mejorar, no solo depende de las características del dispositivo, para compactarlo, sino fundamentalmente de la humedad que tiene el material. Por lo tanto, dado un proceso de compactación, para cada material existe un contenido de agua (humedad óptima) con el que se obtiene el peso volumétrico. (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2016)

a) Contenido de humedad

El ingeniero R. Proctor manifestó que para contenidos de humedad progresivos y una fijada energía de compactación, la densidad conseguida crece ya que el agua actúa como deslizante entre las partículas del suelo, aumentando la densidad hasta un cierto punto en el cual al seguir añadiendo agua, la densidad empieza a decrecer.

Para cada suelo existe un contenido en humedad que proporciona la máxima densidad seca.

Tabla 12:
Valores orientativos de humedad óptima y densidad seca de distintos suelos

Tipo de suelo	Humedad óptima (%)	Densidad seca (kg/m ³)
Arcilloso	20 – 30	1450 – 1700
Limo – Arcilloso	15 – 20	1600 – 1850
Areno - Arcilloso	8 – 15	1750 – 2150

FUENTE: Márquez (2006)

b) Peso específico

Según Márquez (2006) se tiene las siguientes definiciones de peso específico del suelo:

Peso específico de las partículas sólidas (Gs): Es la relación entre el peso de las partículas sólidas (W_s) y el volumen de partículas sólidas (V_s), el valor típico de Gs de las arenas es aproximadamente $2,65 \text{ Tn/m}^3$ y el de las arcillas entre $2,5$ y $2,9 \text{ Tn/ m}^3$

Peso específico seco de un suelo (Yd): es el cociente entre el peso de las partículas sólidas (W_s) y el volumen total (V_t)

Peso específico aparente de un suelo (Y): Depende del contenido de humedad del suelo.

c) Relación de soporte de california (CBR)

Mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. Este ensayo es de punzonamiento, casi de carácter empírico, es utilizado para conocer la estabilidad de los suelos cuando es solicitada su resistencia mecánica y está normada para el ensayo de compactación AASHTO-180 y para la penetración y expansión Norma ASTM D-188. El valor del C.B.R. se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente con fines de utilización como base y subrasante bajo pavimentos de carreteras (Bowles, 1980)

La siguiente tabla muestra calificaciones típicas, además que nos ayudara a agrupar los pozos en función a sus características similares (Prop. cualitativas)

Tabla 13:

Parámetros utilizados para clasificar las muestras de suelo

Nro. C.B.R.	Clasificación General	Usos	Sistema de Clasificación	
			SUCS	ASSHTO
0-3	Muy pobre	Sub rasante	0H.CH.MH.OL	A5,A6,A7
0-7	Pobre a Reg.	Sub rasante	OH,CH,MH,OL	A4,A5,A6,A7
7-20	Regular	Sub base	OL,CL,ML,SC,SM,OL	A2,A4,A6,A7
20-50	Bueno	Base y Sub	GM,GC,SW,SM,SP,GP	A1B,A25,A3, A26
> 50	Excelente	Base	GW,GM	A1A,A24,A3

FUENTE: Bowles (1980)

El número CBR es obtenido como la relación de la carga unitaria (libras/pulg²) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (con un área de 19.4 cm²) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado (Nuñez Huamán, 2015), en forma de ecuación es:

$$CBR = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} \times 100\%$$

El número CBR es un porcentaje de la carga unitaria patrón. En la práctica, el símbolo de porcentaje se quita y la relación se presenta simplemente por el número entero, como 3, 45, 98. El número de CBR usualmente se basa en la relación de carga para una penetración de 2.5mm. Sin embargo, si el valor de CBR a una penetración de 5.0 mm es mayor, el ensayo debería repetirse (ordinariamente), si un segundo ensayo produce un valor de CBR mayor de 5.0 mm de penetración, dicho valor debe aceptarse como valor final del ensayo (Bowles, 1980).

2.2.8.4. Clasificación de suelos

Según la norma AASHTO (2016) los suelos están clasificados en siete grupos designados como A-1 al A-7 y se usa principalmente en la construcción de explanaciones de caminos y carreteras y los ensayos necesarios se reducen a análisis granulométricos (tamices n° 10, 40, y 200 ASTM), determinación de los límites de Atterberg y cálculo del índice de grupo (IG) que es un número entero comprendido entre 0 y 20 que se obtiene a partir de la siguiente fórmula empírica:

$$IG = (F - 35)(0.2 + 0.005(LL - 40)) + 0.01(F - 15)(PI - 10)$$

Donde:

F: Porcentaje que pasa la malla N° 200.

LL: límite líquido.

PI: índice de plasticidad.

El índice del grupo da idea de la idoneidad de un suelo para realizar explanaciones. Cuanto más pequeño es el Índice de Grupo, el suelo se considera mejor.

La clasificación utiliza la letra A seguida de un índice, del 1 al 7, que a su vez puede tener otro índice más. La calidad del suelo decrece al aumentar el correspondiente índice, de forma que A-1 es mejor que A-2.

Lo mismo puede decirse en los segundos índices. La separación entre suelos granulares y limo-arcillosos se establece por la cantidad que pasa por el tamiz nº 200 ASTM. Los suelos en que esta fracción es igual o menor al 35%, son granulares, en tanto que aquellos suelos en los que dicha fracción es superior al 35%, son limo-arcillosos.

Los tipos de suelo que establece el sistema son:

A-1-a: Principalmente gravas con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas.

A-1-b: Arena con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas.

A-2-4: Materiales granulares con partículas finas limosas.

A-2-5: Intermedio.

A-2-6: Materiales granulares con partículas finas arcillosas.

A-2-7: Intermedio.

A-3: Arena de granulometría deficiente que casi no contiene partículas finas ni gravas.

A-4: Principalmente partículas finas limosas.

A-5: Tipos de suelos poco frecuentes que contienen partículas finas limosas, generalmente elásticas y difíciles de compactar.

A-6: Contienen partículas finas limosas o arcillosas con un límite líquido bajo.

A-7-5: Las arcillas y limos más plásticos.

A-7-6: Las arcillas y limos más plásticos.

Tabla 14:

Parámetros utilizados para clasificar las muestras de suelo según AASHTO

Clasific. General	Suelos Granulares (≤ 35% pasa 0,08 mm)						Suelos Finos (> 35% Bajo 0,08 mm)				
Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Sub-Grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*				A-7-5** A-7-6**
2 mm	≤ 50										
0,5 mm	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
0,08 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35				≥ 36			
WL				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
IP	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Descripción	Gravas y Arenas		Arena Fina	Gravas y Arenas Limosas o Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
	** A - 7 - 5 : IP ≤ (WL - 30)						** A - 7 - 6 : IP > (WL - 30)				
	$IG = (B / 0,08 - 35)(0,2 + 0,005 (WL - 40)) + (B / 0,08 - 15)(IP - 10) \times 0,01$										
	* Para A - 2-6 y A - 2-7 : $IG = (B / 0,08 - 15)(IP - 10) \times 0,01$ Si el suelo es NP → $IG = 0$; Si $IG < 0 \rightarrow IG = 0$										

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2016)

La clasificación SUCS, los suelos se designan por símbolos de grupo, el símbolo de cada grupo consta de un prefijo que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos y los sufijos denotan subdivisiones de grupos, dicha clasificación brinda información cualitativa para su empleo en diferentes usos.

Tabla 15:
Propiedades y aplicaciones de los suelos en obras de ingeniería

Tipo de suelo	Propiedades más importantes			Aptitud relativa para presas de tierra		
	Permeabilidad	Resistencia al corte	Compresibilidad	Homogéneas	Núcleo	Espaldones
GW	Permeable	Excelente	Despreciable	No apto	No apto	Buena
GP	Muy permeable	Buena	Despreciable	No apto	No apto	Buena
GM	Semipermeable a impermeable	Buena	Despreciable	Buena	Regular	No apto
Tipo de suelo	Propiedades más importantes			Aptitud relativa para presas de tierra		
	Permeabilidad	Resistencia al corte	Compresibilidad	Homogéneas	Núcleo	Espaldones
GC	Impermeable	Buena a regular	Muy baja	Buena	Buena	No apto
SW	Permeable	Excelente	Despreciable	No apto	No apto	Buena
SP	Permeable	Buena	Muy baja	No apto	No apto	Regular
SM	Semipermeable a impermeable	Buena	Baja	Regular	Regular	No apto
SC	Impermeable	Buena a regular	Baja	Buena	Buena	No apto
ML	Semipermeable a impermeable	Regular	Media	Regular	Regular	No apto
CL		Regular	Media	Regular	Buena	No apto
OL	Semipermeable a impermeable	Deficiente	Media	Mala	Mala	No apto
MH	Semipermeable a impermeable	Regular a deficiente	Elevada	Mala	Mala	No apto
CH	Impermeable	Deficiente	Elevada	Mala	Mala	No apto
OH	Impermeable	Deficiente	Elevada	Mala	Mala	No apto
Pt	-	-	-	-	No apto	No apto

FUENTE: Márquez (2006)

2.2.8.5. Estudio de canteras

El estudio de canteras permite ubicar, identificar y clasificar el material de préstamo a utilizarse en la conformación de la estructura del afirmado y obras de concreto. La finalidad de definir los bancos de material de préstamo se realiza para detectar volúmenes alcanzables y explotables, que satisfagan la demanda del proyecto y que cumplan con las especificaciones técnicas requeridas.

Una cantera es una fuente de aprovisionamiento de suelos y rocas, necesarios para la construcción de una obra, estos materiales de préstamo pueden servir para la construcción de terraplenes, estabilización de suelos, elaboración de concretos de cemento Pórtland y asfáltico (Márquez, 2006).

Localizar una cantera es más que descubrir un lugar donde exista un volumen alcanzable y explotable de suelos para emplearse en una determinada obra satisfaciendo ciertas especificaciones de calidad y de volumen. Este concepto implica además, tener en cuenta ciertos aspectos colaterales como su permanencia en el tiempo, en términos de riesgo por efectos de los fenómenos de geodinámica externa, o su situación legal para citar dos de ellos. En resumen podemos decir que una cantera es mejor: Por su calidad, por su potencia y rendimiento, por su accesibilidad y estado de las vías de acceso y por su situación legal.

La calidad de la cantera está dada por el grado de cumplimiento de las especificaciones que se busca y se deduce de los ensayos de laboratorio que se practiquen sobre las muestras tomadas durante la etapa exploratoria.

a) Exploración

La exploración es el conjunto de actividades pendientes a determinar si una cantera reúne los requisitos mínimos para su explotación, existen diferentes niveles de investigación, dependiendo del grado de información que se esté tratando de encontrar, para nuestro caso ésta etapa se dividió en tres niveles de investigación:

Primer nivel.- Corresponde a la prospección del terreno en la cual luego de considerar como posibilidad de una cantera explotada en otra época o por el estudio de cartas, mapas, fotografías aéreas o de satélite, se hace necesario caminar para estudiar, los accesos definir los linderos, cubicar los probables volúmenes explotables y elaborar un programa de explotación para las siguientes etapas de estudio.

Es esta etapa de reconocimiento como su nombre lo indica, no es una etapa en que se requiera hacer prospecciones, sondeos o ensayos sino una en la que deberán quedar claramente definidos los siguientes aspectos: Los caminos de acceso y medios de transporte, Geología y Geomorfología, Topografía, Situación legal y Volúmenes explotados.

Segundo nivel.- Está determinado por los estudios previos, etapa en la que por medio de rutinas sencillas y expeditos puede obtenerse información sobre el

espesor y composición del sub suelo, profundidad de aguas freáticas y además datos que permitan definir si la cantera es prometedora para la explotación con un fin específico y si por consiguiente es conveniente o no continuar la investigación sobre ella. Tales procedimientos van desde la excavación de calicatas y sondeos hasta la ejecución de pruebas in situ. Se obtiene la siguiente información: Espesor y composición de los estratos de suelo o roca que se pretendan explotar (excavación de calicatas y sondeos) y Profundidad de aguas freáticas.

Tercer nivel.- Incluye a los anteriores y los perfecciona con una mayor densidad de calicatas, sondeos, con una campaña de prospección geofísica y si la magnitud del proyecto o de la cantera así lo ameritan con ensayos de laboratorio.

b) Muestreo de suelos

La explotación de canteras es el conjunto de actividades mediante las cuales se extrae material de una cantera, se hace utilizando determinados equipos con características y usos bien establecidos por la experiencia previa de construcción. Las actividades necesarias durante la construcción son:

Desmonte y limpieza

Preparación en cantera

Extracción y acopio

Carguío y transporte.

La selección de equipo adecuado para un caso particular será función de tres elementos esenciales: La disponibilidad del equipo, el tipo de material y la distancia de acarreo del material.

c) Caracterización

El objetivo es saber las características físicas y mecánicas de los suelos que serán utilizados como banco de materiales; se trata sencillamente de clasificar al suelo y conocer sus características en cuanto a compactación, para de esta manera determinar su utilización como material de base o sub-base de acuerdo a los parámetros establecidos para estos casos.

Las capas de base y sub-base, constituyen un elemento estructural muy importante del pavimento; estos comprometen su apropiado procedimiento y su larga vida, a la calidad y espesor de estas capas.

Si el tránsito es intenso o si el suelo de la sub-rasante es pobre, se debe incluir una base y sub-base; en caso contrario no se justifica la inclusión de esta capa.

Las características que deben desempeñar los materiales de cantera para ser manejados como base o sub-base, según sea el caso es el siguiente:

Tabla 16:
Características de los materiales granulares para sub bases y bases granulares

Tamaño de la malla (abertura cuadrada)		Porcentaje en peso que pasa Tipo I Gradación			
		A	B	C	D
2	Pulg	100	100	--	--
1	Pulg	--	75 - 95	100	100
3/8	Pulg	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
Nº 4	(4.760 mm)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
Nº 10	(2.000 mm)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
Nº 40	(0.420 mm)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
Nº 200	(0.074 mm)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

Tabla 17:
Requerimientos de gradación de los materiales de base y sub base de suelo agregado según AASHTO M 147-65 (1990) y ASTM D 1241-68

Tamaño de la malla (abertura cuadrada)		Porcentaje en peso que pasa tipo I gradacion					
		A	B	C	D	E	F
2	Pulg	100	100	--	--	--	--
1	Pulg	--	75 - 95	100	100	100	100
3/8	Pulg	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100	--	--
Nº 4	(4.760 mm)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
Nº 10	(2.000 mm)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
Nº 40	(0.420 mm)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70
Nº 200	(0.074 mm)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	5 - 20	6 - 20	8 - 25
			* (5 - 15)		* (8 - 15)	* (6 - 15)	* (8 - 15)

Los números entre paréntesis indican los porcentajes que pasan la malla Nº 200 de las respectivas gradaciones de la norma ASTM D 1241.

* Corresponden a los porcentajes respectivos de las especificaciones del MTCVC.

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

El LL (Limite liquido) deberá ser menor del 25%

El IP (Ind. Plasticidad) no mayor del 4%.

La capacidad portante medida con el CBR deberá ser mayor que el 30%.

d) Volumen y rendimiento

Se entiende como Potencia, al volumen aproximado de material o diferentes tipos de materiales que puedan ser explotados. El requerimiento de estudiar grandes volúmenes más de lo que es necesario de acuerdo al proyecto, queda establecida en la definición de rendimiento y potencia.

La potencia bruta viene a ser el área total de la cantera por la profundidad investigada, y la potencia neta es la potencia bruta menos los volúmenes de desbroce; y finalmente el rendimiento es la parte de la potencia neta aprovechable para un fin específico.

e) Explotación

Se entiende como explotación de canteras, al conjunto de actividades mediante las cuales se extraen materiales de una cantera para ser empleadas en una obra determinada.

Las actividades necesarias durante la explotación de una cantera son:

Desmonte y limpieza.

Preparación.

Extracción y acopio.

Carguío y transporte.

El equipo usado en la explotación de canteras incluye normalmente algunas de las siguientes maquinarias: Tractor de Orugas o neumáticos, Traílla o mototrailla, cargador frontal y retroexcavadora.

f) Ensayos de laboratorio

Para determinar las propiedades índices y geotécnicas de las muestras son necesarios realizar los siguientes ensayos de acuerdo a los procedimientos de la American Society for Testing and Materials (ASTM) que se indican a continuación:

Determinación del contenido de humedad	D 2216
Análisis granulométrico por tamizado	D 422
Limite líquido, plástico e índice de plasticidad	D 4318
Proctor Modificado (compactación)	D 1557
Razón de Soporte California (C.B.R)	D 1883
Abrasión e impacto (máquina de Los Angeles)	C 131 -1998
Clasificación de suelos, sistema SUCS	D 2487
Clasificación de suelos, sistema AASHTO	D 3282
Ensayos especiales para agregados AASHTO	D 3455

2.2.9. Comportamiento hidrológico y de drenaje

2.2.9.1. Área de la unidad hidrográfica

Según Aparicio Mijares (1987) es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

Desde el punto de vista de su salida, existen fundamentalmente dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas. En las primeras el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago; en las segundas, el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) el estudio de cuencas tiene como objetivo determinar las características hídricas y geomorfológicas en relación a su aporte de caudal en función del comportamiento hidrológico y que permitirá tomar mejores decisiones respecto al establecimiento de las obras viales, particularmente es importante determinar las características físicas de las cuencas como son: el área, forma de la cuenca, sistemas de drenaje, características del relieve, suelos, etc. Estas características dependen de la morfología, los tipos de suelos, la cobertura vegetal, la geología, las prácticas agrícolas, etc. Estos elementos físicos proporcionan la más conveniente posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico.

La unidad hidrográfica es el área de terreno donde todas las aguas de lluvia se unen y forman un solo curso de agua, cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido (Chereque Morán, s/a)

La delimitación se hace sobre un plano a curvas de nivel, siguiendo las líneas del *divortium acuarum* o líneas de las altas cumbres y la superficie proyectada en un plano horizontal es el área de la cuenca a su vez que se mide por medio de un planímetro

El área de estudio se estableció a partir de la información cartográfica del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMET), considerando la hoja de la carta nacional y la carta geológica de Apurímac a escala 1: 100,000.

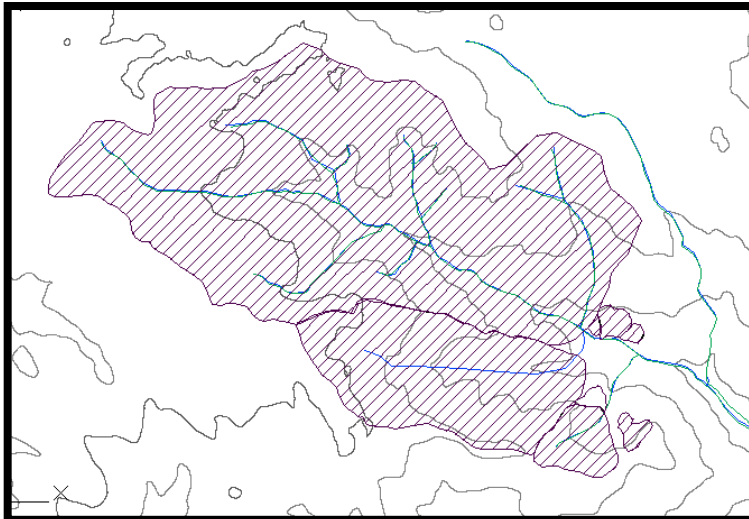


Figura 6:
Identificación de Áreas de Influencia de drenaje en el área de influencia del trazo.

FUENTE: Elaboración Propia

2.2.9.2. Curva hipsométrica

Representa la relación entre la altitud en metros sobre el nivel del mar y la superficie que queda por encima de dicha altitud (Chereque Morán, s/a)

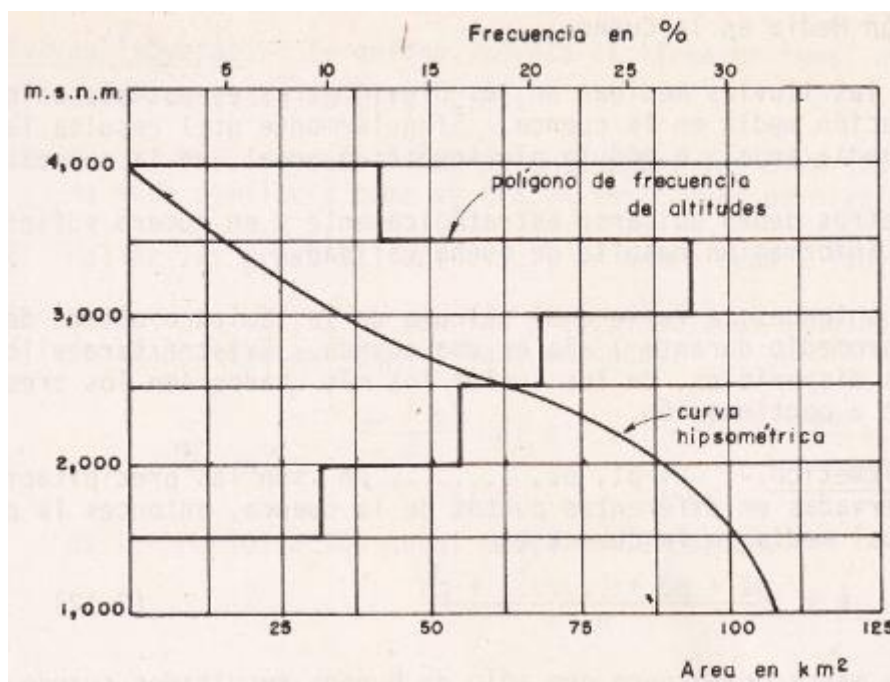


Figura 7:
Curvas características de una cuenca hidrográfica

FUENTE: Chereque Morán (s/a)

La topografía de una cuenca se describe a través de los gráficos de curva hipsométrica y el polígono de frecuencias de altitudes, que es la representación gráfica de la distribución en porcentajes de las superficies ocupadas por diferentes escalones altitudinales (Chereque Morán, s/a)

La curva de altitud media de la curva hipsométrica divide a la cuenca en dos áreas iguales y la altitud más frecuente es el escalón que alberga el mayor porcentaje de área.

2.2.9.3. Pendiente media de la cuenca

Según Chuchón Prado (2014) es la media ponderada de todas las pendientes a las áreas parciales de la cuenca. También conocida como pendiente promedio de la cuenca. Tiene aplicación en estudios agrícolas y de suelos, manejo de cuencas, etc. Hidrológicamente, es un factor que indica la mayor o menor facilidad de infiltración y retención de humedad de la cuenca.

La pendiente de una cuenca es un parámetro muy importante en el estudio de toda cuenca, pues influye en el tiempo de concentración de las aguas en un determinado punto del cauce (Carrasco Reyes, 1992) existen los siguientes criterios:

Criterio de Horton: en una copia del plano de delimitación de la cuenca que contiene curvas de nivel se procede de la siguiente manera:

a) En dirección del dren principal se traza un cuadrado siguiendo el criterio:

* Si la cuenca tiene un área menor o igual a 205 km², es necesario formar un cuadrado de por lo menos cuatro cuadrados por lado

* Si la cuenca tiene un área mayor de 250 km² es necesario incrementar el número de cuadrados del reticulado

b) Se relaciona el reticulado así formado, un sistema de ejes rectangulares X, e Y acotándose cada eje correspondiéndole una coordenada a cada línea del reticulado

c) A continuación se mide la longitud de cada línea del reticulado en las direcciones X, e Y contándose además el número de intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel de desnivel constante en las direcciones X, e Y

d) Se evalúan las pendientes de la cuenca en las direcciones X, e Y según las siguientes fórmulas:

$$S_x = N_x D / L_x$$

$$S_y = N_y D / L_y$$

Donde:

S_x : Pendiente de la cuenca en la dirección X

S_y : Pendiente de la cuenca en la dirección Y

N_x : Número total de intersecciones y tangencias de las líneas del reticulado con las curvas de nivel en la dirección X

N_y : Número total de intersecciones y tangencias de las líneas del reticulado con las curvas de nivel en la dirección Y

D: Desnivel constante entre curvas de nivel

L_x : Longitud total de las líneas del reticulado comprendidas dentro de la cuenca en la dirección X

L_y : Número total de intersecciones y tangencias de las líneas del reticulado con las curvas de nivel en la dirección Y

e) Se determina la pendiente media de la cuenca mediante la siguiente expresión

$$S_c = 1.57 (N)(D)/L$$

$$L = L_x + L_y$$

$$N = N_x + N_y$$

El número de las intersecciones y tangencias así como las longitudes de las líneas del reticulado pueden presentarse como se indica en la siguiente tabla.

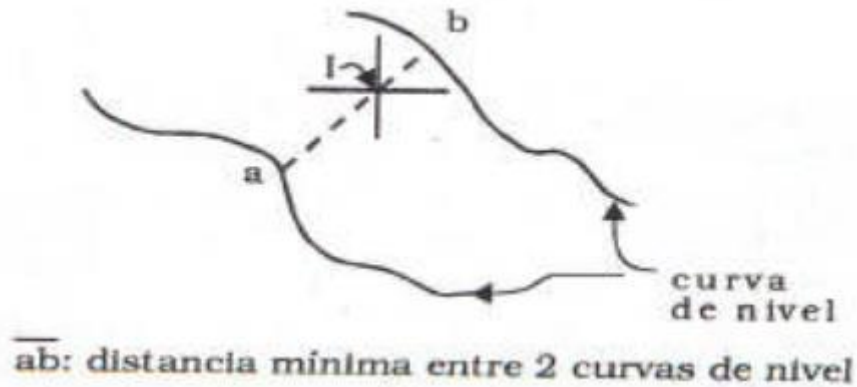
Tabla 18:
Plantilla para toma de datos para la determinación de la pendiente de la cuenca según Horton

Líneas del reticulado	Intersecciones y tangencias		Longitud de las líneas del reticulado en km	
	Nx	Ny	Lx	Ly
0				
1				
2				
.				
N				
Suma	A	B	C	D
Suma total	A + B		C + D	

FUENTE: Carrasco Reyes (1992)

Criterio de Nash: En una copia de plano de delimitación de la cuenca que contiene curvas de nivel se procede de la siguiente forma:

- a) Siguiendo la orientación del dren principal se traza un reticulado de tal forma que se obtengan aproximadamente 100 intersecciones dentro de la cuenca
- b) Se asocia a este reticulado un sistema de ejes rectangulares X e Y
- c) A cada intersección se le asigna un número y se anota las coordenadas X, Y correspondientes
- d) En cada intersección se mide la distancia mínima entre las curvas de nivel, según se indica en la figura siguiente:



e) Se obtiene la pendiente en cada intersección dividiendo el desnivel entre las 2 curvas de nivel y la mínima distancia medida

f) Se calcula la media de las pendientes de las intersecciones y éste valor, según Nash, se puede considerar como la pendiente de la cuenca

g) Cuando una intersección se ubica entre dos curvas de nivel de la misma cota, la pendiente se considera nula y esa intersección no se toma en cuenta para el cálculo de la media, los datos pueden ordenarse de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 19:
Plantilla para toma de datos para la determinación de la pendiente de la cuenca según Nash

Intersección n N°	Coordenadas		Distancia mínima en km	Pendiente S intersección	Elevación m.s.n.m.
	X	Y			
0					
1					
2					
·					
·					
N					
N-m				$\sum S =$	$\sum =$

FUENTE: Carrasco Reyes (1992)

Según la tabla la pendiente de la cuenca de acuerdo al criterio de Nash será:

$$S_c = \sum S / (N - m)$$

Criterio del rectángulo equivalente: para la aplicación de éste criterio es necesario definir previamente el coeficiente de compacidad y el rectángulo equivalente

2.2.9.4. Pendiente del cauce principal

En general la pendiente de un tramo de un río es considerado como la relación entre el desnivel de los extremos del tramo, entre la distancia horizontal de dicho tramo, un cauce natural tiene un perfil longitudinal conformado por una serie finita de tramos, los cuales dependen de las distintas conformaciones geológicas del lecho, de manera que para tramos con ruptura de pendiente se recomienda la el método de Taylor Schwarz, que está basado en la consideración de que el río está formado por una serie de canales con pendiente uniforme (Carrasco Reyes, 1992)

Para la ejecución y ordenamiento de los cálculos se puede presentar según la siguiente tabla.

Tabla 20:
Plantilla para toma de datos para la determinación de la pendiente de la cuenca según Nash

Tramo	Desnivel en metros (H)	Pendiente (Si)	1/√Si
0			
1			
2			
.			
.			
n			
			∑ S =

FUENTE: Carrasco Reyes (1992)

La expresión para determinar la pendiente es:

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

2.2.9.5. Precipitaciones

Mejía M. (2000) manifiesta, la precipitación está constituida por toda el agua que de una u otra forma, es depositada en la superficie terrestre, por la condensación del vapor de agua contenido en el aire atmosférico, la precipitación puede ser en forma líquida (lluvia, rocío), o en forma sólida (nieve, granizo). La forma mas común y la que mayor interes tiene en la ingeniería es la lluvia que viene a ser la causa de los mas importantes fenómenos.

La precipitación es una variable hidrológica que manifiesta mas claramente su carácter aleatorio variando drásticamente en el tiempo y el espacio, la unidad de medición es el milímetro de lluvia definido como la cantidad de precipitación correspondiente a un volumen de 1 litro por metro cuadrado de superficie, llamandose muchas veces como la lámina de agua o altura de lluvia depositada sobre esa superficie, (Mejía M., 2000)

Para determinar completamente una precipitación es necesario tres parámetros: su duración, su intensidad y su frecuencia. La duracion es el tiempo transcurrido entre el inicio y fin de la lluvia expresada en horas o minutos. La intensidad, esta dada por la cantidad total de lluvia o lámina de agua dividida por la duración (cantidad de lluvia por unidad de tiempo). La frecuencia es el periodo de recurrencia o de retorno en años (Carrasco Reyes, 1992)

a) Tipos de precipitación

Según la causa de la elevación del aire húmedo para iniciar el proceso de condensación, tres son los tipos de precipitaciones que pueden ocurrir:

Precipitaciones convectivas, cuando el aire circundante se eleva en forma de células de convección enfriandose adiabaticamente hasta alcanzar el nivel de condensación, generando nubes del tipo cúmulos nimbus que originan lluvias muy intensas de duraciones cortas y abarcando áreas reducidas.

Precipitaciones orográficas, cuando los vientos cargados de humedad del oceano al continente encuentran una barrera montañosa, resultando en un

enfriamiento que alimenta la formación de nubes y desencadenar precipitaciones (es el caso de Perú)

Precipitaciones frontales o ciclónicas, cuando las masas de aire que pueden ser frías o calientes, secos o húmedos colisionan y por diferencia de presión y otras causas relacionadas con la circulación global atmosférica son impulsadas a las partes más altas enfriándose y produciendo precipitaciones del tipo frontal, generalmente importantes y prolongadas, (Mejía M., 2000)

b) Medición de las precipitaciones

Chereque Morán (s/a) manifiesta hay tres tipos de instrumentos:

Pluviómetros simples: cualquier recipiente abierto de paredes verticales cuyo propósito es retener el agua de lluvia para luego medirla, el pluviómetro estándar consta de un recipiente cilíndrico, un embudo colector de diámetro 8" y un tubo medidor cuya área es un décimo del área del embudo colector; en esas condiciones 1 mm de lluvia llenará el tubo medidor de 10 mm.

Pluviómetros registradores: a diferencia del pluviógrafo simple mide la intensidad de la lluvia que es un parámetro importante para el diseño de obras hidráulicas, básicamente el agua es recibida por un embudo y conducida a un depósito con doble compartimiento, oscilante alrededor de un pivote que es transmitido a un aguja que va marcando su trazo en un papel enrollado sobre un tambor que gira según un mecanismo de relojería

Pluviómetros totalizadores: son utilizados cuando existe la necesidad de conocer la pluviometría mensual o estacional de una zona de difícil acceso, acumulan el agua llovida durante un periodo de tiempo más o menos largo.

c) Precipitación media sobre un área

Según Chuchón Prado (2014), los datos medidos en los pluviómetros son puntuales y representan la lluvia de un área reducida (desde 2 km² según Portland Cement Association, hasta 26 km² según Linsley), para calcular la precipitación

media en una superficie cualquiera es necesario utilizar las observaciones dentro de esa superficie y sus vecindades, existen los siguientes métodos:

Método aritmético: consiste simplemente en obtener el promedio aritmético de las alturas de precipitación registradas en cada estación dentro de la cuenca (Aparicio Mijares, 1987)

Método de los polígonos de Thiessen: se utiliza cuando alguno de los pluviómetros son más representativos que otros para un área determinado dentro de una cuenca, el método consiste en asignarle pesos relativos en función al área estableciendo que en cualquier punto de la cuenca la lluvia es igual a la que se registra en el pluviómetro más cercano, cuya influencia abarca hasta la mitad de la distancia a la siguiente estación en cualquier dirección. Para n pluviómetros la precipitación media se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i)(P_i)}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Siendo A_i el área de influencia de cada estación dentro de la cuenca, P_i la precipitación registrada en cada estación (Mejía M., 2000)

Método de la Isoyetas: consiste en trazar líneas de igual precipitación mediante la interpolación entre los valores puntuales en cada estación, luego se unen mediante líneas rectas sobre las cuales se interpolan linealmente trazando isolinias como si fueran curvas de nivel, como norma las isoyetas deben seguir aproximadamente las curvas de nivel nunca cortando en ángulo recto. Para el cálculo de la precipitación media se determina el área delimitada por dos isoyetas que se usa como elemento de ponderación (Carrasco Reyes, 1992)

$$P = \frac{\sum P_i A_i}{A_i}$$

La precipitación promedio anual en la zona de estudio fue de 598.24 mm., la precipitación máxima anual de 875.0 mm. y la precipitación mínima anual de 179.00 mm.

d) Analisis de información hidrológica

En el río Chillincoy que desemboca en el río Pachachaca, cuenta con estaciones hidrométricas cercanas a la zona de estudio; sin embargo, estos serán calculados en base a la información de lluvias máximas en 24 horas, dado que la escorrentía que se produce en el área, proviene exclusivamente de las precipitaciones pluviales caídas en la zona registradas en las estaciones de Abancay, Andahuaylas y Huancabamba.

La información pluviométrica fue adquirida del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Para una serie histórica de precipitaciones máximas en 24 horas, antes de realizar el tratamiento de análisis estadístico, los valores fueron corregidos siguiendo la sugerencia de la Organización Meteorológica Mundial (WMO, 1972), que considera el factor de corrección de 1.13 debido a la diferencia que existe entre la precipitación máxima diaria registrada en un pluviómetro y la precipitación máxima instantánea.

Hidrología estadística.

Según el MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2008), la mayoría de las causas que actúan en los ciclos hidrológicos superficiales son de carácter meteorológico y la propia Meteorología se desarrolla fundamentalmente a través de la Estadística, ya que es muy difícil llegar a un estudio matemático y preciso de los problemas físicos que condicionan los fenómenos hidrológicos, por tanto, la Meteorología y su estadística aplicada se utilizan para extrapolar donde los aforos no pueden alcanzar, por tratarse de ríos pequeños para los que no puede pretenderse que cada uno tenga su propia estación de aforo, o para ampliar la extensión de las series, puesto que normalmente es más antigua la estadística meteorológica que la de aforos, existen modelos de distribución de probabilidades teóricas recomendadas para el análisis y son las siguientes: Distribución Normal, Distribución Log Normal de 2 parámetro, Distribución Gumbel, Distribución Gamma de 3 Parámetros o Pearson Tipo III y Distribución Log Pearson Tipo III.

i) ***Distribución normal:*** tiene forma de campana y es simétrica. Su Función de densidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\cdot\sigma^2}}, -\infty < x < +\infty$$

Los dos parámetros de la distribución son: la media μ y desviación estándar σ para los cuales \bar{x} (media) y s (desviación estándar) son derivado de los datos (Aparicio Mijares, 1987) .

Estimación de parámetros

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad s = \left\{ \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Factor de Frecuencia

Si se trabaja los X sin transformar el KT se calcula como

$$K_T = \frac{X_T - \mu}{\sigma}$$

Este factor es el mismo de la variable normal estándar

$$K_T = F^{-1} \left(1 - \frac{1}{Tr} \right)$$

ii) Distribución log normal de dos parámetros: Si los logaritmos Y de una variable aleatoria X se distribuyen normalmente se dice que X se distribuye normalmente. Esta distribución es muy usada para el cálculo de valores extremos. Tiene la ventaja que $X > 0$ y que la transformación log tiende a reducir la asimetría positiva ya que al sacar logaritmos se reducen en mayor proporción los datos mayores que los menores.

Limitaciones: solo tiene dos parámetros, y necesita que los logaritmos de las variables se encuentren en el promedio, su función de densidad es:

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu_y)^2}{2\cdot\sigma_y^2}}, y = \ln x, x > \infty$$

Donde:

μ_y = media de los logaritmos de la población (parámetro escalar), estimado \bar{y}

σ_y = desviación estándar de los logaritmos de la población, estimado S_y .

Estimación de parámetros

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(X_i), \quad s = \left\{ \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (\ln(X_i) - \bar{Y})^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Factor de Frecuencia:

Si se trabaja con los X sin transformar el KT se calcula como

$$K_T = \frac{\left(K_T \cdot \sqrt{\ln(1 + Cv^2) - \frac{\ln(1 + Cv^2)}{2}} \right) - 1}{Cv}$$

KT es la variable normal estandarizada para el TR dado

$$Cv = \frac{s}{\bar{x}}$$

Cv es el coeficiente de variación, \bar{x} media de los datos originales y s desviación estándar de los datos originales.

iii) Distribución gumbel: Una familia importante de distribuciones utilizadas en el análisis de frecuencias hidrológicas es la distribución general de valores extremos, la cual ha sido ampliamente utilizada para representar el comportamiento de crecientes y sequias (máximo y mínimo), su función de densidad es:

$$f(x) = \exp \left[\left(-\frac{x - \beta}{\alpha} \right) - \exp \left(-\frac{x - \beta}{\alpha} \right) \right]$$

En donde α y β son los parámetros de la distribución.

$$F(x) = \int f(x).dx = \exp \left(-\exp \left(-\frac{x - \beta}{\alpha} \right) \right)$$

Estimación de parámetros

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi}s, \quad \beta = \bar{x} - 0.5772\alpha$$

Donde: \bar{x} y s son la media y la desviación estándar estimadas con la muestra.

Factor de Frecuencia

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

Donde: T_r = Tiempo de retorno.

iv) **Distribución gamma de 3 parámetros o Pearson tipo III:** La función de densidad de probabilidad Pearson III se define como:

$$f(x) = \frac{1}{|\alpha|\Gamma(\beta)} \cdot \left(\frac{x - \delta}{\alpha} \right)^{\beta-1} \cdot \exp\left(-\frac{x - \beta}{\alpha}\right)$$

Dónde: α, β y δ son los parámetros de la función y $\Gamma(\beta)$ es la función gamma.

Estimación de parámetros

$$\bar{x} = \alpha\beta + \delta, \quad S^2 = \alpha^2\beta, \quad \gamma = \frac{2}{\sqrt{\beta}}$$

Dónde: \bar{x} es la media de los datos, S^2 es su varianza y γ su coeficiente de sesgo, que se define como:

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 / n}{S^3}$$

De este modo la función de distribución de probabilidad es:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha_1\Gamma(\beta_1)} \int_0^y e^{-\frac{x-\delta_1}{\alpha_1}} \cdot \left(\frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \right)^{\beta_1-1} dx$$

Sustituyendo:

$$y = \frac{x-\delta}{\alpha},$$

La ecuación se escribe como:

$$F(y) = \frac{1}{\Gamma(\beta)} \int_0^y y^{\beta-1} \cdot (e)^{-y} dy$$

v) **Distribución log Pearson tipo III:** Si los logaritmos Y de una variable aleatoria X se ajustan a una distribución Pearson Tipo III, se dice que la variable aleatoria X se ajusta a una distribución Log Pearson Tipo III.

Esta distribución es muy utilizada, para el análisis de frecuencia de caudales y precipitación máxima. Esta se trabaja igual que para la Pearson Tipo III, pero con X_y y S_y como la media y desviación estándar de los logaritmos de la variable original X, su función de densidad es:

$$f(x) = \frac{1}{x|\alpha|\Gamma(\beta)} \cdot \left(\frac{\ln(x) - y_0}{\alpha}\right)^{\beta-1} \cdot \exp\left(-\frac{\ln(x) - y_0}{\alpha}\right)$$

Donde: $y_0 \leq y < \alpha$ para $\alpha > 0$, $\alpha < y \leq y_0$ para $\alpha < 0$

α y β Son los parámetros de escala y forma, respectivamente, y y_0 es el parámetro de localización.

Estimación de Parámetros

$$\alpha = \frac{S_y}{\beta^2}, \quad \beta = \left(\frac{2}{C_S}\right)^2, \quad x_0 = \bar{x}_y - \alpha\beta$$

C_S es el coeficiente de asimetría, \bar{x}_y y S_y son la media y la desviación estándar de los logaritmos de la muestra respectivamente.

Factor de frecuencia

$$K_T = z + (z^2 - 1) \frac{C_S}{6} + \frac{1}{3} (z^3 - 6z) \cdot \left(\frac{C_S}{6}\right)^2 - (z^2 - 1) \cdot \left(\frac{C_S}{6}\right)^3 + z \left(\frac{C_S}{6}\right)^4 + \frac{1}{3} \left(\frac{C_S}{6}\right)^5$$

Dónde: z es la variable normal estandarizada.

Este valor de KT se encuentra tabulado de acuerdo al valor de Cs calculado con la muestra.

Los modelos anteriormente citados están sujetos de validar mediante las pruebas de hipótesis siguientes de Pruebas de bondad de ajuste y prueba de Smirnov Kolmogorov

2.2.9.6. Caudal máximo

Según Chereque Morán (s/a) los términos caudal, gasto y descarga son sinónimos. Aforar significa medir caudales, siendo el principal método para aforar corrientes naturales el correntómetro, la unidad básica de flujo es el m³/s, pero también pueden expresarse en m³/s/km².

Para la estimación de caudales cuando existen datos de aforo en cantidad suficiente, se realiza un análisis estadístico de los caudales máximos instantáneos anuales para la estación más cercana al punto de interés. Se calculan los caudales para los períodos de retorno de interés (2, 5, 10, 20, 50, 100 y 500 años son valores estándar) usando la distribución log normal, log pearson III y Valor Extremo Tipo I (Gumbel), etc., Cuando no existen datos de aforo, se utilizan los datos de precipitación como datos de entrada a una cuenca y que producen un caudal (Q) cuando ocurre la lluvia, la cuenca se humedece de manera progresiva, infiltrándose una parte en el subsuelo y luego de un tiempo, el flujo se convierte en flujo superficial (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2008), existen las siguientes metodologías:

a) Método ILLA

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2008) Se utiliza cuando la información es escasa, por lo que existe bastante dispersión en los datos. Con el método ILLA, la intensidad de lluvia que tiene una duración t (en horas), para un periodo de retorno T (en años), es:

$$i_{i,T} = a(1 + K \log T)t^{n-1}$$

Y la precipitación $P_{i,T}$ tiene la siguiente relación:

$$P_{i,T} = a(1 + K \log T)t^n$$

Según la metodología empleada las fórmulas son válidas para $3 \leq t \leq 24$ horas

Para $t \leq 3$ horas se usa:

$$i_{i,T} = a(1 + K \log T)(t + b)^{n-1}$$

Las constantes a, b, K y n son valores característicos de cada región en función de la altitud.

b) Método Racional

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2008), calcula el caudal máximo por medio de la precipitación, alcanza todas las abstracciones en un solo coeficiente c (coef. escorrentía) calculado en base a las condiciones de la cuenca. Muy utilizado en áreas menores a 10 Km². Considerar que la duración de P es igual a tc.

La descarga máxima de diseño, según esta metodología, se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q = 0.278 CIA$$

Donde:

Q: Descarga máxima de diseño (m³/s)

C: Coeficiente de escorrentía

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

A: Area de la cuenca (Km²)

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
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

El coeficiente de escorrentía se fija en función de la hidrología y geomorfología de las quebradas cuyas aguas captan el alineamiento de la vía en estudio. En virtud a ello, los coeficientes de escorrentía variarán según dichas características.

c) Método Racional Modificado

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2008) Según la formulación de Témez (1987, 1991) fue adaptada para las características del clima de España. Calcula de forma fácil caudales pico en cuencas de drenaje naturales con áreas < 770 km² y con tiempos de concentración (Tc) de entre 0.25 - 24 horas, la fórmula es:

$$Q=0.278 CIAK$$

Donde:

Q: Descarga máxima de diseño (m³/s)

C: Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce I.

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

A: Área de la cuenca (Km²)

K: Coeficiente de Uniformidad

Las fórmulas que definen los factores de la fórmula general, son los siguientes:

a) Tiempo de Concentración (Tc)

$$T_c = 0.3(L/S^{0.25})^{0.76}$$

Donde:

L: Longitud del cauce mayor (km)

S: Pendiente promedio del cauce mayor (m/m)

b) Coeficiente de Uniformidad

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración (horas)

c) Coeficiente de simultaneidad o Factor reductor (kA)

$$K_A = 1 - (\log_{10} A/15)$$

Donde:

A: Área de la cuenca (Km²)

d) Precipitación máxima corregida sobre la cuenca (P)

$$P = k_A P_d$$

Donde:

k_A : Factor reductor

P_d : Precipitación máxima diaria (mm)

e) Intensidad de Precipitación (I)

$$I = \left(\frac{P}{24}\right) * \left(11\right)^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Donde:

P: Precipitación máxima corregida (mm)

T_c : Tiempo de concentración (horas)

f) Coeficiente de Escorrentía (C)

$$C = \frac{(P_d - P_o) * (P_d + 23 * P_o)}{(P_d + 11 * P_o)^2}$$

Donde:

P_d : Precipitación máxima diaria (mm)

P_o : Umbral de escorrentía = $(5000/CN) - 50$

CN: Número de curva

d) Hidrograma Unitario

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2008). El hidrograma presenta la variación de la información hidrológica respecto a un tiempo; el hidrograma unitario de una cuenca, representa la salida de escorrentía de una precipitación con duración determinada (por ejemplo, 1 mm. durante 1 hora).

El hidrograma unitario fue propuesto por Sherman en 1932, como un hidrograma típico para la cuenca. Se denomina unitario porque, el volumen de escorrentía bajo el hidrograma se ajusta generalmente a 1 cm (ó 1 pulg).

El hidrograma unitario se puede considerar como un impulso unitario en un sistema lineal. Por lo tanto es aplicable el principio de superposición; 2 cm de escorrentía producirán un hidrograma con todas las ordenadas dos veces más grandes que aquellas del hidrograma unitario, es decir, la suma de dos hidrogramas unitarios.

Matemáticamente, el hidrograma unitario es la función Kernel $U(t-T)$ dada por:

$$q(t) = \int i(t)U(t-T)dt$$

Donde:

$q(t)$: función del hidrograma de salida

$i(t)$: función del hidrograma de entrada

Se debe tomar en cuenta que aún, cuando las características físicas de la cuenca son constantes, las variables de las tormentas cambian en la forma de los hidrogramas resultantes.

Las características de una tormenta son: La duración de la lluvia, el patrón intensidad – tiempo, la distribución espacial de la lluvia y la cantidad de escorrentía.

Se concluye por tanto, que el hidrograma unitario es el hidrograma de un centímetro (o una pulgada) de escorrentía directa de una tormenta con una duración especificada.

e) Tiempo de concentración

Es el tiempo que necesita una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca, transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida. Existe una relación inversa entre la duración de una tormenta y su intensidad (a mayor duración disminuye la intensidad), entonces se asume que la duración crítica es igual al tiempo de concentración (t_c). El tiempo de concentración real depende de muchos factores, entre otros de la geometría en planta de la cuenca (una cuenca alargada

tendrá un mayor tiempo de concentración), de su pendiente pues una mayor pendiente produce flujos más veloces y en menor tiempo de concentración, el área, las características del suelo, cobertura vegetal, etc. Las fórmulas más comunes solo incluyen la pendiente, la longitud del cauce mayor desde la divisoria y el área.

El tiempo de concentración en un sistema de drenaje pluvial es:

$$t_c = t_o + t_f$$

Donde:

t_o : tiempo de entrada, hasta alguna alcantarilla

t_f : tiempo de flujo en los alcantarillados hasta el punto de interés = $\sum L_i/V_i$

Para Determinar el tiempo de concentración se utilizara el Método California Culverts Practice y Kirpich que está diseñado explícitamente para pendientes entre 3% al 10% (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2008)

Método California Culverts Practice.

$$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

Donde:

L = Longitud del curso de agua más largo, m.

H = Diferencia entre la división de aguas y salida, m.

Metodo Kirpich.

$$t_c = 0.01947 L^{0.77} S^{-0.385}$$

Donde:

L = Longitud del curso de agua más largo, m.

S = Pendiente promedio de la cuenca, m/m.

Para el proyecto en estudio se ha determinado los siguientes Datos:

L = 9864.74 m., S = 0.0938 m/m. y H = 498.415 m con cuyos valores se ha calculado el tiempo de retorno que se muestra a continuación:

Tabla 21:
Tiempo de concentración para la zona en estudio

Métodos	Método California Culverts Practice.	Metodo Kirpich.
Formulas:	$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$	$t_c = 0.01947 L^{0.77} S^{-0.385}$
Resultados:	33.127 min.	26.043 min.
Asumido:	29.585min.	

FUENTE: Elaboración Propia.

Cálculo del caudal máximo de diseño.

Villon Béjar (2010) manifiesta el análisis de las máximas avenidas comprende la determinación de los caudales máximos para diferentes periodos de retorno, para el cálculo de la descarga máximo medio diario recomienda el método Hidrograma Unitario Triangular, desarrollado por Mockus y es utilizado por el SCS (Soil Conservation Service) y proporciona los parámetros fundamentales del hidrograma: Caudal Punta (Qp), tiempo base (tb) y el tiempo en el que se produce la punta (tp).

La expresión del caudal punta Qp, se obtiene igualando el volumen de agua escurrido:

$$V_e = hp_e \times A$$

Donde:

V_e = Volumen de agua escurrido.

hp_e = Altura de precipitación en exceso, o precipitación efectiva.

A = Área de la cuenca.

Con el área que se encuentra bajo el hidrograma se determina el volumen de agua escurrido (V_e), para un tiempo base (t_b) y un caudal punta (Q_p)

$$V_e = \frac{1}{2} t_b \times Q_p$$

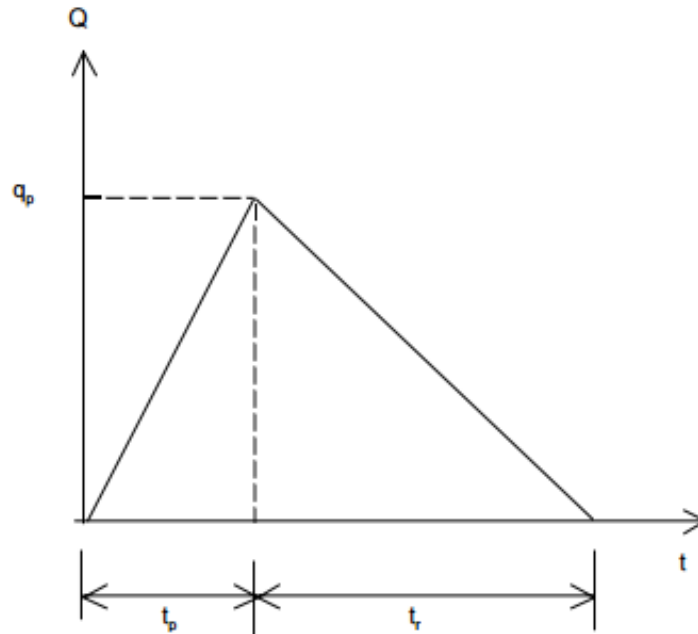


Figura 8:
Hidrograma unitario triangular
FUENTE: Villon Béjar (2010)

Finalmente se obtiene la siguiente ecuación:

$$Q_p = 0.208 \frac{h p_e \times A}{T_p}$$

Del análisis de varios hidrogramas, Mockus concluye que el tiempo base y el tiempo pico se relacionan mediante la expresión:

$$t_b = 2.67 t_p$$

A su vez, el tiempo pico se expresa como:

$$t_p = \frac{d_e}{2} + t_p$$

Donde:

t_b = Tiempo base, en hr.

t_p = Tiempo pico, en hr.

t_r = Tiempo de retraso, en hr.

d_e = duración en exceso, en hr.

El tiempo de retraso, se estima mediante el tiempo de concentración t_c , de la forma:

$$t_r = 0.6t_c$$

Donde:

t_r = Tiempo de retraso, en hr.

t_c = Tiempo de concentración, en hr.

También t_r , se puede estimar con la ecuación desarrollada por Chow, como:

$$t_r = 0.005 \left[\frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.64}$$

Donde:

t_r = Tiempo de retraso, en hr.

L = Longitud del cauce principal, en m.

S = pendiente del cauce, en %.

El tiempo de concentración t_c , se puede estimar con la ecuación de Kirpich:

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{\sqrt{S}}$$

Donde:

t_c = Tiempo de concentración, en hr.

L = Longitud del cauce principal, en m.

S = pendiente del cauce, en m/m.

Además, la duración en exceso con la que se tiene mayor gasto de pico, a falta de mejores datos, se calculan aproximadamente para cuencas grandes, como:

$$de = 2\sqrt{t_c} \text{ y para cuencas pequeñas, como:}$$

$$de = tc$$

Donde:

t_c = Tiempo de concentración, en hr.

de = Duración en exceso, en hr.

Para el caso del estudio se obtuvieron los siguientes datos:

$$\text{Área (km}^2\text{)} = 32.6$$

$$\text{hpe (mm)} = 6.53$$

$$t_c \text{ (hr)} = 0.493$$

$$t_p \text{ (hr)} = 0.998$$

$$t_b \text{ (hr)} = 2.665$$

$$Q_p \text{ (m}^3\text{/seg)} = 44.372$$

Con los cuales el hidrograma unitario triangular para 100 años de período de retorno es el siguiente:

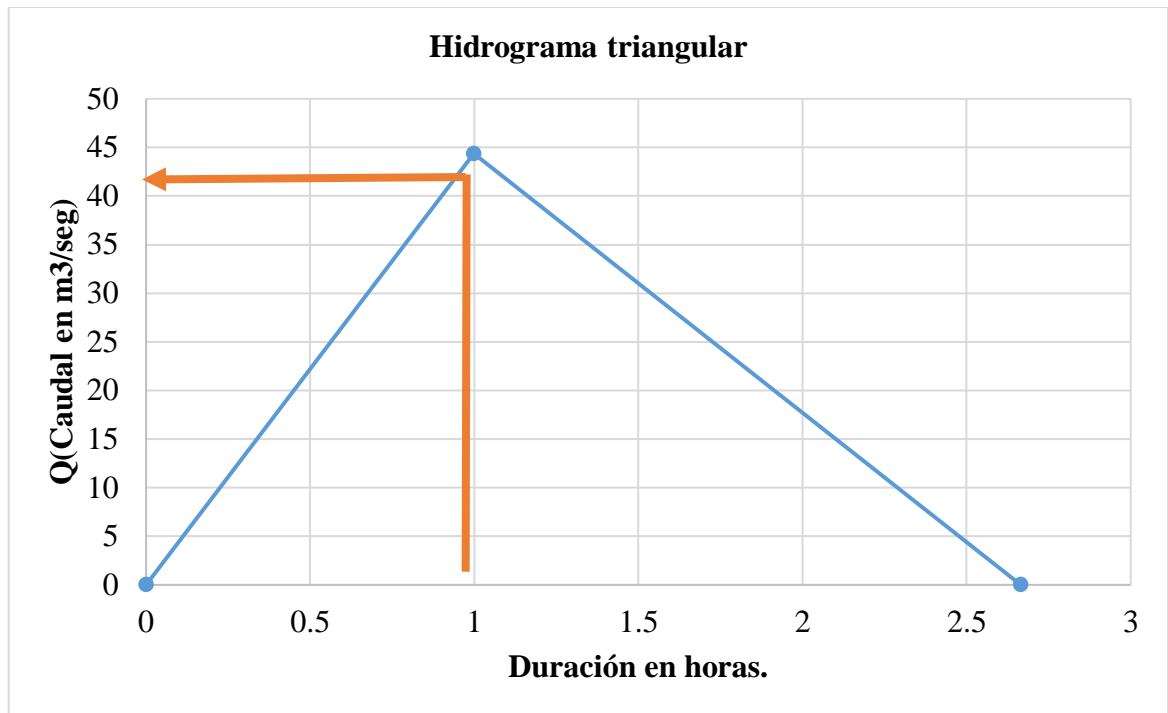


Figura 9:
Hidrograma Unitario Triangular para 100 años de periodo de retorno.
FUENTE: Elaboración Propia.

2.2.9.7. Diseño de obras de arte

a) Alcantarillas

El MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2008) define como alcantarilla a la estructura cuya luz sea menor a 6.0 m y su función es evacuar el flujo superficial proveniente de cursos naturales o artificiales que interceptan la carretera, la densidad de alcantarillas en un proyecto vial influye directamente en los costos de construcción y de mantenimiento, por ello, es muy importante tener en cuenta la adecuada elección de su ubicación, alineamiento y pendiente, a fin de garantizar el paso libre del flujo que intercepta la carretera, sin que afecte su estabilidad.

La ubicación en planta ideal para la construcción es la que sigue la dirección de la corriente y su pendiente longitudinal no debe alterar los procesos geomorfológicos, como la erosión y sedimentación.

Tipo y sección de alcantarilla: Los tipos de alcantarillas comúnmente utilizadas en proyectos de carreteras son: marco de concreto, tuberías metálicas corrugadas, tuberías de concreto y tuberías de polietileno de alta densidad, las secciones más usuales son circulares, rectangulares y cuadradas (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2008).

Materiales: La elección del tipo de material de la alcantarilla depende de varios factores: el tiempo de vida útil, costo, resistencia, rugosidad, condiciones del terreno, resistencia a la corrosión, abrasión, fuego e impermeabilidad.

Diseño Hidráulico: El procedimiento más utilizado para instaurar las distancias pequeñas de la sección para las alcantarillas es lo determinado por la fórmula de Robert Manning para canales abiertos y tuberías, a su vez que permite calcular la velocidad del flujo y caudal para una circunstancia de régimen uniforme.

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$Q = V \cdot A.$$

Dónde:

Q: Caudal (m³/s).

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

A: Área de la sección hidráulica (m²).

P: Perímetro mojado (m).

R: Radio hidráulico (m).

S: Pendiente de fondo (m/m).

n: Coeficiente de Manning

Tabla 22:
Valores de coeficiente de rugosidad de Manning (n)

Tipo de canal	Mínimo	Normal	Máximo
Tubo metálico corrugado	0.021	0.024	0.030
Tubo de concreto	0.010	0.015	0.020
Canal revestido en concreto alisado	0.011	0.015	0.017
Canal revestido en concreto sin alisar	0.014	0.017	0.020
Canal revestido, albañilería de piedra	0.017	0.025	0.030
Canal sin revestir en tierra o grava	0.018	0.027	0.030
Canal sin revestir en roca uniforme	0.025	0.035	0.040
Canal sin revestir en roca irregular	0.035	0.040	0.050
Canal sin revestir con maleza túpida	0.050	0.080	0.120
Río en planicie de cauce recto sin zonas de piedras y malezas	0.025	0.030	0.035
Ríos sinuosos o torrentosos con piedras	0.035	0.040	0.600

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

La velocidad mínima del caudal dentro del conducto no debe producir sedimento, se recomienda que la velocidad mínima sea igual a 0.25 m/s.

Bordo Libre: Se plantea que el diseño hidráulico prevea el 25 % de la altura del diámetro o flecha de la estructura como mínimo.

Socavación local a la salida de la alcantarilla: son elementos de protección como emboquillados de piedra, enchapado de rocas acomodadas u otros tipos de revestimientos, cuya finalidad es evitar la socavación ocasionada por la velocidad del agua, el diámetro de diseño se determina por medio de la fórmula de Laushey que calcula el diámetro medio de los elementos de protección a la salida de alcantarillas en función de la velocidad del flujo.

$$d_{50} = \frac{V^2}{(3.1g)}$$

Donde:

d_{50} : Diámetro medio de los elementos de protección (m)

V: Velocidad media del flujo a la salida de la alcantarilla (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s²)

b) Badenes

Según el MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013) Los badenes son estructuras construidas cuando el nivel de la rasante de la carretera coincide con el nivel de fondo del cauce del curso natural que intercepta su alineamiento, permite dejar pasar flujo de sólidos esporádicamente durante períodos lluviosos y donde no ha sido posible la proyección de una alcantarilla o puente, los materiales comúnmente usados son la piedra y el concreto, pueden construirse badenes de piedra acomodada y concreto, que forman parte de la superficie de rodadura de la carretera y también con paños de losas de concreto armado.

Consideraciones para el diseño: El material de arrastre debe considerarse como un factor importante en el diseño del badén, recomendándose que no sobrepase el perímetro mojado contemplado y no afecte los lados adyacentes de la carretera.

Protección contra la socavación: La protección debe realizarse tanto aguas arriba como aguas abajo de la estructura, mediante la colocación de enrocados, gaviones, pantallas de concreto u otro tipo de protección contra la socavación, en función al tipo de material que transporta el curso natural.

Pendiente longitudinal: La pendiente longitudinal debe permitir el ingreso y salida de los vehículos de manera cómoda y no involucre problemas para los conductores y daño a los vehículos.

Pendiente transversal del badén: Con el propósito de reducir el riesgo de obstrucción del badén con el material de arrastre que transporta se recomienda pendientes transversales entre 2 y 3%.

Borde Libre: en general, el borde libre debe ser igual a la altura de agua entre el nivel de flujo máximo esperado y el nivel de la línea de energía, pero, se recomienda adoptar valores entre 0.30 y 0.50 m.

Diseño hidráulico: Para el diseño hidráulico se idealizará el badén como un canal trapezoidal con régimen uniforme con las siguientes propiedades:

- La profundidad, área de la sección transversal, velocidad media y gasto son constantes en la sección del canal
- La línea de energía, el eje hidráulico y el fondo del canal son semejantes, es decir, las pendientes de la línea de energía, de fondo y de la superficie del agua son iguales. La velocidad media en un flujo uniforme cumple la ecuación de Manning, que se expresa por la siguiente relación:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$Q = V.A.$$

Dónde:

Q: Caudal (m³/s).

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

A: Área de la sección hidráulica (m²).

P: Perímetro mojado (m).

R: Radio hidráulico (m).

S: Pendiente de fondo (m/m).

n: Coeficiente de Manning (Ver Tabla N° 09).

c) Cunetas

Según el MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013), 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, se proyectan para todos los tramos al pie de los taludes de corte, longitudinalmente paralela y adyacente a la calzada del camino y pueden ser de concreto vaciadas en el sitio, prefabricados o de otro material resistente a la erosión, pueden ser de tipo triangular, trapezoidal o rectangular.

La inclinación del talud interior de la cuneta (V/H) (1:Z1) depende de las situaciones de seguridad, de la velocidad y volumen de diseño de la carretera, Índice Medio Diario Anual IMDA (veh/día) de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 23:
Inclinaciones máximas del talud (V:H) en el interior de la cuneta.

V.D. (km/h)	I.M.D.A. (Veh./día)	
	< 750	> 750
< 70	1:02	(*)
	1:03	1:03
> 70	1:03	1:04

(*) Solo en casos muy especiales

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

La inclinación del talud exterior de la cuneta (V/H) (1:Z2) será de acuerdo al tipo de inclinación considerada en el talud de corte.

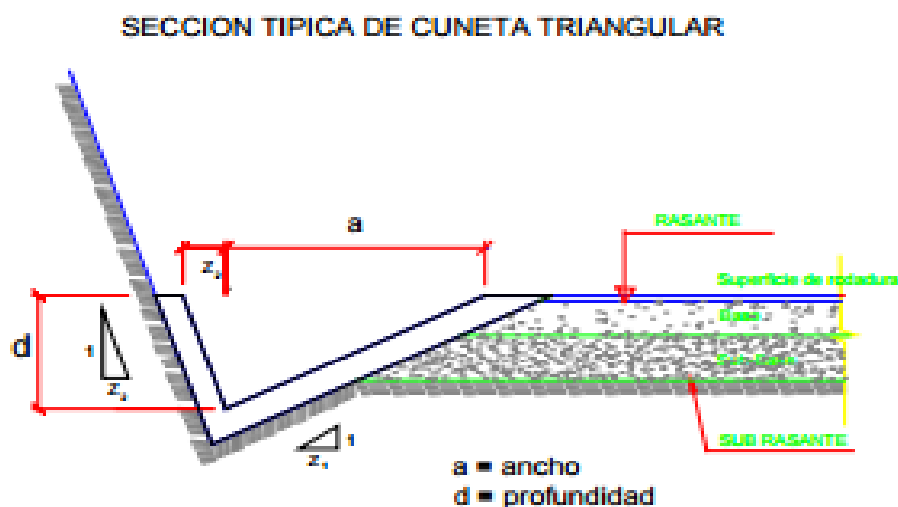


Figura 10:
Sección típica de cuneta triangular

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2008)

Capacidad de las Cunetas: Se rige por dos límites: Caudal que transita con la cuneta llena y caudal que produce la velocidad máxima admisible, para el diseño hidráulico se utiliza el principio del flujo en canales abiertos, usando la ecuación de Manning:

$$Q = A \times V = \frac{(A \times R_h^{2/3} \times S^{1/2})}{n}$$

Donde:

Q: Caudal (m³ /seg)

V: Velocidad media (m/s)

A: Área de la sección (m²)

P: Perímetro mojado (m)

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

S: Pendiente del fondo (m/m)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

Caudal Q de aporte: Es el caudal calculado en el área de aporte correspondiente a la longitud de cuneta. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3.6}$$

Donde:

Q: Caudal en m³ /s

C: Coeficiente de escurrimiento de la cuenca

A: Área aportante en Km²

I: Intensidad de la lluvia de diseño en mm/h

Desagüe de las cunetas: La descarga de agua de las cunetas se efectúa por medio de alcantarillas de alivio. En región seca o poca lluvia la longitud de las cunetas será de 250 m como máximo, en región muy lluviosa se recomienda reducir esta longitud máxima a 200 m. Salvo justificaciones técnicas, cuando se tenga presencia de áreas agrícolas, viviendas ubicadas sobre el talud inferior de la carretera que pueden ser afectadas por descargas de alcantarillas de alivio.

Revestimiento de las cunetas: Las cunetas deben ser revestidas, para evitar la erosión de la superficie del cauce o conducto, productos de corrientes de agua que alcancen velocidades altas; o cuando el terreno es muy permeable que permite la filtración hacia el pavimento, y consecuentemente su deterioro. El revestimiento de las cunetas puede ser de concreto o mampostería de piedra, se recomienda un revestimiento de concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y espesor de 0.075m.

Cunetas o zanjas de coronación: Las cunetas o zanjas de coronación son canales que se construyen en la parte superior de los taludes de corte, para recoger las aguas que bajan por las pendientes naturales y conducir las hacia la quebrada o descarga más próxima del sistema general de drenaje, evitando de este modo la erosión del terreno, especialmente en zonas de pendiente pronunciada.

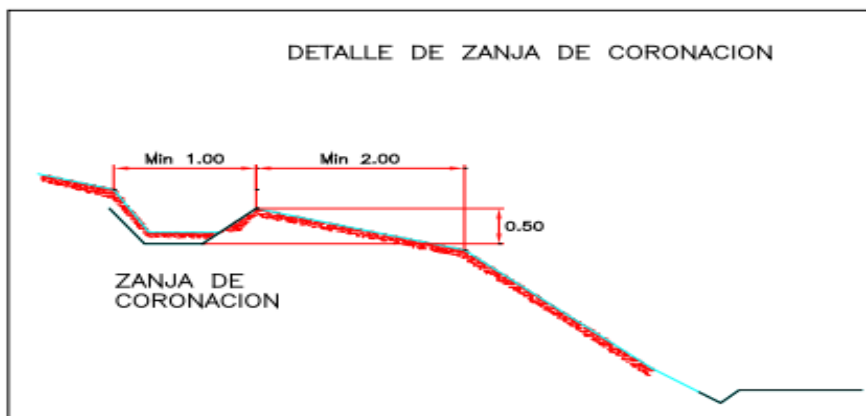


Figura 11:
Detalle típico de zanja de coronación
FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2008)

Si la pendiente es mayor que 2%, es necesario que el canal tenga recubrimiento de concreto simple o enrocado, teniendo en cuenta además del área mojada y la rugosidad del canal. Para pendientes mayores, las zanjas deben ser escalonadas con emboquillado de piedra bajo la caída.



Figura 12:
Detalle de zanja de coronación en pendientes muy pronunciadas
FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2008)

Se puede prescindir de las cunetas de coronación en taludes de suelos resistentes a la erosión con declives de 1:2 (V:H) o menores, o cuando durante la construcción se hayan adoptado medidas efectivas de control de la erosión.

Zanjas de drenaje: Las zanjas de drenaje son canales que se construyen en la parte inferior de los taludes de relleno en forma longitudinal lateral o transversal al alineamiento de la carretera, para recoger las aguas que bajan por el talud y terrenos adyacentes para conducir las hacia la quebrada o descarga más próxima del sistema general de drenaje, evitando de este modo la erosión del terreno. Normalmente son de forma rectangular, pero también pueden ser trapezoidales, si se requiere una mayor dimensión.

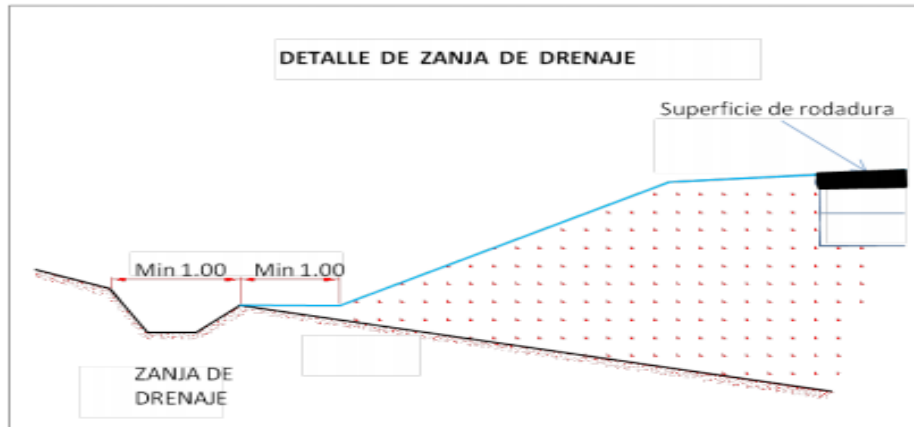


Figura 13:
Detalle típico de zanja de drenaje
FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2008)

Cunetas de banqueta: Son aquellas que se ubican al pie del talud inclinado de cada banqueta, las cuales consisten en la construcción de una o más terrazas sucesivas con el objetivo de estabilizar un talud, pueden tener sección triangular, rectangular o trapezoidal, de acuerdo al caudal de escorrentía superficial que transportará y su descarga se efectuará hacia un curso natural o mediante caídas escalonadas hacia las cunetas.

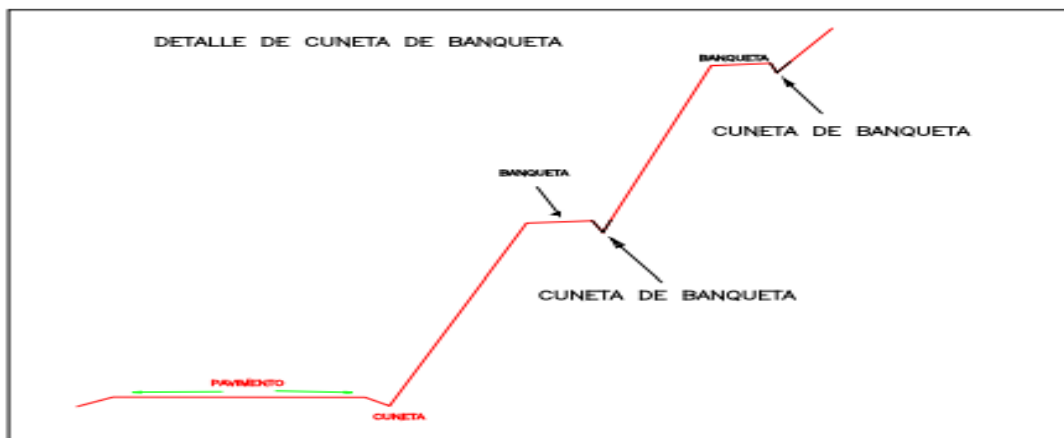


Figura 14:
Detalle de cuneta de banqueta típica
FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2008)

d) Puente

Según el MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013) *“los puentes son las estructuras mayores que pueden formar parte del drenaje transversal de la carretera y permiten salvar o cruzar un obstáculo natural, el cual puede ser el curso de una quebrada o un río”*

Consideraciones para el diseño: las consideraciones para el diseño son:

Topografía: la topografía debe incluir la ubicación de la estructura existente, niveles de agua actuales, marcas de agua en la estructura existente, toma del perfil longitudinal del curso natural, secciones transversales del curso natural espaciados no mayor a 0.5 veces el ancho del cauce principal del curso natural.

Ubicación del puente: La elección de la ubicación del puente debe ser la más óptima posible, desde el punto de vista hidráulico, geotécnico y de diseño Vial; es decir, que el curso natural no afecte su estabilidad y a su vez el puente no produce cambios morfológicos en el curso natural, entre los aspectos a tener en cuenta para la ubicación de puentes, son los siguientes:

- Forma de las cuencas tributarias
- Estabilidad fluvial del tramo fluvial comprometido
- Características topográficas de los terrenos y forma de los cauces
- Cobertura vegetal existente
- Características geológicas o singulares, tales como afloramientos rocosos, existencia de gravas, arenas, etc.
- Obras de drenaje existentes aguas arriba y debajo de la obra objeto del estudio y su posible influencia sobre la misma
- Características de los cauces principales tales como, sus secciones, alineamiento, los obstáculos, la vegetación existente y a naturaleza de los acarreos
- Calidad aparente de los materiales sobre los cuales se va colocar el puente

Caudales máximos de diseño: Para realizar el Estudio Hidráulico de puentes, en primer lugar, se debe realizar el estudio hidrológico con el objetivo de obtener la Avenida de Diseño o el caudal máximo en condiciones de crecida, que se obtiene mediante cálculos hidráulicos con la avenida de un periodo de retorno de $Tr = 100$ años, y los cálculos de socavación y el diseño de las estructuras de defensa se hacen tomando en cuenta la avenida con un periodo de retorno de $Tr = 500$ años, para el río Chillincoy se tiene los siguiente resultados.

Tabla 24:

Máximas avenida para el río Chillincoy para 100 y 500 años de periodos de retorno

Periodo de retorno (T)	Qmax
Años	m³/s
100	44.372 m ³ /s
500	73.34 m ³ /s

FUENTE: Elaboración propia

Gálibo o altura libre: El gálibo se define como el espacio libre entre el nivel máximo del flujo de crecida y el nivel inferior del tablero del puente proyectado tiene el objetivo de dejar pasar las fluctuaciones de flujo cuando la corriente interactúa con la estructura proyectada producto de la sobre elevación del flujo, por efectos de remanso, transporte de materiales flotantes como ramas, troncos e incluso árboles y otros materiales flotantes que transporta la corriente. En la etapa de diseño de puentes, se recomienda lo siguiente:

- Cuando existe evidencia que la corriente transporta material sólido, troncos, palizada u otros objetos voluminosos, el gálibo mínimo asociado al nivel de aguas máximas deberá ser, 2.5 m.
- En el caso que la corriente sea relativamente limpia, se considerará un gálibo de 2.0 m por encima del nivel de aguas máximas extraordinarias.

Características del Río en la Zona de Estudio: El río Chillincoy es un río con alta pendiente en su recorrido siendo el promedio de 0.0726, el coeficiente de Manning del cauce es de 0.045 y de las llanuras es de 0.034

Planta del puente y dirección del río: El puente proyectado para el presente estudio tendrá una luz aproximada de 6.00 m.



Figura 15:
Ubicación del puente en la zona de estudio
FUENTE: Elaboración Propia.

Sección transversal estudiada en la zona del puente: es como se muestra a continuación

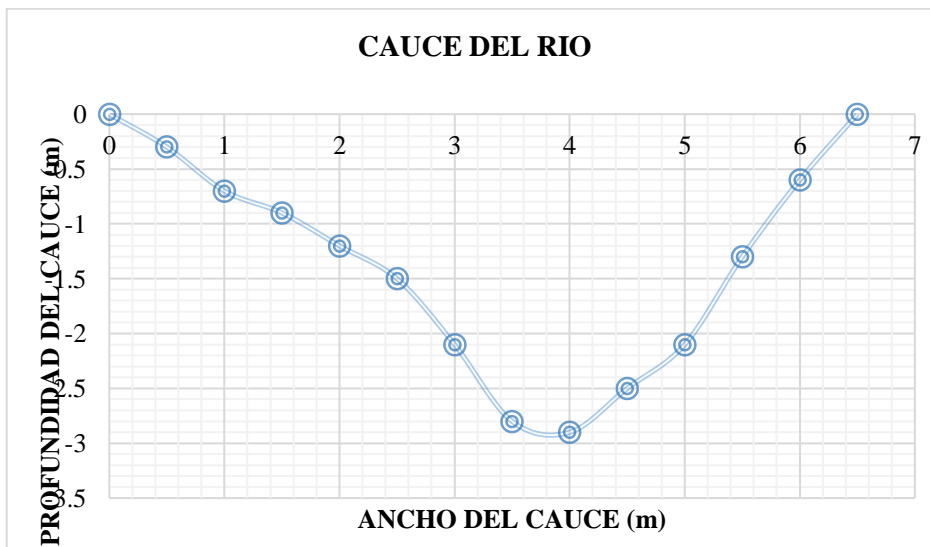


Figura 16:
Sección transversal del río
FUENTE: Elaboración Propia.

Para el diseño se considera un nivel de aguas máximas de 1.20m y en épocas de sequía no discurre agua, por ello se considera un nivel de aguas mínimas de 0.52m

Fajas marginales: Según el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos – Ley N° 29338, Art. 113° y 114°, Las fajas marginales son bienes de dominio público hidráulico. Están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales. Las dimensiones en una o ambas márgenes son fijadas por la Autoridad Administrativa del Agua, y se realiza de acuerdo los siguientes criterios:

- La magnitud e importancia de las estructuras hidráulicas de las presas, reservorios, embalses, canales de derivación, puentes, entre otros.
- El espacio necesario para la construcción, conservación y protección de las defensas ribereñas y de los cauces.
- El espacio necesario para los usos públicos que se requieran.
- La máxima crecida o avenida de los ríos, lagos, lagunas y otras fuentes naturales de agua. No se considerarán las máximas crecidas registradas por causas de eventos excepcionales.

Cálculos hidráulicos: Significa determinar la capacidad hidráulica de la sección de escurrimiento, es decir si el caudal de diseño pasa adecuadamente a través de él, luego determinar la sobreelevación del nivel de agua provocada por la presencia del puente y estimar el nivel de socavación potencial total en la zona de los apoyos.

Villon Béjar (2010) manifiesta, los cálculos hidráulicos se basan en el estudio del flujo gradualmente variado. Teniendo en cuenta las ecuaciones del flujo gradualmente variado, para la determinación de las características del flujo de avenida aguas arriba del puente, y aguas debajo del puente. Estos cálculos son importantes para determinar la altura adecuada del galibo, para calcular los fenómenos de socavación, y para diseñar los estribos del puente.

Aforo del río: Se define como el conjunto de actividades hidrométricas cuyo objetivo es determinar el caudal de una corriente de agua. Las principales actividades que se realizan durante esta práctica son: El levantamiento del perfil transversal de la sección de aforo y las mediciones de profundidades y velocidades del flujo en distintos puntos de dicha sección.

Calculo de tirante hidráulico en el punto de interés: Se entiende por tirante hidráulico a la altura o cota de agua que circula por un punto determinado. Para el cálculo del tirante hidráulico para distintos tiempos de retorno en los puntos de interés, se ha utilizado el software HEC-RAS, el cual se detalle a continuación:

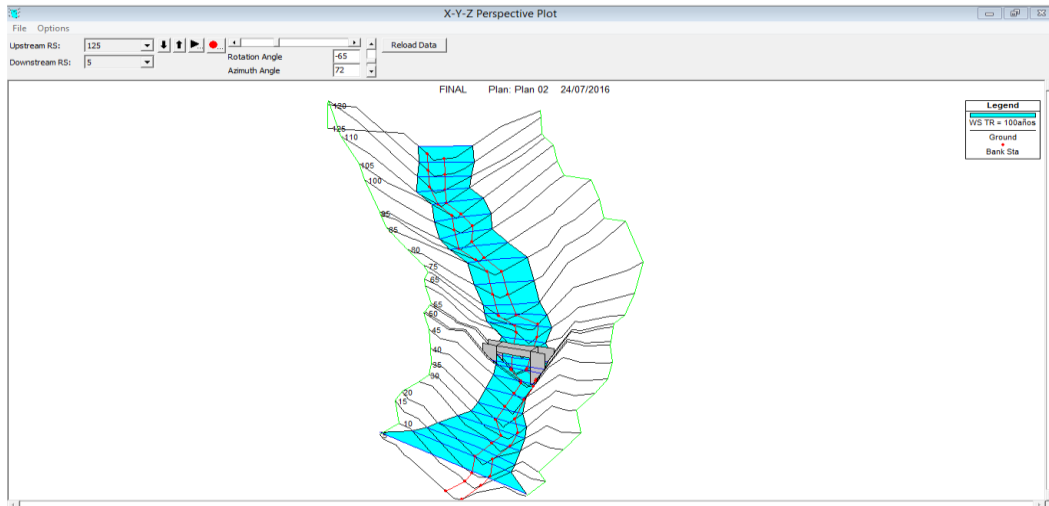


Figura 17:
HEC RAS para un período de 100 años
FUENTE: Elaboración Propia.

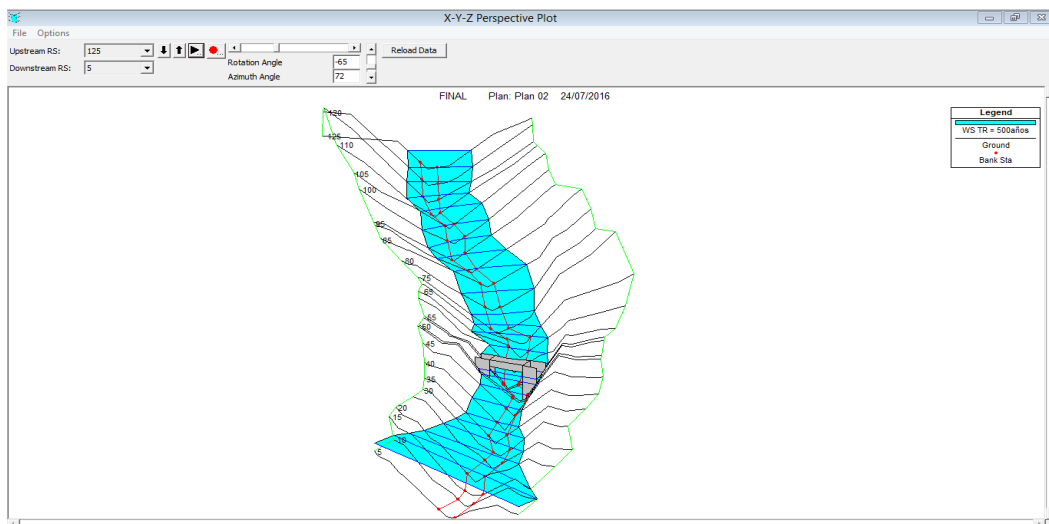


Figura 18:
HEC RAS para un período de 500 años
FUENTE: Elaboración Propia.

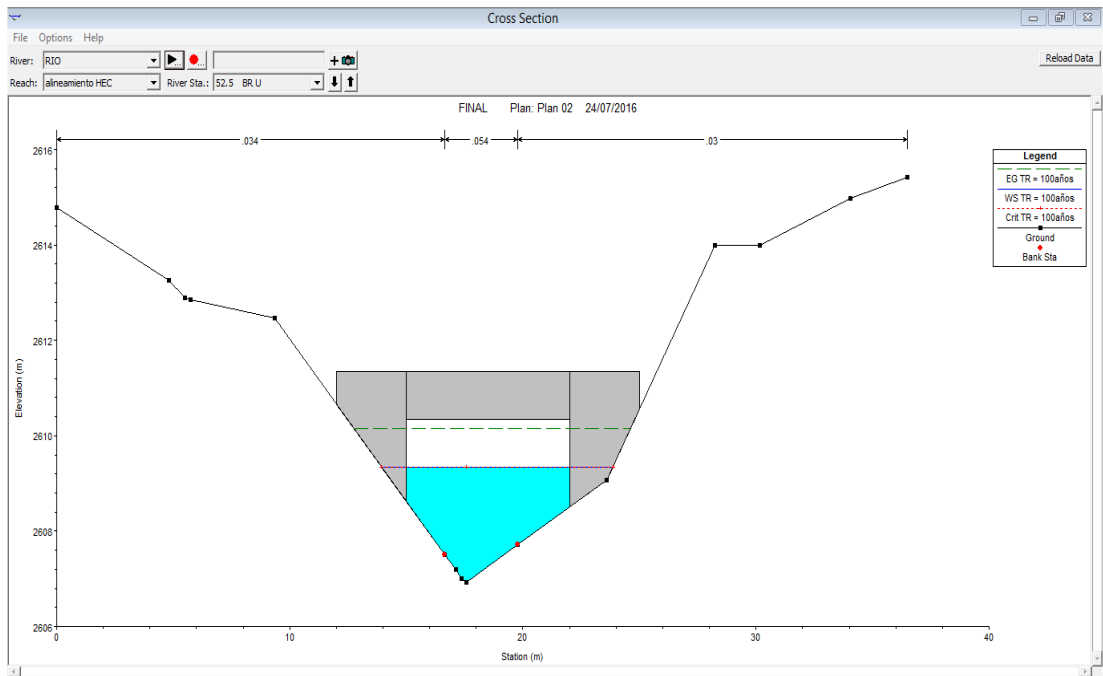


Figura 19:
Nivel de agua para un periodo de retorno de 100 años.
FUENTE: Elaboración Propia.

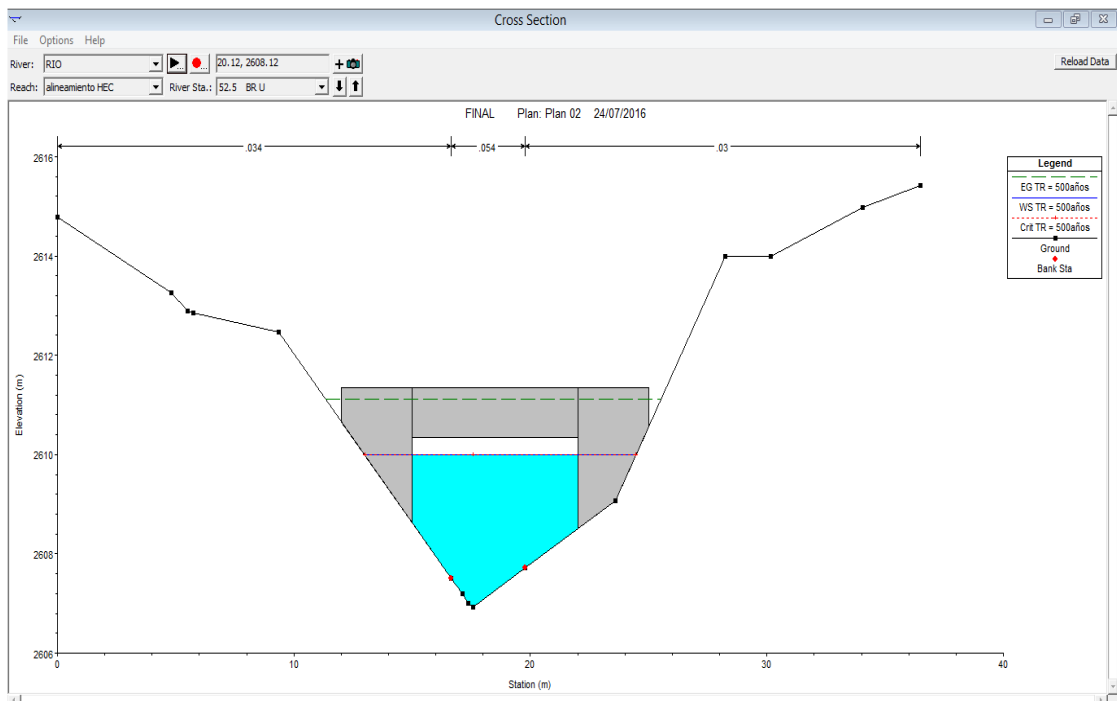


Figura 20:
Nivel de agua para un periodo de retorno de 500 años.
FUENTE: Elaboración Propia.

Estudio de la socavación: En nuestro país la causa hidráulica más habitual de fallo de puentes es la socavación, que inicia a partir de sus apoyos, la cual

deteriora las cimentaciones, por su poco nivel de desplante o por construcción incorrecta, la socavación es un paso que se origina a largo y corto plazo o transitorio, como en el caso de la ocurrencia de avenidas, (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2013).

La valoración de la hondura de socavación para el diseño de puentes debe considerar; la socavación que se manifiesta aparte de la presencia del puente como socavación general, socavación en curvas, etc., la socavación que ocurre en la sección del puente debido a la angostura del cauce por la presencia del puente (socavación por contracción) y la socavación que ocurre en la zona de sus apoyos (socavación local de pilares y estribos rodeados por la corriente).

Existe escasa investigación sobre modelos teóricos para apreciar la profundidad de socavación, debido al alto grado de indecisión y a la complicación de las variables implicadas, por ello, se recurre a los resultados de investigaciones experimentales de laboratorio basadas en el análisis dimensional, que dan resultados muy conservadores y contradictorios.

Socavación general: Para fines de estimación es común tomar un juicio moderado para calcular la máxima profundidad posible del lecho, bajo una situación hidráulica dada, la máxima profundidad del cauce sucede cuando se logra la situación de transporte crítico, donde la velocidad de flujo disminuye al punto que la corriente no puede mover y extender más material del lecho, existen cierto métodos para la valoración de la profundidad de socavación general bajo la situación en que la velocidad de deslizamiento es equiparada por la velocidad crítica de arrastre y apreciación de socavación general por contracción del cauce.

Método de Lischtvan – Levediev.

Es el método mayormente difundido en el Perú, incluye la consecuencia de la contracción de un puente. Se basa en la medida que debe concurrir entre la velocidad media real de la corriente (V_r) y la velocidad media erosiva (V_e). La velocidad erosiva no da inicio a la movilización de las partículas en suelos sueltos, sino la velocidad mínima que conserva un movimiento completo del material del fondo. Si el suelo es cohesivo, es la velocidad que es capaz de levantar y poner el sedimento en suspensión. La velocidad erosiva está en función de las tipologías del

sedimento de fondo y el fondo del agua. La velocidad real está determinada en función de las características del río: pendiente, rugosidad y tirante o profundidad del agua.

El método asume el caudal unitario conveniente a cada franja básica que divide el cauce natural y se mantiene igual durante el transcurso erosivo y puede aplicarse, con los debidos ajustes, para casos de cauces definidos o no, materiales de fondo cohesivos o friccionantes y para condiciones de distribución de los materiales del fondo del cauce homogénea o heterogénea.

Método de Lischtvan – Levediev.

La expresión que a continuación se muestra se usa para tener una estimativa del posible declive que sufriría la base del cauce debido a una disminución en su sección transversal.

$$H_s = \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{0.642} h_1$$

Donde:

$H_s - h_1$: Profundidad de socavación.

B_1 : Ancho de la superficie libre del cauce aguas arriba de la contracción (m)

B_2 : Ancho de la superficie libre del cauce de la contracción (m).

h_1 : Tirante de agua hacia aguas arriba de la contracción (m).

Tabla 25:
Calculo de la socavación del río Chillincoy

Abscisa (X)	Tirante (h)	Hs	Hs-h
0	0.00	0.00	0.00
0.5	0.30	0.44	0.14
1	0.70	1.02	0.32
1.5	0.90	1.31	0.41
2	1.20	1.75	0.55
2.5	1.50	2.19	0.69
3	2.10	3.06	0.96
3.5	2.80	4.08	1.28
4	2.90	4.23	1.33
4.5	2.50	3.65	1.15
5	2.10	3.06	0.96
5.5	1.30	1.90	0.60
6	0.60	0.88	0.28
6.5	0.00	0.00	0.00

FUENTE: Elaboración Propia.

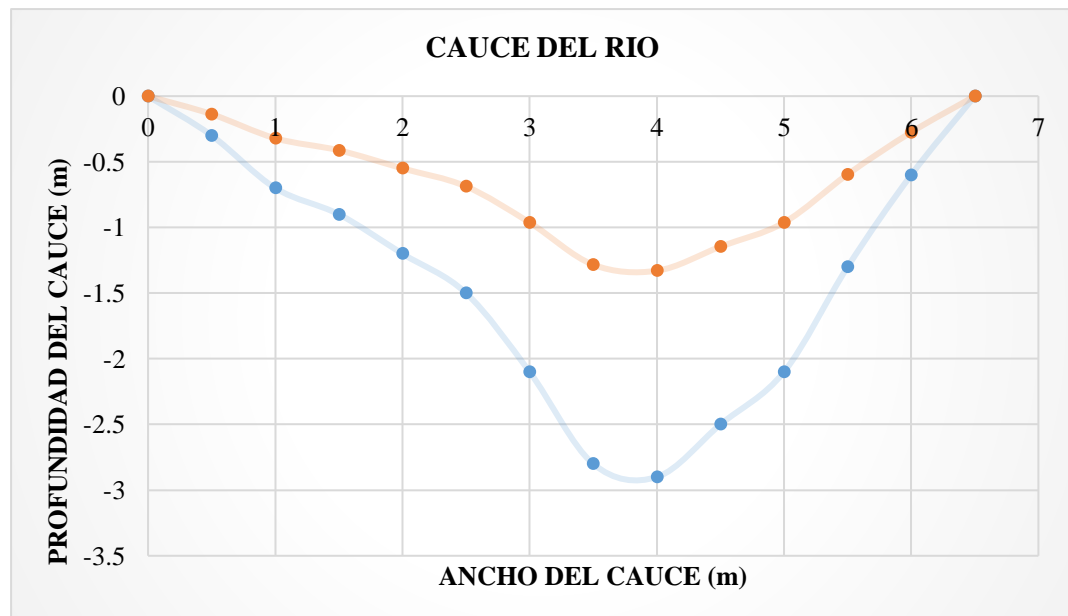


Figura 21:
Socavación del río Chillincoy

FUENTE: Elaboración Propia.

Estimación de la Socavación local en Estribos: Existen algunos métodos que determinan la Socavación local en estribos, entre los que se tiene: Liu, Chang y Skinner, Laursen, Artamonov, Froehlich, Hire y Melville. Pero, existe duda en la

aplicabilidad porque los resultados de las ecuaciones son mayores para el caso de la socavación local en pilares.

Las fórmulas para determinar la socavación local en estribos se sustentan en datos de laboratorio y pocas veces en datos de campo existe para su verificación. Casi todas las fórmulas tienen resultados muy moderados de socavación porque imaginan que el estribo se encuentra en el cauce principal formado por lechos aluviales y asumen que el caudal de agua obstruido es proporcional a la longitud del estribo, lo cual raramente ocurre en la realidad.

La socavación local en los estribos está en función de la forma del estribo, las características del sedimento, la forma de la sección transversal, la profundidad del flujo en el cauce principal y en las márgenes, el caudal que es capturado por el estribo y regresa al cauce principal, la alineación del cauce, el tiempo de duración de la creciente, etc., factores que no se reflejan debidamente en las fórmulas.

2.2.10. Presupuesto general de implementar el diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte

2.2.10.1. Metrado

Zegarra Russo (s/a) define metrado como a los datos obtenidos mediante lecturas de los planos preferentemente acotados, y excepcionalmente utilizando escalímetro. La finalidad de calcular los metrados es para estimar los requerimientos de la obra que al multiplicar por los respectivos costos unitarios y sumados se obtiene el costo directo.

Los metrados son la valoración de las partidas que se van a realizar en la materialización de una obra. Se deberá medir y cuantificar el diseño del proyecto en todas sus partidas. Estas varían de acuerdo a la magnitud de la obra, para su cuantificación se puede utilizar los siguientes formatos:

Tabla 26:

Formato de aplicación para determinar el metrado con excepción de la partida de concreto armado

METRADO								
Obra :		Hoja N° : de		Propietario :		Plano N° :		
Fecha :		Hecho por :		Revisado :				
Partida N°	Especificaciones	N° de veces	Medidas			Parcial	Total	Und
			Largo	Ancho	Altura			

FUENTE: Zegarra Russo (s/a)

Tabla 27:

Formato de aplicación para determinar el metrado de fierro

METRADO											
Obra :		Hoja N° : de		Propietario :		Plano N° :		Fecha :		Hecho por :	
										Revisado :	
Descripción	Diseño del fierro	Ø	N° de elementos iguales	N° de Piezas x elemento	Longitud x pieza	Longitudes x Ø					
						1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"

Ø	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"
Long. Total x Ø						
Peso Kg./ml						
TOTAL (kgs.)						

FUENTE: Zegarra Russo (s/a)

Tabla 28:
Formato de aplicación para determinar partidas de concreto armado

METRADO DE CONCRETO ARMADO																		
Obra :			Hoja Nº : de															
Propietario :			Plano Nº :															
Fecha :			Hecho por :															
			Revisado :															
Part. Nº	Elemento:		Concreto				Encofrado			Fierro			Longitud Total					
	Descripción	Cant. de elementos	Medidas			Total (m3)	Medidas		Total (m2)	Diam	Cant.	Longitud c/Ø	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"
			l	a	h		l	a (h)										

FUENTE: Zegarra Russo (s/a)

2.2.10.2. Costo directo

Zegarra Russo (s/a) define como la sumatoria del valor de materiales, mano de obra (incluyendo leyes sociales), equipos, herramientas y todos los elementos requeridos para la ejecución de la obra, los costos directos pueden tener diversos grados de aproximación de acuerdo al interés propuesto, sin embargo efectuar un mayor refinamiento de los costos no necesariamente conduce a una mayor exactitud

Mano de obra: El costo de la mano de obra debe estar regido con la normatividad vigente y lo estipulado por las leyes sociales y bonificaciones a que tienen derecho los trabajadores del rubro de construcción civil, el análisis estimado debe ser en horas - hombre (H-H).

Los costos de la mano de obra para cada una de las partidas está constituida por: Operario, Oficial, Peón y Capataz (1.30*Operario.)

Materiales: Se debe efectuar un estudio de mercado, tanto en el área específica de la obra y localidades aledañas, el análisis y cálculo de precios no solo ha de considerar el costo de cotización en el lugar de venta, sino también los aspectos como: la colocación al pie de obra, los fletes, el manipuleo, el almacenamiento, las mermas y los costos adicionales como el transporte (flete) de

los materiales desde su lugar de fabricación o expendio hasta los almacenes del Contratista en obra.

Para el caso de la determinación del flete de materiales se recomienda la "Metodología de Determinación de Costos para el Servicio Público de Transporte de Pasajeros en Ómnibus y de Carga en Camión" aprobada por DS N° 049-2002-MTC.

Equipo mecánico: Son costos de la utilización de maquinaria y equipo de acuerdo a la incidencia, por lo que la elección de los costos y tipo de maquinaria ha de ser cuidadosamente tratada, se determina de acuerdo al mercado nacional, según publicaciones especializadas como el de la Revista Costos (Grupo S10), Revista CAPECO (Cámara Peruana de la Construcción), Revista Constructivo y Cotizaciones de Proveedores. Los costos de alquiler consideran aspectos como: Costos de posesión (capital de inversión, depreciaciones, intereses, obligaciones tributarias, seguros, etc.), costos de operación (combustibles, lubricantes, filtros, neumáticos, mantenimiento, operador, repuestos, elementos de desgastes, etc.), los rendimientos de los Equipos deben ser concordantes a la Tabla de "Rendimientos de Equipo Mecánico RM N° 001-87-TC/MT proporcionados por el MTC.

2.2.10.3. Costo indirecto

Zegarra Russo (s/a) define como la suma de todos los costos que no intervienen directamente en la ejecución de la obra, tales como los gastos técnicos-administrativos, imprevistos, etc. necesario para la adecuada materialización de la obra.

Son todos aquellos gastos que no pueden aplicarse a una partida determinada, sino al conjunto de la obra, estos costos están representados por un porcentaje de incidencia del costo directo total y se clasifican en: Gastos Generales y Utilidad, a su vez los Gastos Generales se subdividen en Gastos Generales Fijos o no relacionados con el tiempo de ejecución de obra y Gastos Generales Variables o relacionados con el tiempo de ejecución de obra.

Costos indirectos fijos, está integrado por los siguientes cargos:

Gastos de Licitación y contratación.

Gasto Administrativos de Oficina.

Liquidación de Obra.

Equipamiento y mobiliario de campamento.

Vestimenta.

Costos indirectos variables, corresponde a:

Remuneración Personal Profesional- Técnico Auxiliar.

Alquiler de equipo de Ingeniería.

Alimentación.

Comunicaciones, Materiales varios.

Cargas Financieras y Finanzas.

Utilidad: La utilidad es un concepto independiente del costo que cada empresa determinan libremente sin más limitaciones que las que le fijen sus obligaciones para consigo misma y para con la sociedad. Tiene como objetivo el de garantizar la supervivencia de la empresa en el campo económico y social mediante una remuneración equitativa correspondiente al capital invertido y el riesgo implícito, así como a la generación de fuentes de trabajo estable, permanente y justa.

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 un 10% aplicado sobre el costo directo.

2.2.10.4. Costo total

El costo total está integrado por los costos directos y los costos indirectos, a los cuales se les agrega el impuesto general a las ventas (IGV) vigente.

2.2.11. Características del diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte.

2.2.11.1. Superficie de rodadura

Según el MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013), el estudio del ancho de la superficie de rodadura se hace sobre todo con criterio económico, para una velocidad directriz de 20 km/h se toma en consideración la siguiente tabla

Tabla 29:
Características básicas para la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito

Carretera de BVT	IMD Proyectado	Ancho de Calzada (M)	Estructuras y Superficie de Rodadura Alternativas (**)
T3	101-200	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado
T2	51-100	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16-50	1 carril(*) o 2 carriles 3.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T0	<15	1 carril(*) 3.50-4.50	Afirmado (tierra) En lo posible mejorado con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm
Trocha carrozable	IMD Indefinido	1 sendero(*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

(*) Con plazoletas de cruce, adelantamiento o volteo cada 500 – 1000 m; mediante regulación de horas o días, por sentido de uso.

(**) En caso de no disponer gravas en distancia cercana las carreteras puede ser estabilizado mediante técnicas de estabilización suelo-cemento o cal o productos químicos u otros.

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

Para proyecto según el análisis de tráfico vehicular se tiene menor a 15 veh/día, por lo cual se ha determinado un ancho de rodadura de 4.50 m., con plazoletas de cruce cada 500 m. en promedio, con las características que se muestran a continuación:

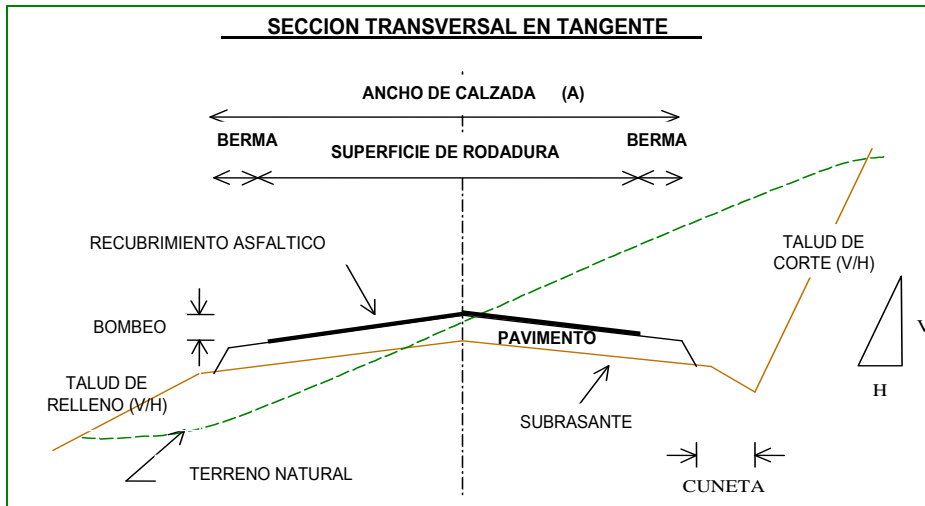


Figura 22:
Sección transversal de la superficie de rodadura en tangente
FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

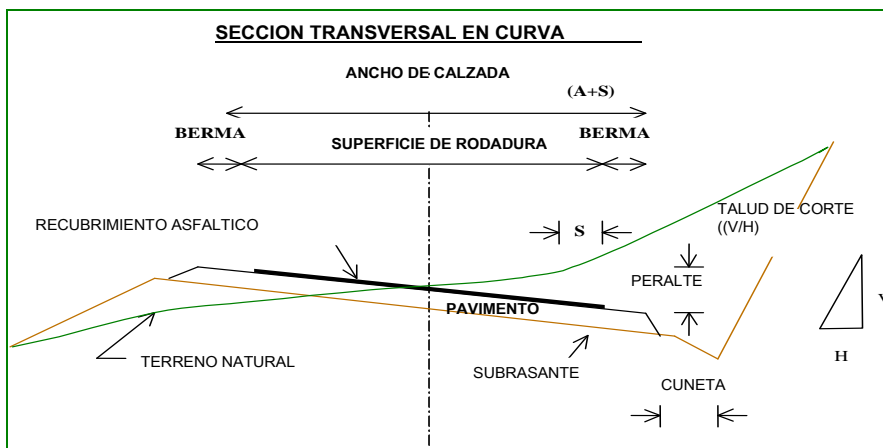


Figura 23:
Sección transversal de la superficie de rodadura en curva
FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

Plazoletas de cruce: En carreteras de un solo carril con dos sentidos de tránsito, se deben construir ensanches en la plataforma, cada 500 m como mínimo para que puedan cruzarse los vehículos opuestos o adelantarse aquellos del mismo sentido.

a) **Métodos de diseño para carreteras de bajo volumen de tránsito a nivel del afirmado:**

Método de 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.

En el siguiente gráfico “Resumen de Espesores de Pavimentos”, se muestra los espesores obtenidos de la aplicación del Método USACE.

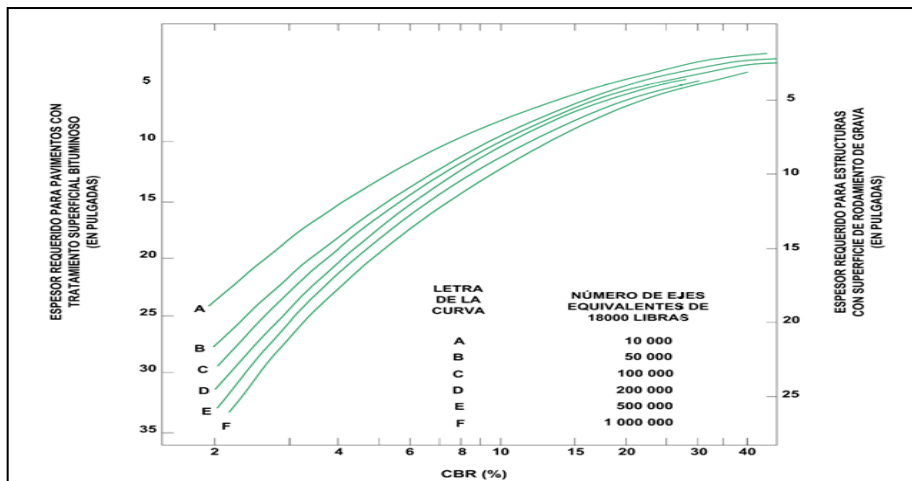


Figura 24:

Curvas de diseño de espesores para estructuras con y sin tratamientos bituminosos, según el análisis USACE

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

Método del MTC: El Ministerio de Transportes para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito, adoptó para el dimensionamiento de los grosores de la capa de afirmado la fórmula establecida por NAASRA (Nacional Association of Australian State Road Athorities), hoy AUSTROADS, que depende el valor soporte del suelo (C.B.R.) y la carga causante sobre el afirmado, expresada en Número de Repeticiones de EE:

$$e = \left[[219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10} CBR)^2] * \log_{10} * (Nrep/120) \right]$$

Dónde:

e = Espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = Valor del CBR de la subrasante.

Nrep = Número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

En la siguiente tabla se muestran los espesores de afirmado considerando subrasantes de CBR entre 6% hasta 30% y tráfico con número de repeticiones de hasta 300,000 ejes equivalentes.

Es obligatorio decir, las partes que presentan subrasantes con CBR < 6%, serán materia de un estudio específico de estabilización o reemplazo de suelos de la subrasante.

Tabla 30:
Espesor de material de afirmado (mm)

CBR % Diseño	EJES EQUIVALENTES																			
	10,000	20,000	25,000	30,000	40,000	50,000	60,000	70,000	75,000	80,000	90,000	100,000	110,000	120,000	130,000	140,000	150,000	200,000	300,000	
	ESPESOR DE MATERIAL DE AFIRMADO (mm)																			
6	200	200	250	250	250	250	250	250	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	350	
7	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300	300	300	300
8	150	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300
9	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
10	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250
11	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250
12	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
13	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
14	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
15	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200
16	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200
17	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200
18	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200
19	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
20	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
21	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
22	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
23	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
24	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
25	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
26	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
27	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
28	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
29	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
30	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
> 30 *	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150

(*) Subrasante con CBR <6%, serán materia de estabilización o mejoramiento de subrasante, según los criterios expuestos en el Capítulo 9
Estabilización de Suelos

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

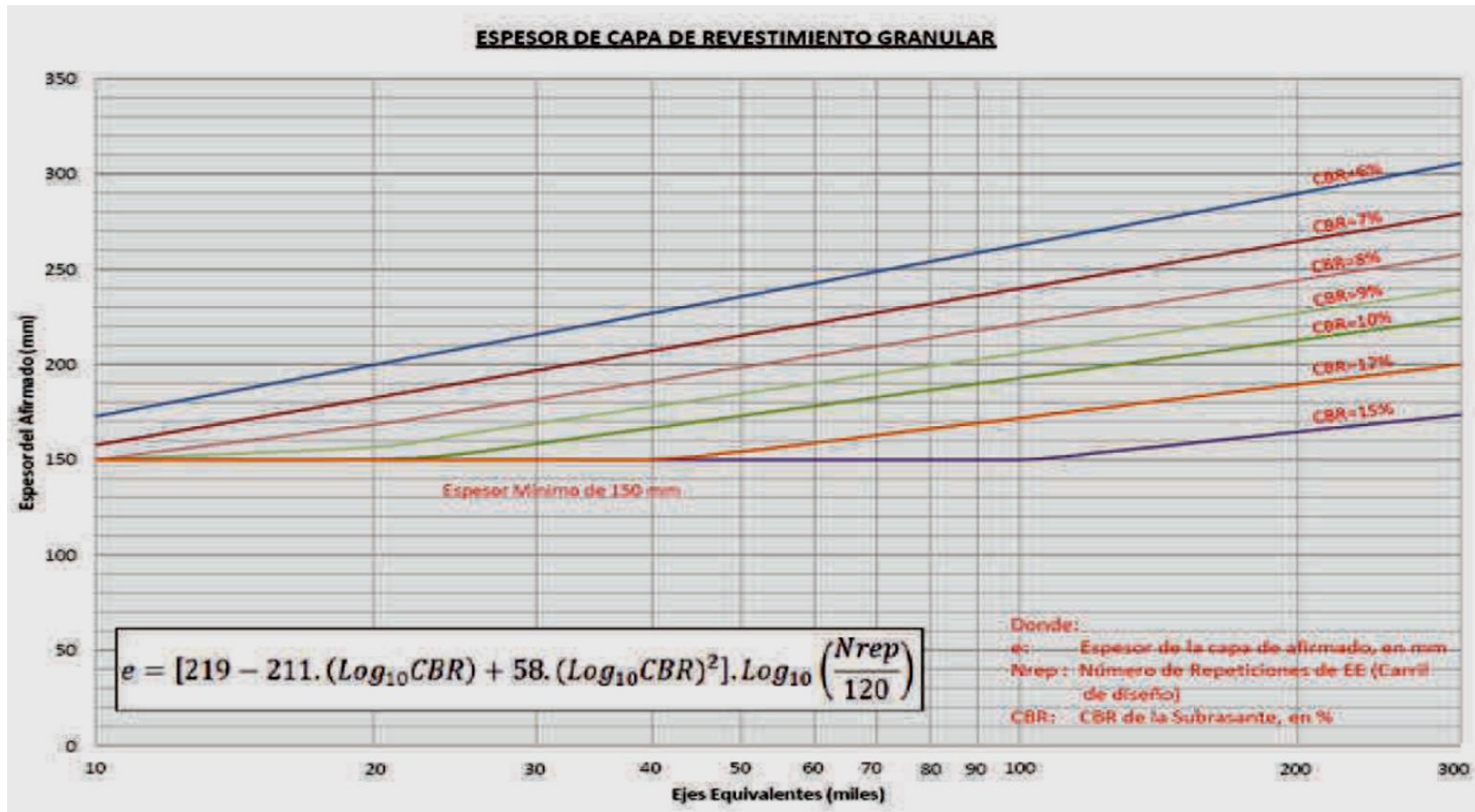

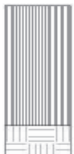



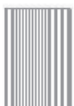



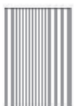

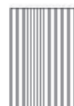


















Figura 25:
 Espesor de capa de revestimiento granular
 FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

EE CBR %		Tnp1	Tnp2	Tnp3	Tnp4	
		< 25,000	25,001-75,000	75,001-150,000	150,001-300,000	
6% < CBR < 10%	CBR < 6%	25cm (*) 	30cm (*) 	30cm (*) 	35cm (*) 	
	CBR 6%-8%	25cm 	30cm 	30cm 	35cm 	
	CBR 8%-10%	20cm 	25cm 	25cm 	30cm 	
	10% < CBR < 20%	CBR 10%-12%	20cm 	20cm 	25cm 	25cm 
		CBR 12%-20%	15cm 	20cm 	20cm 	20cm 
		CBR 20%-30%	15cm 	15cm 	15cm 	15cm 
CBR ≥ 30%	15cm 	15cm 	15cm 	15cm 		



Fuente: Elaboración propia en base a ecuación NAASRA.

- Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
 2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y período de diseño.
 3. Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año.
 4. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar Perfilado periódicamente por lo menos una vez cada año y control de polvo mediante riegos de agua, asfaltos, cloruros, aditivos químicos u otros.

Figura 26:
 Catálogo de capas de afirmado (revestimiento granular) para un período de diseño de 10 años
 FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

b) Capa del afirmado

El MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013) manifiesta, el material varía en función a la región y las características locales de agregados (cantera de cerro o de río), también difiere cuando se utiliza como una capa superficial o capa inferior, porque de ello depende el tamaño máximo de los agregados y el porcentaje de material fino o arcilla, cuyo contenido es una característica obligatoria en la carretera de afirmado.

El afirmado es una mezcla de tres tipos de material: piedra, arena y arcilla. Si no existe una buena mezcla de estos tres tamaños, el afirmado será pobre.

El afirmado necesita una proporción de piedra con el objetivo de soportar las cargas, también necesita un porcentaje de arena clasificada, de acuerdo al tamaño, para llenar los espacios vacíos entre las piedras y dar estabilidad a la capa es importante incorporar un porcentaje de finos plásticos para cohesionar los materiales de la capa de afirmado.

Existen dos principales aplicaciones en el uso de afirmados: Su uso como superficie de rodadura en carreteras no pavimentadas o su uso como capa inferior granular o como colchón anticontaminante.

Como superficie de rodadura, un afirmado sin suficientes finos está expuesto a perderse porque es inestable. En construcción de carreteras, se requiere un porcentaje limitado pero suficiente de materiales finos y plásticos que cumplan la función de aglutinar para estabilizar la mezcla de gravas.

Un buen afirmado para capa inferior, tendrá mayor tamaño máximo de piedras que en el caso de la capa de superficie y muy poco porcentaje de arcillas y de materiales finos en general. La razón de ello es que la capa inferior debe tener buena resistencia para soportar las cargas del tránsito y, además, debe tener la cualidad de ser drenante.

Gradación de los materiales de la capa de afirmado: Existen pocos depósitos naturales de material que tiene una gradación ideal, donde el material sin procesar se puede utilizar directamente por lo que será necesario zarandear el material para obtener la granulometría especificada. En general, los materiales serán agregados naturales procedentes de excedentes de excavaciones o canteras o podrán provenir de la trituración de rocas y gravas o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias.

Es recomendable que las piedras tengan caras fracturadas o aristas y superficies rugosas. Su comportamiento es mucho mejor que la piedra lisa redondeada o canto rodado, dándole a la capa de afirmado resistencia y estabilidad bajo las cargas actuantes.

Gravas procedentes de bancos que contienen piedras fracturadas naturalmente son consideradas como muy buenos materiales. En todo caso, se podrán obtener mejores resultados procesando el material por trituración. Esto significa que un buen porcentaje de las piedras tendrán caras fracturadas por proceso de la trituración, lográndose mejores.

Se distinguen cuatro tipos de afirmado y su espesor y aplicación estará en función del IMD, según el catálogo de revestimiento granular. La capa del afirmado estará adecuadamente perfilada y compactada, según los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del proyecto.

Afirmado tipo 1: Corresponde a un material granular natural o grava seleccionada por zarandeo, con un índice de plasticidad hasta 9. Excepcionalmente se podrá incrementar la plasticidad hasta 12, previa justificación técnica. Se utilizará en las carreteras de bajo volumen de tránsito, clases T0 y T1, con IMD proyectado menor a 50 vehículos día. (Este tipo de afirmado corresponde al presente proyecto)

Afirmado tipo 2: Corresponde a un material granular natural o de grava seleccionada por zarandeo, con un índice de plasticidad hasta 9. Excepcionalmente se podrá incrementar la plasticidad hasta 12, previa justificación técnica. Se utilizará en las carreteras de bajo volumen de tránsito, clase T2, con IMD proyectado entre 51 y 100 vehículos día.

Afirmado tipo 3: Corresponde a un material granular natural o grava seleccionada por zarandeo o por chancado, con un índice de plasticidad hasta 9. Excepcionalmente se podrá incrementar la plasticidad hasta 12, previa justificación técnica. Se utilizará en las carreteras de bajo volumen de tránsito, clase T3, con IMD proyectado entre 101 y 200 vehículos día.

2.2.11.2. Distancia de visibilidad

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013) Define la distancia de visibilidad a la longitud continua hacia delante del camino, que es visible al conductor del vehículo. En diseño se consideran dos distancias, la de visibilidad suficiente para detener el vehículo, y la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaje a velocidad inferior, en el mismo sentido.

Distancia de visibilidad de parada (Dp): 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.

Se considera obstáculo aquél de una altura igual o mayor a 0.15 m, estando situados los ojos del conductor a 1,15 m. sobre la rasante del eje de su pista de circulación.

Todos los puntos de una carretera deberán estar provistos de la distancia mínima de visibilidad de parada. Si en una sección de carretera o camino resulta prohibitivo lograr la Distancia Mínima de Visibilidad de Parada correspondiente a la Velocidad de Diseño, se deberá señalar dicho sector con la velocidad máxima

admisible, siendo éste un recurso extremo a utilizar sólo en casos muy calificados y autorizados por el MTC.

La distancia de visibilidad de parada se compone de dos sumandos: la del recorrido del vehículo desde el momento en que el conductor divise el obstáculo hasta que aplique los frenos y la distancia de frenado.

La Distancia por Adoptarse es la distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la expresión:

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

Donde:

D_p: Distancia de Parada (m).

V: Velocidad de Diseño de la Carretera (kph).

t_p: Tiempo de Percepción + Reacción (segs).

f: Coeficiente de fricción, Pav. Húmedo.

i: Pendiente Longitudinal (en tanto por uno).

+ i: Subidas respecto al sentido de circulación.

- i: Bajadas respecto al sentido de circulación.

El primer término de la expresión representa la distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción (d_{tp}) y el segundo la distancia recorrida durante el frenado hasta la detención junto al obstáculo (d_f).

Donde (t_p) corresponde aproximadamente a 2 seg.

(f) varía entre 0,30 - 0,40, según aumente la velocidad.

Influencia de la pendiente sobre la distancia (i): La pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada.

Para una $V=20$ km/h, pendiente de $i = -8\%$ tenemos $D_p= 20$ m.*

Para una $V=20$ km/h, pendiente de $i = +8\%$ tenemos $D_p= 20$ m.*

* Valores redondeados.

Tabla 31:
Distancia de visibilidad de parada en metros

Velocidad directriz (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

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

De acuerdo a la velocidad directriz elegida y a la Tabla presentada del Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del MTC, aprobado mediante resolución ministerial N° 303-2008-MTC/02, se estableció que la Distancia de la Velocidad de Parada llega al rango de 20 a 75m, según la pendiente del sentido de trayectoria, si es negativo el valor mayor y si es positivo el valor menor.

Distancia de visibilidad de paso o Adelantamiento (D_s): Es la distancia mínima para que un vehículo pueda adelantar a otro que marcha por su misma vía de circulación con menor velocidad, sin peligro de colisión con el tránsito que pueda venir en dirección opuesta por la vía que eventualmente se utiliza para la maniobra de adelantar.

La visibilidad de adelantamiento debe asegurarse para la mayor longitud posible de la carretera cuando no existen impedimentos impuestos por el terreno y que se reflejan, por lo tanto, en el costo de construcción.

La distancia de visibilidad de adelantamiento a adoptarse varía con la velocidad directriz.

Tabla 32:
Distancia de visibilidad de adelanto

Velocidad directriz Km./h	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)
30	200
40	270
50	345
60	410

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

2.2.11.3. Radios mínimos

Según el MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013) es el radio correspondiente a la condición límite de seguridad contra el deslizamiento y vuelco lateral, para una velocidad directriz y peralte dados.

Lo recomendable es proyectar las curvas con el mayor radio posible. Los radios mínimos, están en función de la velocidad directriz, peralte y relieve del terreno considerando condiciones de clima y tráfico normales; y haciendo el uso de la Norma de diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito y para una velocidad directriz de 20 Km/h corresponde:

Radio Mínimo Normal : 15 m

Radio Mínimo Excepcional : 10 m

Desde el punto de vista práctico, se pueden distinguir básicamente dos tipos de radios mínimos: Excepcional o Absoluto y Admisible o Normal.

Radio mínimo admisible o normal (Rmn): El peralte toma cualquier valor por debajo del P_{\max} (peralte máximo), el coeficiente de fricción asume su máximo valor es decir:

$$Rmn = \frac{V_D^2}{127(P + f_{\max})}$$

Para una velocidad $V = 20 \text{ km/hr.}$, $P = 8 \%$

$$R_{mn} = \frac{20^2}{127(0.08 + 0.2631)} = 9.18$$

En el proyecto se asume $R_{mn} = 15 \text{ m}$. Porque el radio de giro que se necesita para la rueda externa delantera del tipo de vehículo C2 es de 12.80 m.

Radio mínimo absoluto o excepcional (Rma): Se caracteriza porque el peralte y el coeficiente de fricción toman valores máximos; es decir:

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

Para una velocidad de $V = 20 \text{ km/hr.}$, $P_{\max} = 12\%$

$$R_{mn} = \frac{V^2}{127(P_{\max} + f_{\max})} \dots (1)$$

$$f_{\max} = \frac{1}{1.4 \sqrt[3]{V}} \dots (2)$$

$$f_{\max} = \frac{1}{1.4 \sqrt[3]{20}} = 0.2631$$

$$R_{mn} = \frac{20^2}{127(0.12 + 0.2631)} = 8.22$$

Para el proyecto se asume el radio mínimo absoluto (excepcional), de 10.00 m. Y el Radio mínimo normal de 15.00 m. Los cuales se adecuan a la realidad topográfica de la zona.

Radios de giro mínimo para el vehículo: Las características y dimensiones del vehículo tiene importancia en el radio de giro; para el caso de la sobre carga de diseño su longitud es de aproximadamente de 12.20 m y para este vehículo necesitamos un radio mínimo de la rueda externa delantera 12.80 m y del radio mínimo rueda interna trasera 7.40 m. como se puede observar en la siguiente figura.

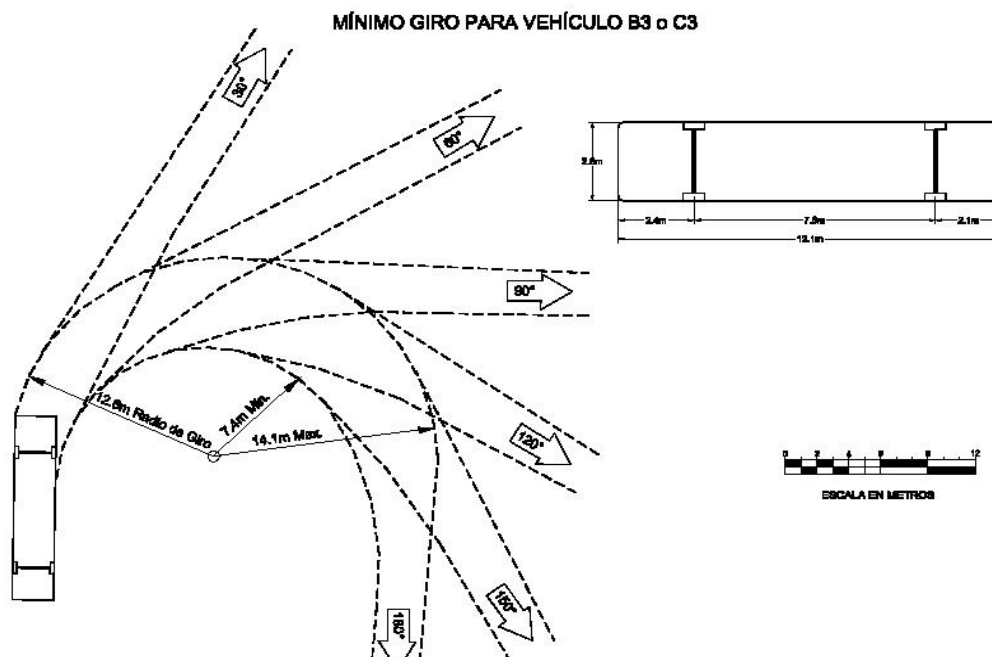


Figura 27:
Mínimo giro para vehículos B3 o C3
FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

Tabla 33:
Datos básicos de los vehículos de diseño (medidas en metros)

TIPO DE VEHÍCULO	NOMENCLATURA	ALTO TOTAL	ANCHO TOTAL	LARGO TOTAL	LONGITUD ENTRE EJES	RADIO MÍNIMO RUEDA EXTERNA DELANTERA	RADIO MÍNIMO RUEDA INTERNA TRASERA
VEHÍCULO LIGERO	VL	1,30	2,10	5,80	3,40	7,30	4,20
OMNIBUS DE DOS EJES	B2	4,10	2,60	9,10	6,10	12,80	8,50
OMNIBUS DE TRES EJES	B3	4,10	2,60	12,10	7,60	12,80	7,40
CAMION SIMPLE 2 EJES	C2	4,10	2,60	9,10	6,10	12,80	8,50
CAMION SIMPLE 3 EJES O MAS	C3 / C4	4,10	2,60	12,20	7,6	12,80	7,40

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

2.2.11.4. Bombeo de la calzada

Según el MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013) las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo; tiene la finalidad de evacuar las aguas pluviales hacia las cunetas o talud de relleno, fundamentalmente para la conservación de la superficie de rodadura. Para

el proyecto se optó por un bombeo de 2.5%, y en los tramos en curva el bombeo será sustituido por el peralte.

Tabla 34:
Bombeo de calzada

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación: < 500 mm/año	Precipitación:> 500 mm/año
Pavimento Superior	2,0	2,5
Tratamiento Superficial	2,5 (*)	2,5 – 3,0
Afirmado	3,0 – 3,5 (*)	3,0 – 4,0

(*) En climas definitivamente desérticos se pueden rebajar los bombeos hasta un valor límite de 2%.

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

Las carreteras no pavimentadas estarán provistas de bombeo con valores entre 2% y 3%. En los tramos en curva, el bombeo será sustituido por el peralte. En las carreteras de bajo volumen de tránsito con IMDA inferior a 200 veh/día, se puede sustituir el bombeo por una inclinación transversal de la superficie de rodadura de 2.5% a 3% hacia uno de los lados de la calzada.

2.2.11.5. Derecho de vía

Según el MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013) la faja de dominio o derecho de Vía, dentro de la que se encuentra la carretera y sus obras complementarias, se extenderá más allá del borde de los cortes, del pie de los terraplenes, o del borde más alejado de las obras de drenaje que eventualmente se construyen

Tabla 35:
Ancho del derecho de vía para carreteras de bajo volumen de tránsito

Descripción	Ancho mínimo absoluto *
Carreteras de la Red Vial Nacional	15 m
Carreteras de la Red Vial Departamentales o Regional	15 m
Carreteras de la Red Vial Vecinal o Rural	15 m

* 7.50 m a cada lado del eje

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

2.2.11.6. Bermas

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013) manifiesta a cada lado de la calzada, se proveerán bermas con un ancho mínimo de 0.50 m. Este ancho deberá permanecer libre de todo obstáculo incluyendo señales y guardavías.

En los tramos en tangente las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma, las bermas seguirán la inclinación del pavimento; en los tramos en curva, la berma situada en la parte superior del peralte será en lo posible horizontal o con inclinación igual a la del bombeo en sentido contrario al de la inclinación del peralte de modo que escurra hacia la cuneta y no hacia el pavimento; la berma situada en la parte inferior del peralte seguirá la inclinación de éste.

2.2.11.7. Peralte

EL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013) manifiesta, con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, que origina peligro de inestabilidad de deslizamiento transversal y de volteo, todas las curvas horizontales deberán ser peraltadas, por tal motivo la plataforma de la carretera deberá inclinarse un cierto ángulo con la horizontal, cumpliendo además la función de evacuar las aguas pluviales hacia las cunetas.

Se denomina peralte a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga. Las curvas horizontales deben ser peraltadas.

El peralte máximo tendrá como valor máximo normal 8% y como valor excepcional 10%. En carreteras afirmadas bien drenadas en casos extremos, podría justificarse un peralte máximo alrededor de 12%.

Tabla 36:
Radios mínimos y peraltes máximos

Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción f_{max}	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
20	6.0	0.18	13.1	15
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
20	8.0	0.18	12.1	10
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
20	10.0	0.18	11.2	10
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
20	12.0	0.18	10.5	10
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

Tabla 37:
Valores de peralte máximo

	Peralte Máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Cruce de Áreas Urbanas	6,0 %	4,0 %
Zona rural (Tipo 1, 2 ó 3)*	8,0 %	6,0 %
Zona rural (Tipo 3 ó 4)	12,0 %	8,0 %
Zona rural con peligro de hielo	8,0 %	6,0 %

(*) El tipo corresponde a la clasificación vial según condiciones orográficas.

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

Transición de peralte: La determinación de la longitud de transición del peralte se basará en el criterio que considera que las longitudes de transición

deben permitir al conductor percibir visualmente la inflexión del trazado que deberá recorrer y, además, permitirle girar el volante con suavidad y seguridad.

La variación de la inclinación de la sección transversal desde la sección con bombeo normal en el tramo recto hasta la sección con el peralte pleno, se desarrolla en una longitud de vía denominada transición. La longitud de transición del bombeo es aquella en la que gradualmente, se desvanece el bombeo adverso. Se denomina longitud de transición de peralte a aquella longitud en la que la inclinación de la sección gradualmente varía desde el punto en que se ha desvanecido totalmente el bombeo adverso hasta que la inclinación corresponde a la del peralte.

Tabla 38:
Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte (m)

Velocidad directriz (Km./h)	Valor del peralte						Transición de bombeo
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	Longitud de transición de peralte (m)*						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	57	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	32	43	54	65	11
60	12	24	36	48	60	72	12

* Longitud de transición basada en la rotación de un carril

FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013)

2.2.11.8. Sobre ancho

Según el MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013) la sección estudiada para una alineación recta es imprescindible aumentarla en curva, exterior e interiormente para conservar la misma capacidad de circulación; exteriormente se utiliza el sobre ancho para mantener el tráfico dentro de la curva e interiormente para asegurar la visibilidad establecida en el camino o carretera.

El sobre ancho afectará sólo a la superficie de rodadura y seguirá la misma inclinación del peralte permaneciendo inalteradas las dimensiones y la inclinación de las bermas.

La colocación del sobre ancho será gradual a lo largo de la longitud de transición prevista para el peralte. En las N.P.D.C.-MTC, el cálculo del sobre ancho se ha realizado mediante la fórmula americana de la A.A.S.H.O. propuesta por Voshell:

$$S = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{v}{10 * \sqrt{R}}$$

Donde:

S= Sobre ancho en m.

n= Número de vías de tránsito.

R= Radio de la curva en m.

v= Velocidad directriz en Km/h.

L= Distancia entre ejes del vehículo fijada en 6.10 m.

2.3. Marco conceptual

Alineación: Determinar una línea sobre un terreno mediante una visual, un rayo luminoso o cualquier otro procedimiento.

Afirmado: Capa compactada de material granular natural ó procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables.

Aguas de Lluvia: Aguas constituidas generalmente por materia amorfa en suspensión, sulfuros, oxígeno, nitrógeno, anhídrido carbónico y cloruros en solución.

Alcantarilla: Infraestructura que conforma el sistema de drenaje de una carretera vial, construida en forma transversal al eje. Por lo general se ubica en quebradas, cursos de agua y en zonas que se requiere para el alivio de cunetas.

Arcilla: Partículas finas de suelo cuyo tamaño se encuentra entre 0.002 mm a 0.0002 mm.

Ancho de calzada: Distancia transversal al eje de la carretera, destinada a circulación de vehículos, no incluye la berma.

Arena: Es una parte de la arena que pasa por el tamiz 5.

Badén: Obra de arte construida en piedra y/o concreto, permite el paso del agua, piedras y otros elementos sobre la superficie de rodadura. Se construyen en zonas donde existen quebradas cuyos flujos de agua son de tipo estacional.

Berma: Franja longitudinal paralela y adyacente a la calzada del camino, se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en emergencia y de confinamiento del pavimento.

BM (Bench Mark): Es un punto de coordenada y altimetría conocido, es utilizado como punto de referencia para el levantamiento topográfico para la elaboración y ejecución de proyecto.

Bombeo: Inclinación transversal de la superficie de rodadura del camino, que facilita el drenaje superficial.

Botadero: Lugar destinado para depositar desechos.

Calicata: Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.

Calzada: Superficie de la vía sobre la que transitan los vehículos, puede estar comprendida por uno o varios carriles de circulación.

Capacidad Posible: Es el máximo número de vehículos que pueden circular por una sección de un camino, durante un periodo de tiempo, bajo condiciones prevalecientes de la sección vial estudiada. De no haber indicación en contrario, se expresa en términos de vehículos por hora.

Carga de Diseño: peso que, para el diseño, debe soportar la estructura.

Carretera: Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Carril: Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

Coordenadas de Referencia para el Diseño: Son las referencias ortogonales Norte – Sur adoptadas para elaborar los planos de topografía y de diseño del proyecto.

Cuneta: Canal generalmente triangular o rectangular localizado al lado de la berma destinada a recolectar las aguas de lluvia o de otra fuente, que caen sobre la plataforma del camino.

Curva Horizontal: Curva circular que une los tramos rectos de un camino o carretera en el plano horizontal.

Curva Horizontal de Transición: Trazo de una línea curva de radio variable en planta, que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular o entre dos curvas circulares de radio diferente.

Curva Vertical: Curva parabólica o similar en elevación que une las líneas rectas de las pendientes de un camino en el plano vertical.

Derecho de vía: 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. Su ancho se establece mediante resolución del titular de la autoridad competente respectiva.

Diseño: Del italiano **disegno**, la palabra diseño se refiere a un boceto, bosquejo o esquema que se realiza, ya sea mentalmente o en un soporte material, antes de concretar la producción de algo. El término también se emplea para referirse a la apariencia de ciertos productos en cuanto a sus líneas, forma y funcionalidades que suele utilizarse en el contexto de la ingeniería y otras disciplinas

Dren: Cada una de las zanjas o tuberías con que se efectúa el avenamiento de una obra o terreno.

Eje de la carretera: Línea longitudinal que define el trazado en planta, el mismo que está ubicado en el eje de simetría de la calzada. Para el caso de autopistas y carreteras duales el eje se ubica en el centro del separador central.

Eje Tándem: Conjunto de dos ejes de un vehículo, que constituyen un solo apoyo del chasis.

Estudios Topográficos: Se realizan para determinar las características topográficas de la zona, el alineamiento, ancho, pendientes y secciones transversales de la carretera, de esto dependerá los resultados que se obtengan en el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras.

Estacado: Puntos señalados en el terreno mediante estacas que indican posiciones.

Excavación de la Explanación y Prestamos: Consiste en el conjunto de operaciones para excavar y nivelar las zonas donde ha de asentarse la carretera, incluyendo la plataforma, taludes y cunetas, así como las zonas de préstamos previstos o autorizados que puedan necesitarse; y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo.

Expediente Técnico: Conjunto de documentos que comprende: Memoria Descriptiva, Especificaciones Técnicas, Planos de Ejecución de Obra, Metrados, Presupuesto, Valor Referencial, Análisis de Precios, Calendario de Avance, Formulas Polinómica, y si el caso lo requiere, estudio de suelos, estudio geológico, de impacto ambiental y otros complementarios.

Explanación: Movimiento de tierra para obtener la plataforma de la carretera (calzada o superficie de rodadura, bermas y cunetas).

Impacto Ambiental Negativo: Son aquellos daños a los que están expuestos la comunidad y el medio ambiente, como consecuencia de las obras de construcción, mejoramiento, rehabilitación, etc., de un camino.

Impacto Ambiental Positivo: Son aquellos beneficios ambientales, sociales y económicos que logrará la comunidad con la ejecución de las obras del camino.

Índice Medio Diario: Se determinara el volumen de transito promedio ocurrido en un periodo de 24 horas. **IMD** = número de vehículos/365 días.

Latitud: distancia que hay desde un punto de la superficie.

Línea de Gradiente: Procedimiento de trazado directo de una poligonal estacada en el campo, como eje preliminar con cotas que configuran una pendiente constante, hasta alcanzar un punto referencial de destino, de un trazo nuevo.

Material de Cantera: Es aquel material de características apropiadas para su utilización en las diferentes partidas de construcción de obra, que deben estar

económicamente cercanas a las obras y en los volúmenes significativos de necesidad de las mismas.

Material de Préstamo Lateral: Es aquel material de características apropiadas para su uso en la construcción de las explanaciones, que proviene de bancos y canteras naturales adyacentes a la explanada del camino.

Material de Préstamo Propio: Son aquellas que corresponden a compensaciones de materiales adecuados para su uso en las explanaciones, de corte con rellenos, en volúmenes transportados a lo largo del eje entre las diversas secciones del camino.

Mejoramiento: Acción y efecto de mejorar, cambio o progreso de una infraestructura hacia un estado mejor.

Metrado: Cálculo o la cuantificación por partidas de la cantidad de obra por ejecutar.

Mitigación de los Impactos Negativos: Son aquellas obras, diseñadas para mitigar los daños causados y/o mejorar el área y/o medio ambiente, en el que se ha realizado las obras propias del camino. Las obras de mitigación, deben formar parte del expediente técnico del camino y de su presupuesto de inversión.

Muestra: Porción pequeña de un suelo que permite considerarla como representativa del mismo.

Muro de Contención: Estructura de retención que se utiliza para estabilizar taludes de corte y terraplenes.

Nivelación: Medir las diferencias de altura entre dos puntos.

Obras de Arte: Conjunto de estructuras destinadas a cruzar cursos de agua, sostener terraplenes y taludes, drenar las aguas que afectan el camino, evitar las erosiones de los terraplenes, etc.

Perfil: representación gráfica del corte o sección perpendicular del terreno o trazo.

Plan de Manejo Ambiental (PMA): Conjunto de obras diseñadas para mitigar o evitar los impactos negativos de las obras del camino, sobre la comunidad y el medio ambiente. Las obras PMA deben formar parte del proyecto del camino y de su presupuesto de inversión.

Plataforma: Superficie superior del camino, que incluye la calzada y las bermas.

Pontón: Puente de longitud menor a 10 metros.

Rasante: Nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía.

Sección transversal: Representación gráfica de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas.

Subrasante (Capa De): Capa superior de la plataforma a nivel de subrasante, sobre la que se construirá la estructura de la capa de rodadura.

Subrasante (Nivel De): Representación altimétrica (cota) del eje del camino, antes de la colocación de la estructura de la capa de rodadura.

Terraplén: Cuerpo completo de la explanación sobre la que se desarrolla la plataforma del camino.

Tránsito: Vehículos que circulan por el camino.

Velocidad de Diseño: Es la velocidad máxima a que un vehículo puede transitar con seguridad por una carretera trazada con determinadas características.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

Las características del diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte en la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac tiene relación directa con el inventario de la infraestructura vial, las características topográficas de la vía, el comportamiento del tráfico vehicular, las características geotécnicas de la carretera, el comportamiento hidrológico y de drenaje en la unidad hidrográfica y el presupuesto general de implementar el diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte.

3.2. Método

3.2.1. Ubicación

Departamento / Región : Apurímac

Provincia : Abancay

Distrito : Pichirhua

Comunidad : Cotarma, Piscaya

Ubigeo : 030107

La zona de proyecto se encuentra localizada en la parte Sierra Sur del Perú departamento del Apurímac en la jurisdicción de la provincia de Abancay y el distrito de Pichirhua, comunidad de Nogalpampa y Centros Poblados de Cotarma y Piscaya. Geográficamente la zona de proyecto se desarrolla en la cordillera

central de los Andes, sobre una altitud que varía de los 2,488 m.s.n.m. y los 3,154 m.s.n.m. los mapas de ubicación se muestran en los anexos.

3.2.2. Tipo de investigación

Tomando en consideración la profundidad u objeto de estudio fue una **investigación descriptiva** ya que describió las características de la infraestructura vial que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac, durante el período 2017 entre los tramos I: Nogalpampa – Cotarma y el tramo II: ramal Inupata – Piscaya. **Es transversal** ya que la observación de las variables se realizaron en un solo momento (periodo 2017).

Según la tendencia de la investigación y el tipo de variables a analizar fue una **investigación cuantitativa** ya que las variables: características topográficas, comportamiento del tráfico vehicular, características del diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte, características geotécnicas y el comportamiento hidrológico y de drenaje son tangibles, observables y medibles cuantitativamente.

Según la orientación denominado también según el nivel, es una **investigación básica** de acuerdo con Ávila, R. (2001; pp.37) quien indica la investigación básica se preocupa de recoger información de la realidad para enriquecer el conocimiento teórico científico orientada al descubrimiento de principios y leyes.

Según el análisis y alcance de sus resultados **es descriptivo** ya que permitirá identificar las características tal como se presentan en la realidad los fenómenos.

3.2.3. Nivel o alcance de investigación

De acuerdo con Hernandez Sampiere (2006) la investigación tiene alcance descriptivo ya que se describió las variables en estudio tal como son y se

manifiestan en la realidad, buscó especificar las propiedades técnicas, las características geotécnicas, hidrológicas y topográficas que permitió realizar el diseño geométrico definitivo de la vía carrosable que une las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua, departamento de Apurímac. Los datos fueron obtenidos de manera independiente sobre las variables en estudio para ello se utilizó equipos e instrumentos topográficos, calicatas y utilización de equipos de laboratorio, que permitieron diseñar con precisión la geometría y características técnicas en cumplimiento con el Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG-2014.

El nivel de investigación fue no experimental cuantitativa, debido a que no fue posible manipular deliberadamente ninguna de las variables en estudio.

3.2.4. Diseño de investigación

Corresponde a un diseño no experimental en el que los fenómenos en estudio son observados tal como se dan en el contexto natural para después analizarlos (Kerlinger y Lee, 2002), el diseño de investigación fue transeccional descriptivo en el que se recolectan datos y se describe las categorías, conceptos y características tal como se muestra en el siguiente gráfico.

Tiempo único

El interes es cada variable tomada individualmente

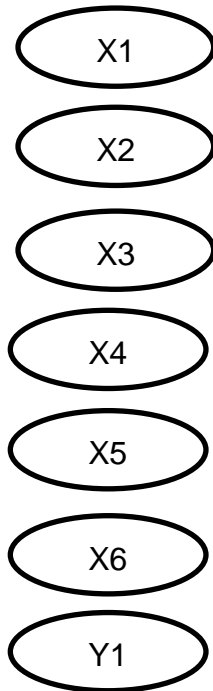


Figura 28:
Diseño de investigación transeccional descriptivo
FUENTE: (Hernandez Sampiere, 2006)

Donde:

X1: Inventario de la infraestructura vial de obras de arte que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac

X2: Características topográficas de la vía en los tramos Nogalpampa – Cotarma y ramal Iñupata – Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac

X3: Comportamiento del tráfico vehicular en la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac

X4: Características geotécnicas de la carretera que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac

X5: Comportamiento hidrológico y de drenaje en la unidad hidrográfica del ámbito de influencia de las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac

X6: Presupuesto general de implementar el diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte en la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac

Y1: Características del diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte en la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac

3.2.5. Operacionalización de variables

Es como se muestra a continuación

Tabla 39:
Operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Índices
Variables independientes	Tipo de obras de arte	Nominal
X1: Inventario de infraestructura vial de obras de arte	Longitud	Km
	Sección típica y material de construcción	Km
	Ancho de calzada	M
	Estado de conservación	Nominal
X2: Características topográficas de la vía.	Trazo de poligonal	Km
	Perfiles longitudinales	Km
	Sección transversales	Km
	Pendientes	m/m
	Alineamientos	Km
X3: Comportamiento del tráfico vehicular en la vía.	Índice medio diario	Vehículos/día
	Variación horaria	Vehículos/hora
	Variación diaria	Vehículos/día
	Variación estacional	Tipo de vehículos/estación
	Velocidad de diseño	m/s

	Carga máxima de diseño	Tn/m
X4: Características geotécnicas de la carretera.	Granulometría	%
	Límites de consistencia	%
	Compactación (Proctor modificado)	
	<ul style="list-style-type: none"> • Contenido de humedad • Peso específico 	% Toneladas/m ³
	Estudio de canteras	Global
X5: Comportamiento hidrológico y de drenaje en la unidad hidrográfica del ámbito de influencia de las comunidades de Cotarma y Piscaya.	Área de la unidad hidrográfica	Km ²
	Curva hipsométrica	$y=f(x)$; $y = \text{área}$, $x = \text{altitud}$
	Pendiente media de la cuenca	mm/m
	Pendiente del cauce principal	m/m
	Precipitaciones	mm/año
	Caudal máximo	m ³ /s
	Diseño de obras de arte	Unidades
	<ul style="list-style-type: none"> • Alcantarillas • Badenes • Cunetas • Puente 	
X6: Presupuesto general de implementar el diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte.	Metrado	m, m ² , m ³
	Costo directo	S/.
	Costo indirecto	S/.
	<ul style="list-style-type: none"> • Gastos generales • Gastos de supervisión • Utilidad • IGV • Expediente técnico 	
	Costo total	S/.
Variable dependiente	Superficie de rodadura	M

Y1: Características del diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte.	Distancia de visibilidad	M
	Radios mínimos	M
	Pendientes máximas	%
	Bombeo de la calzada	%
	Derecho de vía	m
	Bermas	m
	Peralte	%
	Sobre ancho	m

FUENTE: Elaboración propia

3.2.6. Población, muestra y muestreo

Población:

Estuvo constituido por la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya, de acuerdo al D.S. N° 011-2016-MTC, que es un camino vecinal asignada para el tramo: Nogalpampa – Cotarma con el código AP-654, con Trayectoria: Emp. AP-653 - Cotarma y para el tramo: Ramal inupata – Piscaya con el código AP-655 con trayectoria: Emp. AP-654 - Piscaya, ubicada en la Carretera Nazca – Chalhuanca – Abancay – Cusco (Ruta nacional N° 026. La carretera tiene un total de 17+739 Km. Y su codificación de acuerdo al MTC en el diagrama vial es AP-654, AP-655.

Muestra:

Constituida por dos tramos bien definidos:

Tramo 1: Nogalpampa (km 0+000) – Cotarma (Km 12+476) con obras de arte y drenaje deterioradas, especialmente cunetas laterales y alcantarillas colmatadas y obstruidas, plataforma deteriorada.

Tramo 2: Ramal Inupata (km 0+00) – Piscaya (km 5+263), sin tratamiento superficial, sin obras de drenaje: como cunetas, alcantarillas y badenes, con presencia de anegamientos e insuficiente sección transversal (vía menor a 3.0 m).

Muestreo:

Fue no probabilístico mediante el método intencional o de conveniencia ya que se ha realizado un esfuerzo deliberado de obtener calicatas "representativas" de las vías que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya.

3.2.7. Técnicas e instrumentos

La descripción secuencial de las técnicas efectuadas para el recojo de la información fueron las siguientes:

Recopilación de información

Se acudió al Gobierno Local del distrito de Pichirhua, a los presidentes comunales de Cotarma y Piscaya al Instituto Vial Provincial de Abancay con la finalidad de obtener datos de inventario vial, estudio de tráfico, levantamiento topográfico y señalización, requeridos como insumos para formular el diseño geométrico definitivo de la vía en estudio y proponer en la presente investigación.

Trabajos de campo

Se realizó la visita de campo conjuntamente con las autoridades del distrito de Pichirhua, comunidades de Cotarma y Piscaya se recorrió toda la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya, que es un camino vecinal de 17+739 Km, observándose el estado actual de la vía para luego validar el inventario vial y otros estudios complementarios descritos en el cuadro de operacionalización de variables.

Posteriormente se realizó los trabajos de campo consistentes en levantamiento topográfico, apertura de calicatas, obtención de muestras de material de canteras para su posterior análisis de laboratorios

Trabajos de laboratorios y gabinete

La información de campo y bibliográfica se analizó en laboratorio de suelos y se procesó en gabinete, mostrando los resultados en cuadros, gráficos y planos,

el diseño geométrico definitivo de la vía en estudio se trabajó con ayuda de software civil 3D y las normas peruanas para caminos y vías.

Al concluir el análisis, se plantea una propuesta de diseño geométrico definitivo de la vía, que por sus características de nivel de estudio podrá ser utilizado por las instituciones públicas y privadas en la implementación de acciones que coadyuven a la cristalización de la vía.

Instrumento de recolección de datos

Se realizaron entrevistas a la Municipalidad Distrital de Pichirhua y conductores de vehículos de la zona, para recopilar información sobre estudio de tráfico e inventarios viales.

Para el trabajo de campo se utilizó equipos de ingeniería como estación total, equipos básicos de mecánica de suelos y otras herramientas manuales.

3.2.8. Consideraciones éticas

Tomando en consideración el tipo y nivel de investigación se consideran los siguientes aspectos éticos:

Reserva de identidad de los Conductores de vehículos que participaron de la encuesta para el estudio de tráfico.

Transcripción de los argumentos y escritos examinados en el Marco Teórico y su correspondiente cita de autores.

Fidelidad de los resultados.

3.2.9. Procesamiento de datos.

Luego de obtenido los datos se procedió al análisis siguiendo los procedimientos que se indican:

1er paso: Los datos topográficos, se validaron mediante la teoría de errores tomando en cuenta que las desviaciones de los datos (V_i) no se encuentren por debajo ni por encima de tres desviaciones estándar, luego se procedió a representarlos mediante planos para dar respuesta a los objetivos planteados en la investigación.

La información para el estudio de tráfico vehicular fue codificada, organizada y analizada a partir del formato de clasificación vehicular.

Los datos correspondientes a las calicatas fueron codificados y analizados en laboratorio de suelos.

Los datos hidrológicos fueron obtenidos de las estaciones meteorológicas más cercanas al estudio (Estación de Abancay) dichos datos fueron validados mediante el análisis de salto de precipitaciones y diagrama de doble masa.

2do paso: Descripción de los datos: Los datos tratados según el paso anterior se presentan mediante gráficos y tablas de frecuencias, mostrando a su vez los estadísticos descriptivos con sus respectivas interpretaciones, los planos se muestran según las dimensiones de cada variable en estudio.

3er paso: Análisis e integración de los datos: Luego del análisis descriptivo de todas las variables, se analizó el diseño geométrico definitivo de la vía que une las comunidades de Cotarma y Piscaya. La verificación de los objetivos se realizó mediante los estadísticos de tendencia central y de dispersión.

La discusión de los resultados fueron comparados con los obtenidos en otros estudio similares y con la norma técnica peruana para construcción de carreteras rurales.

El procesamiento de la información de las tablas de frecuencia y gráficos fueron mediante el uso del estadístico SPSS 18 y la redacción mediante el software Word y Excel, de acuerdo a las recomendaciones y criterios de las normas APA.

Las conclusiones se interpretaron dando respuesta a los objetivos e hipótesis planteadas y los resultados obtenidos de acuerdo a los estadísticos encontrados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

En este capítulo se presentan los principales hallazgos luego de procesar la información aplicando los estadísticos respectivos.

Esta presentación se realiza en el mismo orden como se presentan los objetivos e hipótesis.

4.1.1. A nivel de la Variable X

4.1.1.1. Inventario de infraestructura vial de obras de arte (X1)

Tipos de obras de arte

Estuvo constituida por estructuras destinadas a proteger los taludes, conducir agua proveniente de precipitaciones y estructuras que permiten el paso de vehículos, los resultados de la evaluación se muestran a continuación.

Tabla 40:
Tabla de frecuencias del tipo de obras de arte tramo I: Nogalpampa - Cotarma

Tipos de obras de arte	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaj e válido	Porcentaje acumulado
Alcantarilla	27	87,1	87,1	87,1
Muro seco	2	6,5	6,5	93,5
Válidos Badén	1	3,2	3,2	96,8
Pontón	1	3,2	3,2	100,0
Total	31	100,0	100,0	

FUENTE: Elaboración propia, Pasw Statistics 18

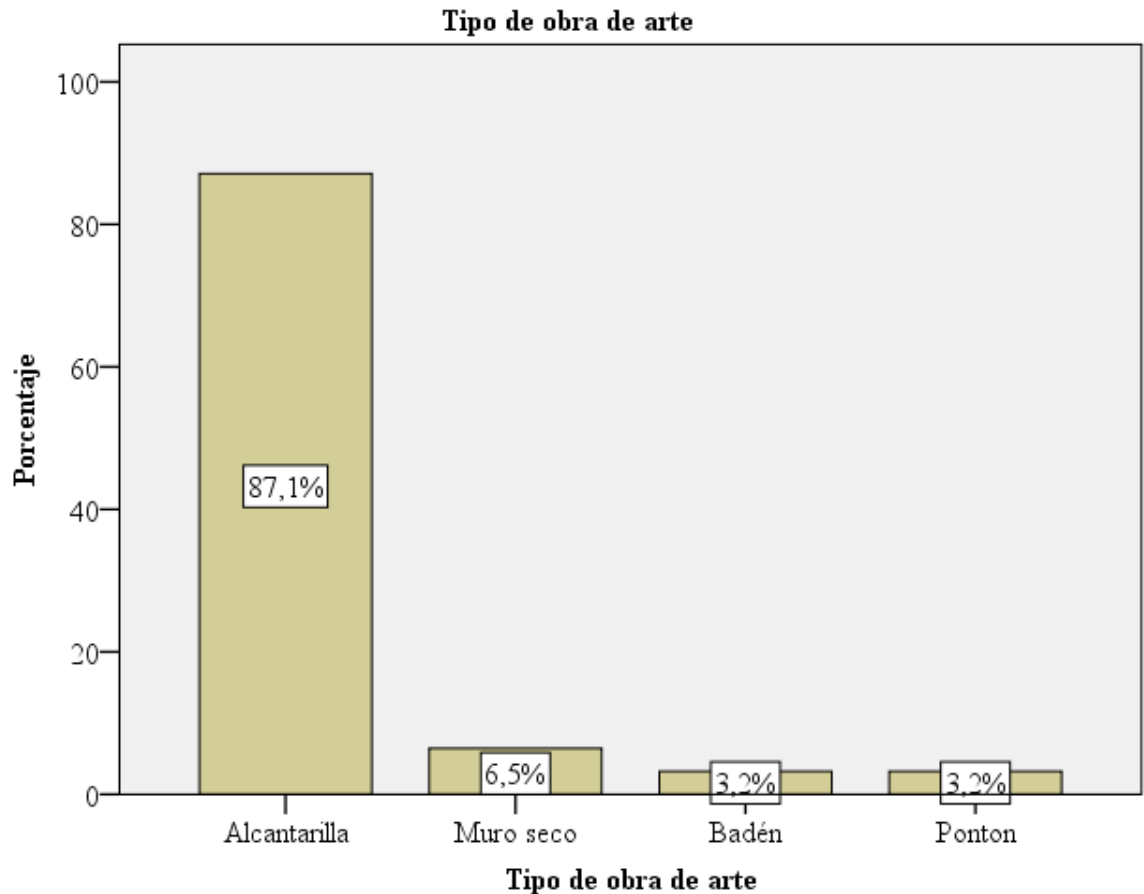


Gráfico 1:
 Histograma de frecuencias del tipo de obras de arte en el tramo I:
 Nogalpampa – Cotarma.
FUENTE: Elaboración propia, Pasw Statistics 18

Interpretación

En la tabla y gráfico se observa que en la vía que une la comunidad de Nogalpampa Cotarma en una longitud de 12+476 km, existen 31 obras de arte de los cuales el 87.1% son de tipo alcantarilla representados por 27 unidades, 6.5% representados por 2 unidades, son de tipo muro seco y 3.2% son de tipo badén y pontón.

Longitud

Las características de las longitudes de las obras de arte se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 41:
Estadísticos descriptivos de la longitud de obras de arte en el tramo I:
Nogalpampa – Cotarma.

Estadísticos	
Válidos	31
Perdidos	0
Media	5,6323
Moda	4,50
Desv. típ.	2,19369
Mínimo	4,00
Máximo	12,00

FUENTE: Elaboración propia, Pasw Statistics 18

Interpretación

El promedio de longitud de las obras de arte en la vía del tramo I: Nogalpampa – Cotarma es de 5.6 metros lineales, siendo la longitud mínima de 4 metros y la máxima de 12 metros, la dispersión de los datos es de 2.19 metros lo cual se considera homogéneo. La longitud de las obras de arte que mayormente se repiten es de 4.50 metros lineales.

Tabla 42:
Tabla de distribución de frecuencias de la longitud de las obras de arte en el tramo I: Nogalpampa – Cotarma.

	Clases	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	4,00	1	3,2	3,2	3,2
	4,50	12	38,7	38,7	41,9
	5,00	10	32,3	32,3	74,2
	5,10	1	3,2	3,2	77,4
	5,50	2	6,5	6,5	83,9
	6,00	1	3,2	3,2	87,1
	10,50	1	3,2	3,2	90,3
	11,00	2	6,5	6,5	96,8
	12,00	1	3,2	3,2	100,0
	Total	31	100,0	100,0	

FUENTE: Elaboración propia, Pasw Statistics 18

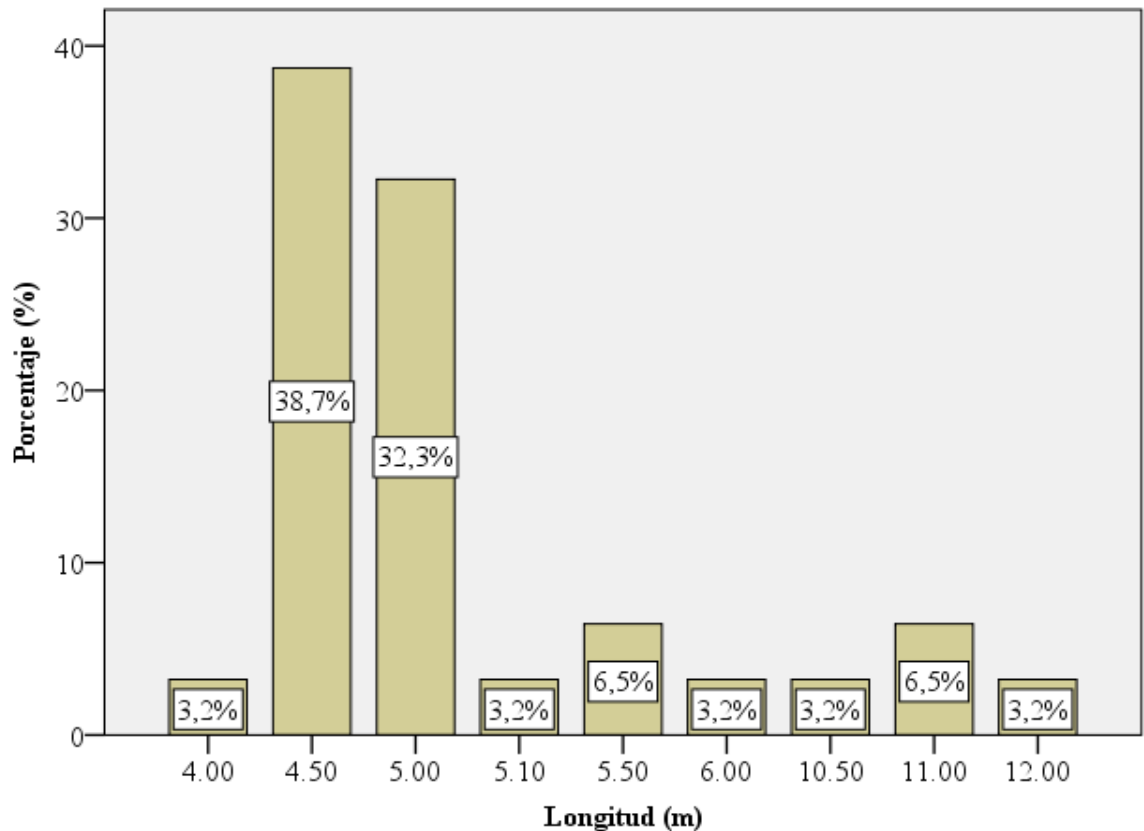


Gráfico 2:
 Histograma de frecuencias de la longitud de las obras de arte en el tramo I:
 Nogalpampa – Cotarma
FUENTE: Elaboración propia, Pasw Statistics 18

Interpretación.

La tabla y gráfico muestran de un total de 31 obras de arte en la vía que une la comunidad de Nogalpampa Cotarma en una longitud de 12+476 km, 12 obras de arte tienen longitudes de 4.5 metros lineales y representan el 38.7% del total, 10 obras de arte tienen una longitud de 5 metros lineales y representan el 32.3% del total, la longitud mínima está representada por 4 metros lineales y la máxima por 12 metros lineales, dichos hallazgos coinciden con la definición establecida en el manual de carreteras, hidrología, hidráulica y drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el que se define como alcantarilla a la estructura cuya luz sea menor a 6.0 m y su función es evacuar el flujo superficial proveniente de cursos naturales o artificiales que interceptan la carretera (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Sección típica y material de construcción.

Tabla 43:

Tabla de frecuencias de las características de la sección típica de las obras de arte en el tramo I: Nogalpampa – Cotarma

	Descripción	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	Sección rectangular de concreto	2	6,5	6,5	6,5
	Sección rectangular con piedra – mortero	6	19,4	19,4	25,8
	Sección rectangular con madera – mortero	2	6,5	6,5	32,3
	Sección circular	1	3,2	3,2	35,5
Válidos	Sección rectangular con piedra – madera	2	6,5	6,5	41,9
	Sección rectangular de concreto – madera	8	25,8	25,8	67,7
	Sección circular	6	19,4	19,4	87,1
	Muro de piedra e=0.4 lado izquierdo	2	6,5	6,5	93,5
	30% piedra y 70% en tierra compacta	1	3,2	3,2	96,8
	Estribos C° ciclopeo, losa de C° A°	1	3,2	3,2	100,0
	Total	31	100,0	100,0	

FUENTE: Elaboración propia, Pasw Statistics 18

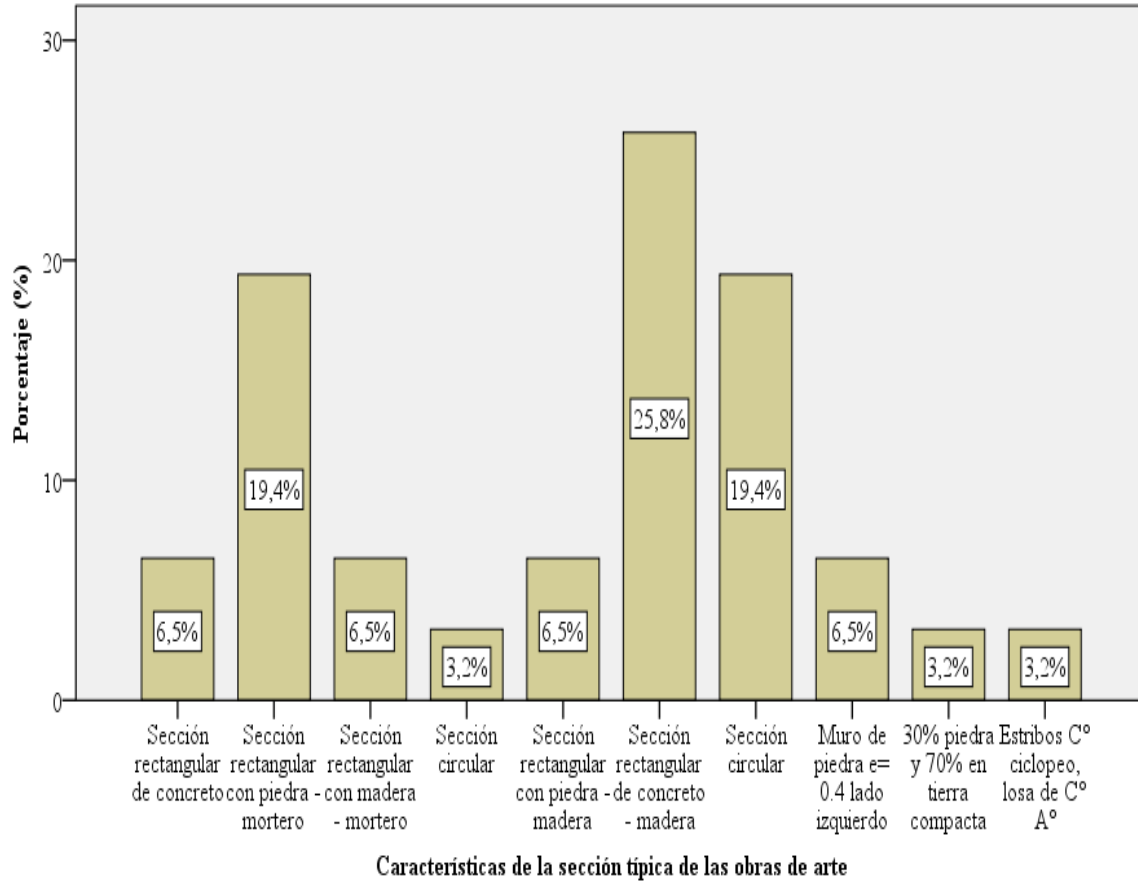


Gráfico 3:
 Histograma de frecuencias de las características de la sección típica de las obras de arte en el tramo I: Nogalpampa – Cotarma
FUENTE: Elaboración propia, Pasw Statistics 18

Interpretación

De un total de 31 obras de arte en el tramo I: Nogalpampa Cotarma de la vía que une las comunidades de Cotarma – Pisccaya se aprecia que el 25.8%, representados por 8 unidades son de sección rectangular construido en concreto – madera, 6 unidades de obras de arte están construidas de piedra mortero y concreto madera y tienen una sección rectangular y representan el 19.4% del total de las obras de arte, 2 unidades de obras de arte son construidas a base de concreto, madera – mortero y piedra – madera los que están representados por 6.5% dichos hallazgos coinciden plenamente con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) que manifiesta el sistema de drenaje superficial de una vía diseñado adecuadamente debe interceptar con efectividad todo el

escurrimiento directo superficial y de la cuenca, para conducirla a través de canales y cunetas que tengan el diseño adecuado para su descarga final en los cursos de agua naturales, éstas pueden ser construidas en concreto, mampostería de piedras y maderas.

Ancho de calzada

Tabla 44:
Estadísticos descriptivos del ancho de calzada de las obras de arte del tramo I: Nogalpampa – Cotarma

N	Válidos	31
	Perdidos	0
Media		4,7484
Moda		4,50
Desv. típ.		1,53490
Mínimo		3,40
Máximo		10,60

FUENTE: Elaboración propia, Pasw Statistics 18

Interpretación

En el tramo I de la vía Nogalpampa – Cotarma, en un total de 31 obras de arte el ancho de calzada promedio es de 4.748 metros lineales, siendo la longitud que mayormente se repite de 4.50 metros, la longitud mínima está representada por 3.4 metros y la máxima por 10.60 metros lineales, los hallazgos coinciden con las recomendaciones realizadas por el Huamán Peláez (2014) quien recomienda un ancho de calzada de 4 a 6.5 metros para mantener los cuerpos de aguas artificiales en condiciones favorables de evacuación.

Tabla 45:
Tabla de distribución de frecuencias del ancho de calzada de las obras de arte del tramo I de la vía Nogalpampa – Cotarma.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	3,40	1	3,2	3,2
	3,80	2	6,5	9,7
	4,00	1	3,2	12,9
	4,10	1	3,2	16,1
Válidos	4,20	9	29,0	45,2
	4,50	11	35,5	80,6
	4,60	1	3,2	83,9
	5,00	2	6,5	90,3
	5,60	1	3,2	93,5
	10,00	1	3,2	96,8
	10,60	1	3,2	100,0
	Total	31	100,0	100,0

FUENTE: Elaboración propia, Pasw Statistics 18

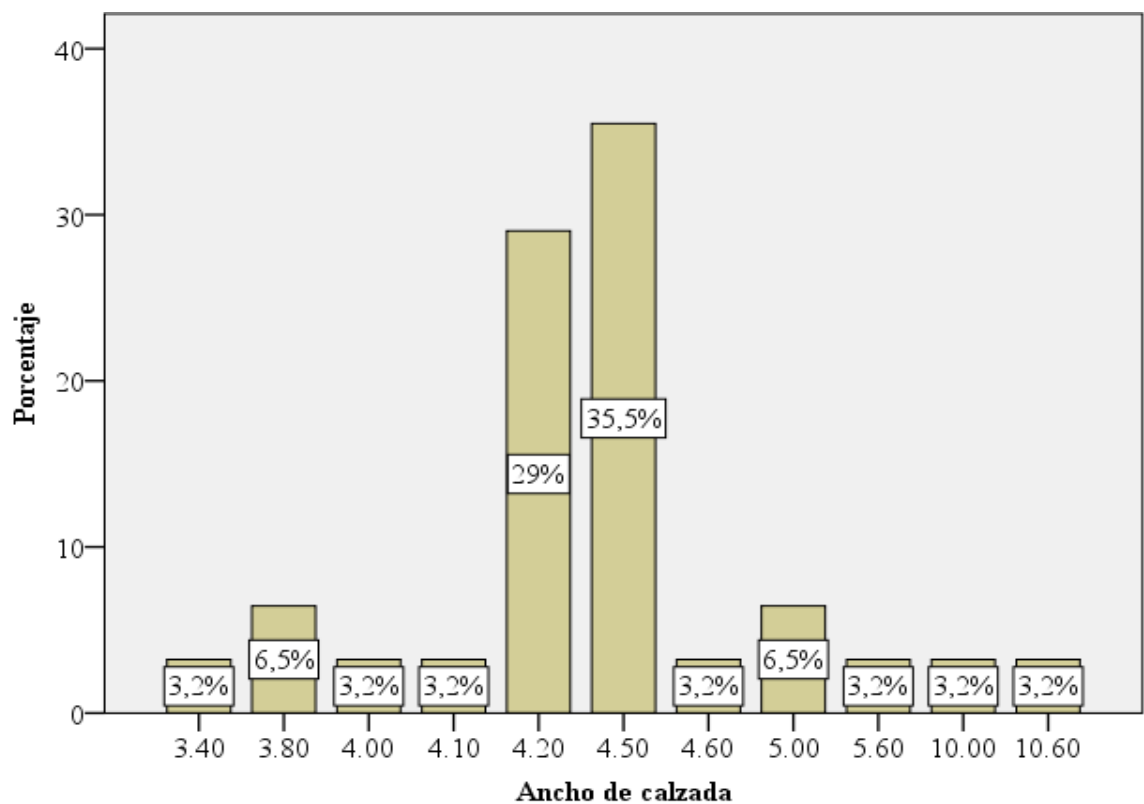


Gráfico 4:
Histograma de frecuencia del ancho de calzada de las obras de arte del tramo I: Nogalpampa – Cotarma.

FUENTE: Elaboración propia, Pasw Statistics 18

Interpretación

La tabla y gráfico muestra que de un total de 31 estructuras de arte en el tramo I: Nogalpampa - Cotarma del distrito de Pichirhua, se tiene que 35.5% representados por 11 unidades tienen un ancho de calzada de 4.50 metros lineales, seguido de un 29% que tienen 4.2 metros, el 16.1% de las obras de arte tienen un ancho de calzada por debajo de 4.10 metros lineales y un 93.5% de los casos se encuentran por debajo de 5.60 metros lineales.

También se aprecia que solo existe una obra de arte cuyo ancho de calzada es de 10.60 metros representando el 3.2% de los casos, la mayor parte de las obras de arte tienen características similares en el ancho de calzada y coinciden con lo manifestado en DIMACO (2017) al mencionar que el ancho de calzada de la trocha varía entre 3,00 m y 3,65 m. Anchos menores de 3,00 m dificultan el tránsito; anchos mayores de 3,65 m son inconvenientes, pues algunos conductores tienden a adelantar su vehículo entre otros dos que circulan a adelantar por sus trochas provocando accidentes.

Estado de conservación de las obras de arte

Tabla 46:
Distribución de frecuencias del estado de conservación de las obras de arte del tramo I: Nogalpampa – Cotarma, distrito de Pichirhua.

	Descripción	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	Regular estado de conservación	1	3,2	3,2	3,2
Válidos	Mal estado de conservación	22	71,0	71,0	74,2
	Proyectada	7	22,6	22,6	96,8
	Mal estado de estructura	1	3,2	3,2	100,0
	Total	31	100,0	100,0	

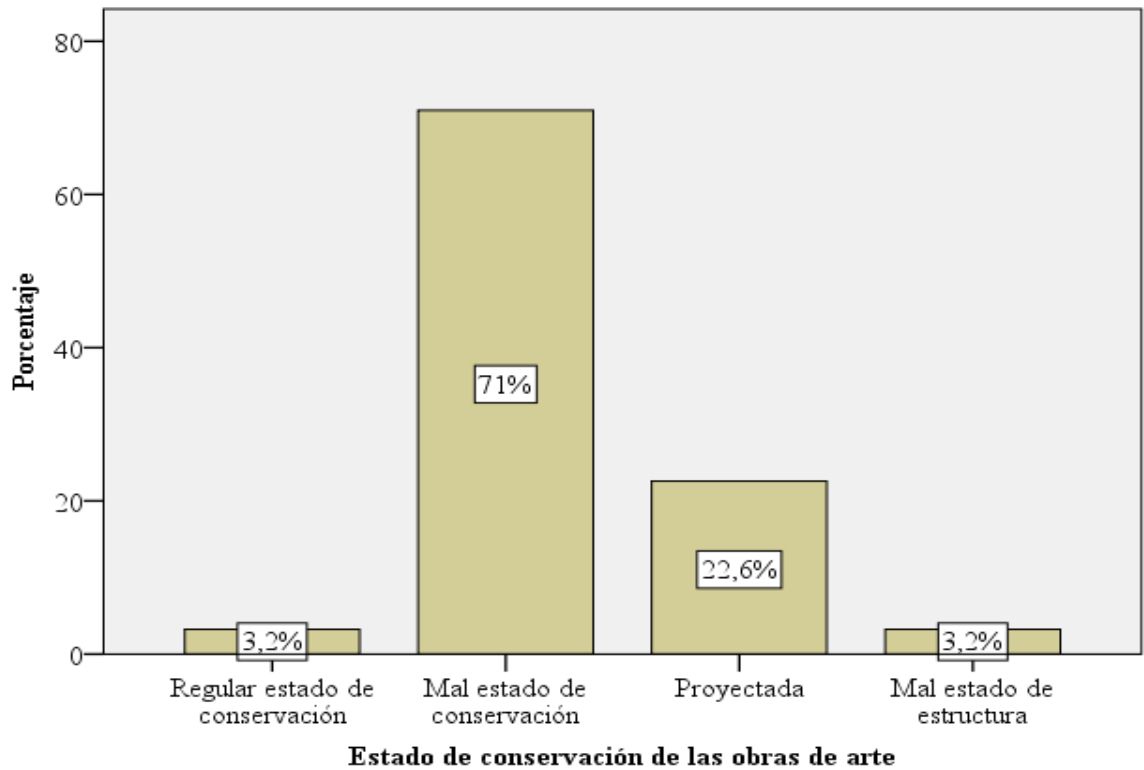


Gráfico 5:
 Histograma de frecuencias del estado de conservación de las obras de arte del tramo I: Nogalpampa – Cotarma, distrito de Pichirhua.
FUENTE: Elaboración propia, Pasw Statistics 18

Interpretación.

La tabla y gráfico muestra de un total de 31 unidades de obras de arte en el tramo I Nogalpampa – Cotarma, el 71% que representa 22 unidades se encuentran en mal estado de conservación en general, a su vez que existen una estructura que se encuentra en mal estado de conservación, en todo el tramo se puede apreciar que 3.2% de los casos (1 obra de arte) se encuentra en regular estado de conservación, también se aprecia que es necesario proyectar 7 unidades de obras de arte para contribuir a mejorar las condiciones de transitabilidad en el tramo I de la vía Nogalpampa – Cotarma.

El resumen del diagnóstico de campo en el tramo I: Nogalpampa Cotarma del distrito de Pichirhua se muestra a continuación.

Tabla 47:
Inventario vial actual de las obras de artes existentes y proyectadas en la
carretera AP-580, del camino vecinal tramo I: Nogalpampa - Cotarma

PROGRESIVA (KM)	DESCRIPCIÓN	SECCION	LONGITUD (M)	ANCHO DE CALZADA (M)	CARACTERISTICA S	OBSERVACIONES	COORDENADAS UTM		
							NORTE (Y)	ESTE (X)	
1	0+000	ALCANTARILLA	0.50x0.65	11.00	10.60	Sección rectangular de concreto	Regular estado de conservación	8478594.35	749154.48
2	0+105	ALCANTARILLA	0.50x0.50	4.50	4.50	Sección rectangular de piedra - mortero	Mal estado de conservación	8478650.12	719065.2
3	0+610	ALCANTARILLA	0.40x0.50	5.00	4.50	Sección rectangular de piedra - mortero	Mal estado de conservación	8478682.78	718622.92
4	1+475	ALCANTARILLA	0.50x0.50	10.50	10.00	Sección rectangular de concreto	Mal estado de conservación	8478239.97	718460.06
5	1+525	ALCANTARILLA	0.50x0.50	5.00	4.50	Sección rectangular con madera - mortero	Mal estado de conservación	8478254.3	718502.47
6	1+634	ALCANTARILLA	0.60	5.00	4.50	Sección Circular	Proyectada	8478302.07	718597.54
7	1+839	ALCANTARILLA	0.45x0.50	5.00	4.60	Sección rectangular con piedra - mortero	Mal estado de conservación	8478367.4	718772.42
8	2+405	ALCANTARILLA	0.50x0.50	6.00	5.60	Sección rectangular con piedra - madera	Mal estado de conservación	8478205.73	718537.2
9	4+748	ALCANTARILLA	0.50x0.60	4.50	4.20	Sección rectangular con madera - mortero	Mal estado de conservación	8477682.29	718786.66
10	5+517	ALCANTARILLA	0.50x0.60	4.50	4.20	Sección rectangular con piedra - mortero	Mal estado de conservación	8477304.1	719140.81
11	5+825	ALCANTARILLA	0.50x0.60	4.50	4.20	Sección rectangular de concreto - madera	Mal estado de conservación	8477559.46	719194.77
12	6+367	ALCANTARILLA	0.60	5.00	4.50	Sección Circular	Proyectada	8477374.85	719281.73
13	7+236	ALCANTARILLA	0.50x0.55	4.50	4.20	Sección rectangular con piedra - mortero	Mal estado de conservación	8477098.48	719227.12
14	7+327	ALCANTARILLA	0.60	5.00	4.50	Sección Circular	Proyectada	8477089.34	719143.09
15	7+605	ALCANTARILLA	0.60	5.50	5.00	Sección Circular	Proyectada	8477029.85	718933.47
16	7+992	ALCANTARILLA	0.60	5.00	4.50	Sección Circular	Proyectada	8477000.98	718947.9
17	8+471	ALCANTARILLA	0.80	5.50	5.00	Sección Circular	Proyectada	8476890.61	719012.07
18	8+853	ALCANTARILLA	0.50x0.55	4.50	4.50	Sección rectangular de concreto - madera	Mal estado de conservación	8476653.21	718765.79
19	9+827	ALCANTARILLA	0.50x0.50	4.50	4.20	Sección rectangular con piedra - mortero	Mal estado de conservación	8476488.49	718792.3
20	10+039	ALCANTARILLA	0.50x0.60	4.00	3.80	Sección rectangular de concreto - madera	Mal estado de conservación	8476554.06	718978.07
21	10+250	ALCANTARILLA	0.50x0.60	4.50	4.20	Sección rectangular de concreto - madera	Mal estado de conservación	8476602.19	719166.45
22	10+885	ALCANTARILLA	0.50x0.65	5.00	4.50	Sección rectangular de concreto - madera	Mal estado de conservación	8476221.08	719101.84
23	11+361	ALCANTARILLA	0.80	5.00	4.50	Sección Circular	Proyectada	8475853.72	718866.57
24	11+563	ALCANTARILLA	0.50x0.50	4.50	4.20	Sección rectangular de concreto - madera	Mal estado de conservación	8475702.98	718736.72
25	12+021	ALCANTARILLA	0.50x0.50	4.50	4.00	Sección rectangular de concreto - madera	Mal estado de conservación	8475450.35	718459.65

26	12+216	ALCANTARILLA	0.50x0.60	4.5	4.2	Sección rectangular de concreto - madera	Mal estado de conservación	8475463.45	718268.43
27	12+357	ALCANTARILLA	0.50x0.50	4.50	4.20	Sección rectangular de piedra - madera	Mal estado de conservación	8475348.81	718209.99
28	0+500	MURO SECO	H=1.20	12.00	3.40	Muro piedra e=0.40 - Lado izquierdo	Mal estado de conservación	8478610.69	718694.53
29	2+280	MURO SECO	H=1.30	11.00	3.80	Muro piedra e=0.40 - Lado izquierdo	Mal estado de conservación	8478215.98	718654.83
30	5+143	BADEN	4.50x5.00	5.00	4.50	(30% piedra y 70% en tierra compacta)	Mal estado de conservación	8177310.65	718843.82
31	0+790	PONTON	H=1.70	5.10	4.10	Estribos C° Ciclopeo, Losa de C°A°	Mal estado de la estructura	8478801.89	718503.26

FUENTE: Elaboración propia, diagnostico de campo setiembre 2017.

Interpretación

La tabla muestra el tipo de obras de arte en el tramo I: de la carretera Nogalpampa – Cotarma y se aprecia que están constituidas por alcantarillas, luego muro seco, badén y pontón, la mayoría en mal estado de conservación. Entre las características constructivas son a base de concreto, piedra mortero, madera mortero y concreto madera de sección rectangular y circular.

Tabla 48:
Inventario vial actual de las obras de artes existentes y proyectadas en la carretera AP-580, del camino vecinal tramo II: ramal Inupata - Piscaya

PROGRESIVA KM	DESCRIPCIÓN	SECCION	LONGITUD (M)	ANCHO DE CALZADA (M)	CARACTERISTICAS	OBSERVACIONES	COORDENADAS UTM		
							NORTE (Y)	ESTE (X)	
32	2+050	ALCANTARILLA	0.60	5.00	4.00	Sección Circular	Proyectada	8478472.87	718154.66
33	2+785	ALCANTARILLA	0.80	5.00	3.80	Sección Circular	Proyectada	8478596.89	718033.04
34	3+323	ALCANTARILLA	0.60	5.00	4.00	Sección Circular	Proyectada	8478332.64	718005.85
35	3+708	ALCANTARILLA	0.60	5.00	3.80	Sección Circular	Proyectada	8478399.82	717638.41
36	4+059	ALCANTARILLA	0.60	5.00	4.00	Sección Circular	Proyectada	8478433.26	717301.66

FUENTE: Elaboración propia, diagnostico de campo setiembre 2017.

Interpretación

En la tabla se aprecia que en el tramo II Ramal Inupata – Piscaya no existen obras de arte por lo que el 100% son proyectadas las que deberán ser alcantarillas de 5 metros de longitud y ancho de calzada de 3.92 metros promedio las sección deberá ser circular.

4.1.1.2. Características topográficas de la vía (X2)

Terminados los trabajos de levantamiento topográfico, se procede a realizar los tratamientos de la información y el diseño de la vía usando para ello el software Civil 3d, dicho proceso consiste en procesar los datos, recolectados en la base de datos de la estación total ya descargados al computador.

Los planos elaborados para los estudios preliminares son los siguientes:

Plano en planta en coordenadas UTM a escala 1/ 2 000, la equidistancia entre curvas de nivel es de 2 m.

Perfil longitudinal, cuya escala vertical es de 1/200 y la escala horizontal es de 1/2000.

Secciones transversales cuya escala es de 1/200.

Obteniendo así los planos preliminares que fueron la base para los planos definitivos, los cuales se muestran en los anexos.

Diagrama de masas

Tabla 49:

Diagrama de masas en el tramo I. Nogalpampa – Cotarma

ESTACAS	DISTANCIA	VOLUMEN TOTAL		DIAGRAMA DE MASAS		
		RELLENO	CORTE	FACTOR F	Fx V. Corte m ³	ORDENADAS -2000
0+000	0			1.05	0.00	0.00
1+000	1,000.00	100.33	1,612.24	1.05	1692.85	1592.52
2+000	1,000.00	44.15	1,900.05	1.05	1995.05	3543.42
3+000	1,000.00	104.73	2,447.15	1.05	2569.51	6008.20
4+000	1,000.00	166.55	2,473.85	1.05	2597.54	8439.19
5+000	1,000.00	249.10	2,331.00	1.05	2447.55	10637.64
6+000	1,000.00	104.13	1,790.60	1.05	1880.13	12413.64
7+000	1,000.00	129.08	1,380.65	1.05	1449.68	13734.25
8+000	1,000.00	139.93	1,210.35	1.05	1270.87	14865.18

9+000	1,000.00	90.15	1,174.03	1.05	1232.73	16007.77
10+000	1,000.00	164.95	1,337.00	1.05	1403.85	17246.67
11+000	1,000.00	586.75	1,462.75	1.05	1535.89	18195.80
12+000	1,000.00	229.48	1,448.20	1.05	1520.61	19486.93
12+000	476.00	55.13	3,253.83	1.05	3416.52	22848.33
Promedio	959.69	166.50	1,832.44	1.05	1,924.06	12,693.81
Valor mínimo	476.00	44.15	1,174.03	1.05	1,232.73	1,592.52
Valor máximo	1,000.00	586.75	3,253.83	1.05	3,416.52	22,848.33
Desviación estándar	145.33	139.88	623.66	0.00	654.84	6,397.36

FUENTE: Elaboración propia.

Interpretación

La tabla muestra los volúmenes de corte y relleno y el diagrama de masas del tramo I: Nogalpampa – Cotarma, se observa que el máximo volumen de relleno es de 586.75 m³ y el volumen máximo de corte 3253.83 m³, los valores son determinados para un intervalo de 1 kilómetros, los volúmenes de rellenos y corte promedios serán de 166.50 y 1832.44 m³ respectivamente.

En cuanto al diagrama de masas se observa que el promedio de volumen de corte es de 1924.06 m³, los valores mínimos de relleno y de corte son de 1,232.73 m³ y 3,416.52 m³ respectivamente.

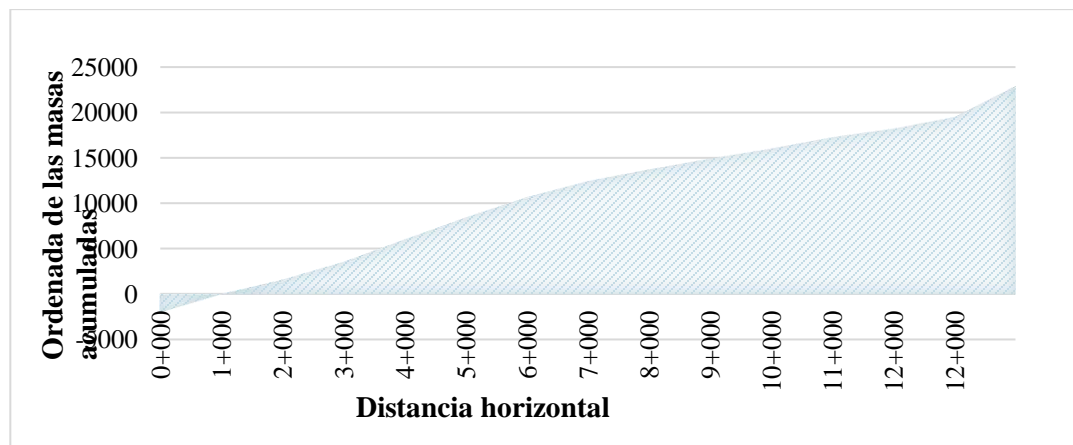


Gráfico 6:

Diagrama de masas del tramo I: Nogalpampa – Cotarma.

FUENTE: Elaboración propia.

Interpretación

El gráfico muestra el perfil del diagrama de masas del tramo I: Nogalpampa – Cotarma, se observa una relación directa y positiva entre las ordenadas de las masas acumuladas en función de las progresivas (distancias horizontales) su mayor nivel de ordenada acumulada alcanza en el kilómetro 12+476.

Tabla 50:
Diagrama de masas en el tramo II. Ramal Inupata – Piscaya

ESTACAS	DISTANCIA	VOLUMEN TOTAL		DIAGRAMA DE MASAS		
		RELLENO	CORTE	FACTOR F	FxV.Corte M3	ORDENADAS -2000
0+000	0			1.05	0.00	0.00
1+000	1,000.00	602.78	1,802.90	1.05	1893.05	1290.27
2+000	1,000.00	284.68	3,161.78	1.05	3319.87	4325.45
3+000	1,000.00	179.90	3,944.35	1.05	4141.57	8287.12
4+000	1,000.00	528.05	3,601.35	1.05	3781.42	11540.49
5+000	1,000.00	176.88	4,437.15	1.05	4659.01	16022.62
5+000	263.00	26.30	610.67	1.05	641.20	16637.52
Promedio	877.17	299.77	2,926.37	1.05	3,072.69	9,683.91
valor mínimo	263.00	26.30	610.67	1.05	641.20	1,290.27
valor máximo	1,000.00	602.78	4,437.15	1.05	4,659.01	16,637.52
Desviación estándar	300.88	222.90	1,445.99	0.00	1,518.29	6,214.44

FUENTE: Elaboración propia.

Interpretación

La tabla muestra los volúmenes de corte y relleno y el diagrama de masas del tramo II: ramal Inupata – Piscaya, se observa que el máximo volumen de relleno es de 602.78 m³ y el volumen máximo de corte 4437.15 m³, los valores son determinados para un intervalo de 1 kilómetro, los volúmenes de rellenos y corte promedios serán de 299.77 y 2926.37 m³ respectivamente.

En cuanto al diagrama de masas se observa que el promedio de volumen de corte es de 3072.69 m³, los valores mínimos de relleno y de corte son de 641.20 m³ y 4659.01 m³ respectivamente.

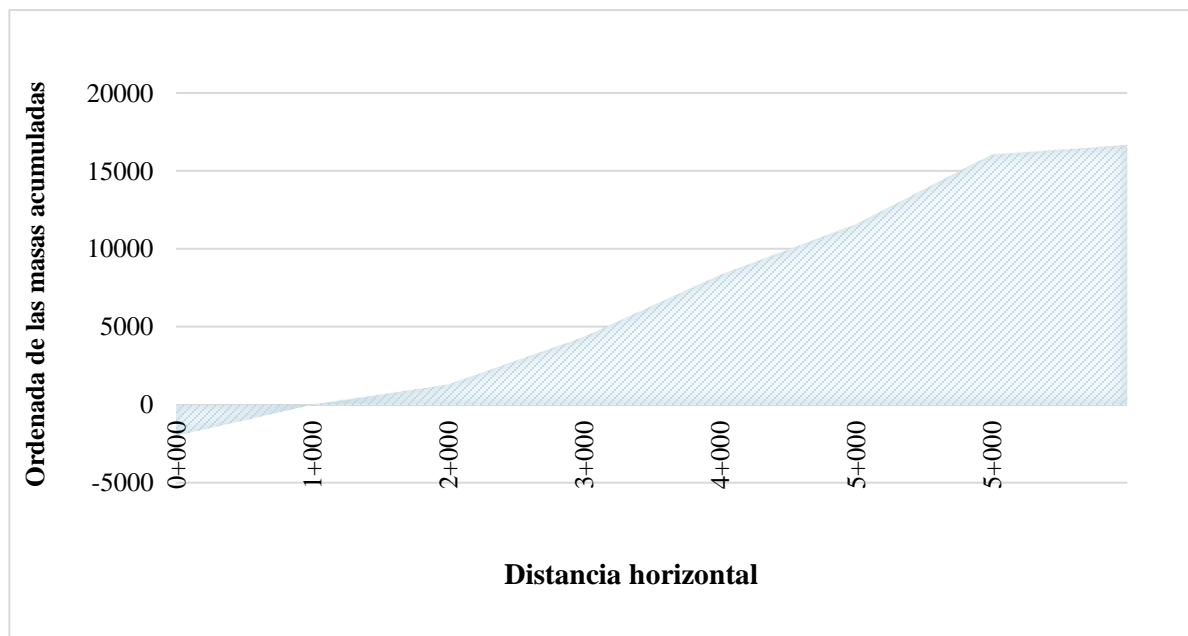


Gráfico 7:
Diagrama de masas del tramo II: ramal Inupata – Piscaya.
FUENTE: Elaboración propia.

Interpretación

El gráfico muestra el perfil del diagrama de masas del tramo II: ramal Inupata – Piscaya, se observa una relación directa y positiva entre las ordenadas de las masas acumuladas en función de las progresivas (distancias horizontales) su mayor nivel de ordenada acumulada alcanza en el kilómetro 5+263.

Perfiles longitudinales

El trazo del perfil longitudinal se ha realizado para cada kilómetro de los tramos Nogalpampa – Cotarma y ramal Inupata – Piscaya colocando estacas cada 20 metros, además se consignan las cotas de terreno y cota rasante, la información de altura de corte, altura de relleno, alineamientos, pendientes y tipo de material se describen en cada plano del perfil longitudinal a lo largo de la carretera y cumplen las especificaciones técnicas estipulados por las NPDC-MTC y el Manual de Diseño de carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito, aprobado mediante la resolución Ministerial N° 303-2008-MTC/02 del 04

de Abril del 2008, los planos de los perfiles longitudinales se muestran en los anexos.

Nivelación y perfil longitudinal.

Después de haber efectuado el estacado respectivo del eje de la vía se realiza la nivelación de cada estaca en forma sucesiva, cada 20 m. en alineamientos rectos y cada 10 m. en las curvas, además de las estacas propias del estudio preliminar, igualmente se estacaron en lugares donde se requería tener puntos de referencia, en alcantarillas y demás obras de arte.

La nivelación que se realizó fue de circuito cerrado cada 500 m, con un error máximo de cierre de +/- 0.02m/Km. correspondiente a la nivelación ordinaria, las lecturas se hacen como máximo a 50 m entre el nivel y la estaca, la precisión de la lectura fue al milímetro en los puntos de cambio ubicados en terreno firme.

Colocando los Bench Mark (BM) cada 500 m, a lo largo del trazo y en puntos que estén prudencialmente alejados de la faja del terreno en la que se realizará los movimientos de tierra; dichos BM(s). Están debidamente colocados en hitos de roca.

Las cotas y ubicación de los BM(s). Están indicadas en el perfil longitudinal, con respecto al punto de inicio de la nivelación del trazo, que está ubicado en hito en la estructura de una alcantarilla cercana al punto de arranque de nuestra carretera.

Secciones transversales

Con la finalidad de determinar la cantidad de movimiento de tierras, se halló las secciones perpendiculares al eje a distancias de 20 m. en tangentes y 10 m. en curvas, igualmente se determinó secciones en puntos importantes de la curva como PC, PT, y en las ubicaciones de las alcantarillas.

De acuerdo a las características mecánicas de los suelos se proyectaron las secciones transversales del camino en corte y en terraplén. Dichas secciones

transversales son realizadas en cada estaca del eje definitivo levantadas en todas las estacas del trazo, éstas fueron dibujadas a una escala de 1:200 considerándose el ancho de la plataforma, ancho de bermas, cunetas y sobre ancho en curvas. Sus taludes fueron calculados de acuerdo al tipo de terreno existente y en cumplimiento de las NPDC-MTC y el Manual de Diseño de carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito, aprobado mediante la resolución Ministerial N° 303-2008-MTC/02 del 04 de Abril del 2008. Los planos de secciones transversales se muestran en los anexos.

Pendientes

Esta se clasifica por su relieve en: Terrenos de topografía llana o plana, terrenos de topografía ondulada y terrenos de topografía accidentada.

Tabla 51:
Tipo de pendiente según relieve del terreno

Tipo de relieve	Máxima inclinación (I) %
Llano	$I < 5$
Ondulado	$5 < I < 15$
Accidentado	$15 < I < 25$
Muy accidentado	$25 < I$

FUENTE: Elaboración propia.

Interpretación

En nuestro caso, el terreno pertenece a una topografía ondulada y accidentada; es decir el terreno en sentido transversal, tiene una inclinación de 5% - 25%, la superficie se presenta con entrantes y salientes; pronunciadas.

Áreas de corte y relleno

Para el cálculo de áreas existen diferentes métodos, entre los más usados en nuestro medio son:

El método del compás, es la aplicación de una regla, llamada en métodos numéricos como la regla de Simpson.

El planímetro, es un sistema mecánico, que utilizando una constante multiplicada por el perímetro del área a calcular, se determina el valor buscado.

Figuras geométricas, es la descomposición del área irregular en figuras geométricas conocidas, con ayuda de un escalímetro se calcula su área por fórmulas conocidas.

Coordenadas, se descompone la sección transversal en figuras conocidas (triángulos), los que por medio de un programa se calculan las áreas de corte y relleno. Este método es considerado el más exacto para el cálculo de áreas.

Para la elaboración de los planos tanto en planta, perfil y secciones transversales, se obtuvieron con el uso del Software AUTO CAD CIVIL 3D 2015 (Diseño de Carreteras), el cual nos da valores de áreas mucho más precisos y confiables que los métodos ya mencionados, los planos topográficos se adjuntan en los anexos.

4.1.1.3. Comportamiento del tráfico vehicular en la vía (X3)

Índice medio diario

Para diseñar una carretera es necesario predecir el número de vehículos para un período de diseño; parámetro que servirá en lo posterior para determinar la clasificación de la vía, así como nos definirá sus características geométricas. Para conocer la demanda de transporte se realizó primero un recorrido a todo lo largo de los dos tramos desde el Km. 0+000 hasta el Km. 17+739 para determinar la ubicación de la estación de conteo y clasificación del tráfico y ver el punto de estación, en este caso se ubicó la primera estación en el primer tramo entre los Centros Poblados de Nogalpampa y Cotarma a 01+220 km. Desde el inicio de la carretera, se ubicó la segunda estación entre el Ramal y la Centro Poblado de

Piscaya a 00+340 km., completando así dos estaciones de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 52:
Estaciones de conteo de tráfico vehicular.

CODIGO ESTACION	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	LA TIPO	TRAMO		UBICACIÓN
			INICIA	FIN	
E1	Cotarma	Principal	Nogalpampa	Cotarma	01+220
E2	Piscaya	Principal	Ramal Inupata	Piscaya	00+340

FUENTE: Elaboración propia, trabajo de campo

Interpretación

Tramo Nogalpampa – Cotarma, Estación (E1)

El punto de ubicación de ésta estación es en el departamento de Apurímac. provincia de Abancay, distrito de Pichirhua y la comunidad de Nogalpampa y Cotarma. El conteo se realizó desde las 00:00 horas del 08 de Febrero del 2016, hasta las 24:00 horas del 14 de Febrero del 2016. Las Encuestas Origen Destino y los Censos de Carga se realizaron el 16,17 y 18 de Febrero del 2016 desde las 06:00 horas hasta las 18:00 horas. Los estudios se realizaron sin ningún tipo de percance.

Tramo ramal Inupata – Piscaya, Estación (E2)

El punto de ubicación de esta estación es en el Departamento de Apurímac. Provincia de Abancay, Distrito de Pichirhua y la comunidad de Piscaya. El conteo se realizó desde las 00:00 horas del 08 de Febrero del 2016, hasta las 24:00 horas del 14 de Febrero del 2016. Los estudios se realizaron sin ningún tipo de percance.

Tabla 53:
Índice medio diario tramo I: Nogalpampa – Cotarma.

Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Auto	2	2	2	2	0	2	3
Station Wagon	3	3	4	5	6	5	6
Camioneta	1	1	1	0	0	1	2
Combi Rural	2	2	2	2	2	2	1
Camión de 2 Ejes	4	3	3	2	2	3	3
Camión de 3 Ejes	0	0	0	0	0	0	0
Bus Grande	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	12	11	12	11	10	13	15

FUENTE: Elaboración Propia, Excel 2010.

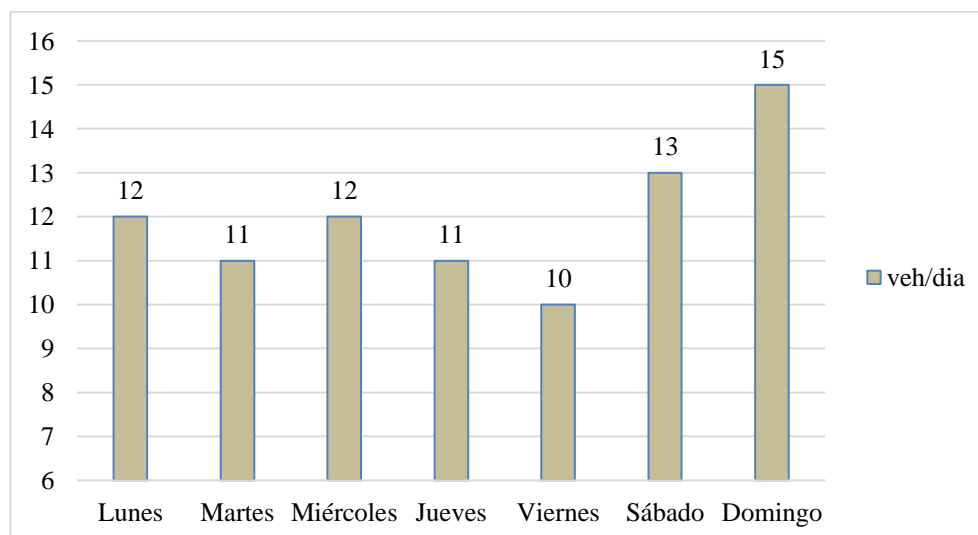


Gráfico 8:
Histograma de frecuencia del número de vehículos por día, tramo I:
Nogalpampa – Cotarma.

FUENTE: Elaboración propia, Excel 2010

Interpretación

La tabla y gráfico muestran el número de vehículos por día en la estación de control del tramo I Nogalpampa – Cotarma, se aprecia que el día domingo el número de vehículos es mayor con la cantidad de 15 vehículos por día, siendo a su vez 6 vehículos de tipo Station Wagon, 3 autos, 3 camiones de dos ejes, 2 camionetas y 1 combi rural, el día viernes es de menor frecuencia con 10 unidades

de los cuales 6 son de tipo Station wagon, 2 combis rurales y 2 camiones de dos ejes, en la semana se cuenta con un total de 84 vehículos.

Finalmente se determina que el Índice Medio Diario (IDM) para el tramo I: Nogalpampa – Cotarma es de 12 vehículos por día, valor con el que se determinara el diseño geométrico definitivo de la carretera en dicho tramo.

Tabla 54:
Índice medio diario tramo II: ramal Inupata - Piscaya.

Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Auto	1	1	0	2	1	2	0
Station Wagon	1	2	2	3	4	4	2
Camioneta	1	1	0	2	0	0	0
Combi Rural	2	0	2	1	2	2	1
Camión de 2 Ejes	0	0	0	0	1	2	3
Camión de 3 Ejes	0	0	0	0	0	0	0
Bus Grande	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	5	4	4	8	8	10	6

FUENTE: Elaboración propia, Excel 2010

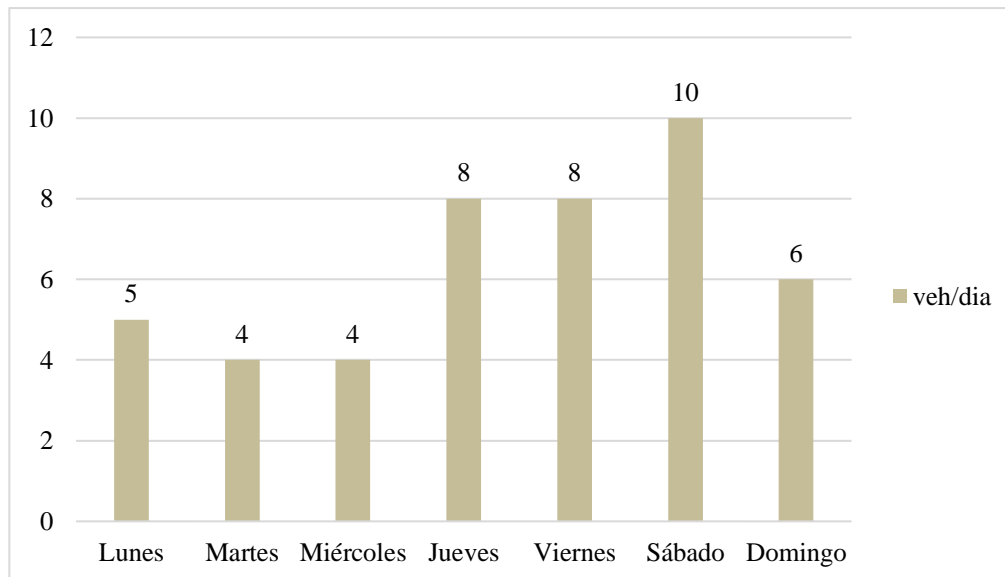


Gráfico 9:
Histograma de frecuencia del número de vehículos por día, tramo II: ramal Inupata – Piscaya.

FUENTE: Elaboración propia, Excel 2010

Interpretación.

La tabla y gráfico muestran el número de vehículos por día en la estación de control del tramo II: ramal Inupata _ Piscaya, se aprecia que el día sábado el número de vehículos es mayor con la cantidad de 10 vehículos por día, siendo a su vez 4 vehículos de tipo Station Wagon, 2 autos, 2 camiones de dios ejes y 2 combis rurales, los días martes y miércoles son los de menor afluencia con 4 unidades respectivamente de los cuales 2 son de tipo Station wagon, 2 combis rurales y 1 auto, en la semana se cuenta con un total de 45 vehículos.

Finalmente se determina que el Índice Medio Diario (IDM) para el tramo II: ramal Inupata – Piscaya es de 6 vehículos por día, valor con el que se determinara el diseño geométrico definitivo de la carretera en dicho tramo.

Tabla 55:
Índice medio diario anual tramo I: Nogalpampa - Cotarma según tipo de vehículos

Tipo de Vehículo	Total semana	IMD _s	FC	IMD _a
Auto	13	2	0.919227	2
Station Wagon	32	5	0.919227	4
Camioneta	6	1	0.919227	1
Combi Rural	13	2	0.919227	2
Camión de 2 Ejes	20	3	0.919227	3
Camión de 3 Ejes	0	0	0.919227	0
Bus Grande	0	0	0.919227	0
TOTAL	84	13		12

FUENTE: Fuente: Elaboración propia, Excel 2010

Interpretación

La tabla muestra que el mayor número de vehículos que transitan en la carretera del tramo I: Nogalpampa – Cotarma es el tipo Station wagon con 32 unidades por semana, seguido de 20 camiones de dos ejes por semana, luego 13 vehículo de tipo combi rural y autos y 6 camionetas por semana, haciendo un total de 84 vehículos por semana, el promedio del Índice Medio Anual está representado por 12 vehículos en dicho tramo.

Tabla 56:
Índice medio diario anual tramo II: ramal Inupata - Piscaya según tipo de vehículos

Tipo de Vehículo	Total semana	IMD _s	FC	MD _a
Auto	5	1	0.919227	1
Station Wagon	18	3	0.919227	2
Camioneta	3	0	0.919227	0
Combi Rural	10	1	0.919227	1
Camión de 2 Ejes	6	2	0.919227	1
Camión de 3 Ejes	0	0	0.919227	0
Bus Grande	0	0	0.919227	0
TOTAL	45	7		5

FUENTE: Elaboración propia, Excel 2010

Interpretación

La tabla muestra que el mayor número de vehículos que transitan en la carretera del tramo II: ramal Inupata – Piscaya es el tipo Station wagon con 18 unidades por semana, seguido de 10 combis rurales, 6 camiones de dos ejes por semana, después 5 autos y 3 camionetas por semana, haciendo un total de 45 vehículos por semana, el promedio del Índice Medio Anual está representado por 5 vehículos en dicho tramo.

Variación horaria

Tabla 57:
Resumen de variación horaria

HORA	INGRESO	SALIDA	AMBOS
0-1	0	0	0
1-2	0	0	0
2-3	0	0	0
3-4	0	0	0
4-5	0	0	0
5-6	6	0	6
6-7	9	0	9
7-8	11	1	12
8-9	2	4	6
9-10	3	2	5
10-11	4	1	5
11-12	2	1	3
12-13	1	4	5
13-14	0	7	7
14-15	0	4	4
15-16	0	5	5
16-17	5	4	9
17-18	0	5	5
18-19	0	3	3
19-20	1	0	1
20-21	0	1	1
21-22	0	0	0
22-23	0	0	0
23-24	0	0	0

FUENTE: Elaboración propia, Excel 2010

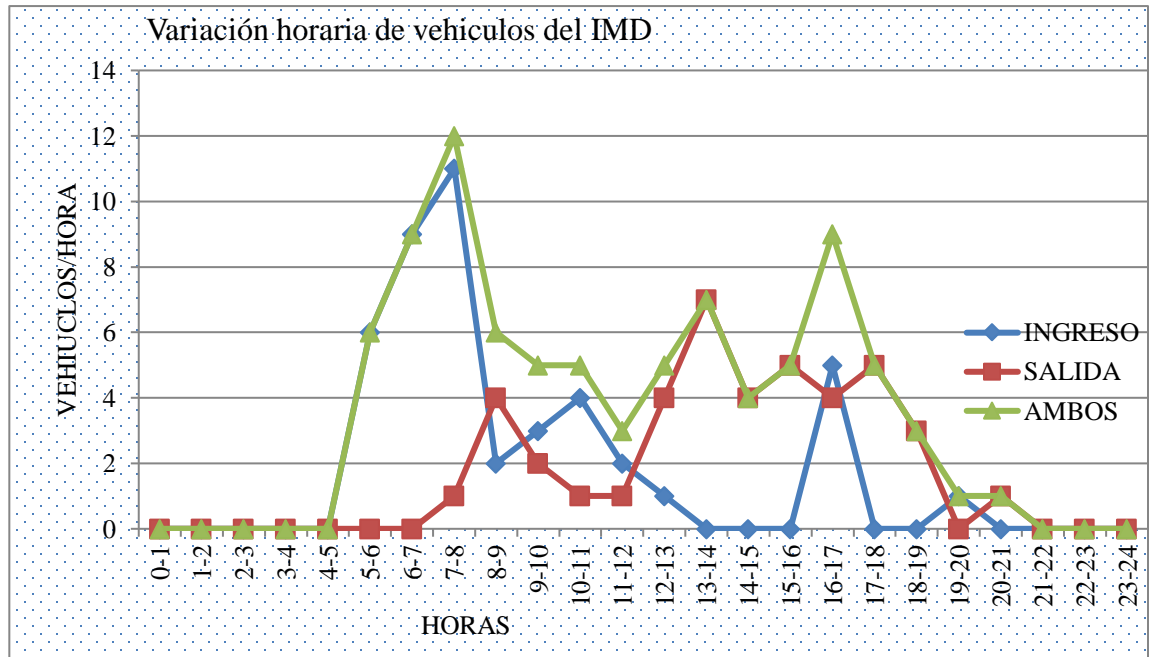


Gráfico 10:
Resumen de variación horaria
FUENTE: Elaboración propia, Excel 2010

Interpretación

La tabla y gráfico muestran la variación horaria y se observa que se presenta el mayor volumen de tráfico entre las 6:00 AM a 8:00 AM con un ingreso de 11 vehículos y 1 vehículo de salida, luego en el horario de las 13:00 PM a 17:00 PM, presentan un total de 9 vehículos siendo de mayor proporción los de salida, el volumen más bajo se encuentra entre las 0:00 horas a 5:00 horas y de 20:00 horas a 24:00 horas.

Variación diaria

Tabla 58:

Variación diaria de vehículos ligeros y pesados, según días de la semana

DÍA	VEHÍCULOS LIGEROS	VEHÍCULOS PESADOS
Lunes	15	4
Martes	12	3
Miércoles	13	3
Jueves	17	2
Viernes	15	3
Sábado	18	5
Domingo	15	6
Total	15	4

FUENTE: Elaboración propia, Excel 2010.

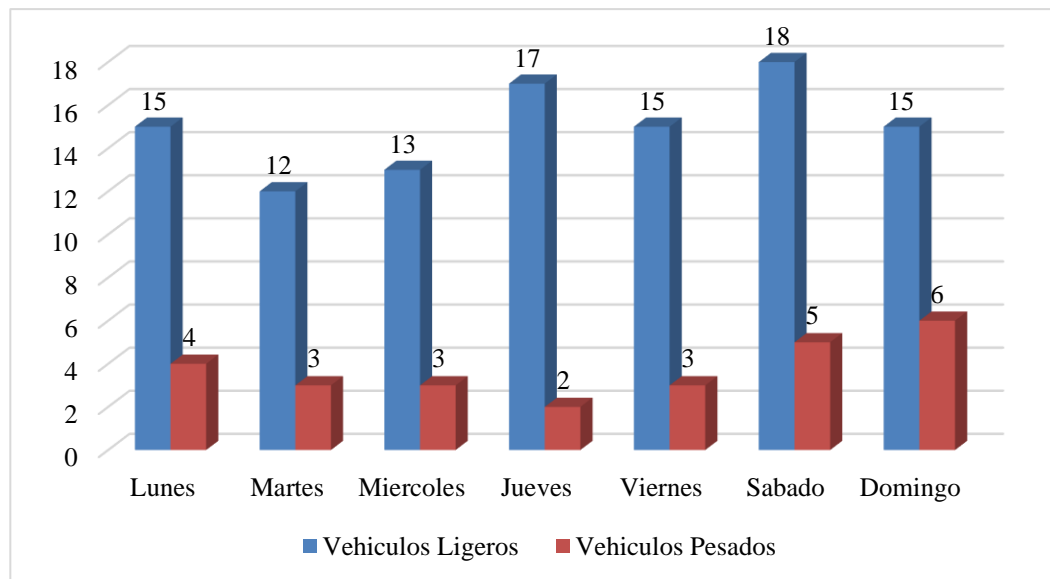


Gráfico 11:

Histograma de frecuencia de la variación diaria de vehículos ligeros y pesados, según días de la semana

FUENTE: Elaboración propia, Excel 2010.

Interpretación

La tabla y gráfico muestran que el mayor volumen de tráfico por día se presenta el día sábado con un total de 23 vehículos de las cuales el 78% corresponde a vehículos pesados ligeros y 21.74% corresponde a vehículos pesados. El día de menor volumen de tráfico es el día martes con 15 vehículos en total, 80% de los cuales corresponden a vehículos ligeros y 20% a vehículos mayores.

Variación estacional

La utilización del Factor de Corrección Estacional se toma de los años anteriores y corresponde a la estación de peaje más cercana a la zona de estudio, tanto para vehículos ligeros como pesados; para el presente estudio se ha tomado el Factor de Corrección Estacional, de las estaciones de peaje de Casinchihua y Pampa Galera (Año 2010), siendo éstas las más próximas al camino vecinal.

Tabla 59:

Factores de corrección para vehículos ligeros y pesados de las estaciones de control Pampa Galera y Casinchihua según meses del año

Mes	Ligeros (Pampa Galera)	Pesados (Casinchihua)
Enero	1.049449	1.228084
Febrero	1.115322	1.107520
Marzo	1.189206	1.095992
Abril	1.141811	1.081522
Mayo	0.953547	1.052918
Junio	1.044147	1.013756
Julio	0.968588	0.956503
Agosto	0.820661	0.892909
Setiembre	1.029797	0.951161
Octubre	1.005944	0.933450
Noviembre	1.030903	0.951626
Diciembre	0.927163	0.919227

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación.

El cuadro muestra los factores de corrección y se considera el mes de diciembre como factor representativo con el valor de 0.927163 para vehículos ligeros y 0.919227 para vehículos pesados, con los factores antes señalados se muestran a continuación los Índices Medios Diarios anuales para los tramos I y II en estudio, a su vez se pone de manifiesto que las zonas de demanda de viaje son: Abancay, Cotarma, Piscaya, Casinchihua y Accopampa.

Proyección de tráfico

El transporte general de la vía está variado por el tráfico estándar, el tráfico generado por el proyecto y el tráfico directo de otras rutas. Este último se despreció por no existir otra vía que conecte los puntos inicial y final de la vía. Por ello, el tráfico proyectado final es el resultado de sumar los tráficos normal y generado proyectados, los resultados se muestran a continuación para cada tramo de la vía en estudio.

Tabla 60:
Proyección del tráfico de vehículos en el tramo I: Nogalpampa – Cotarma
para un horizonte de 10 años.

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Tráfico Normal	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
Auto	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Station Wagon	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Camioneta	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Combi Rural	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Camión de 2 Ejes	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Camión de 3 Ejes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus Grande	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tráfico Generado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Auto	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Station Wagon	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Camioneta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Combi Rural	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Camión de 2 Ejes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Camión de 3 Ejes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus Grande	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IMD TOTAL	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00

FUENTE: Elaboración propia, Excel 2010.

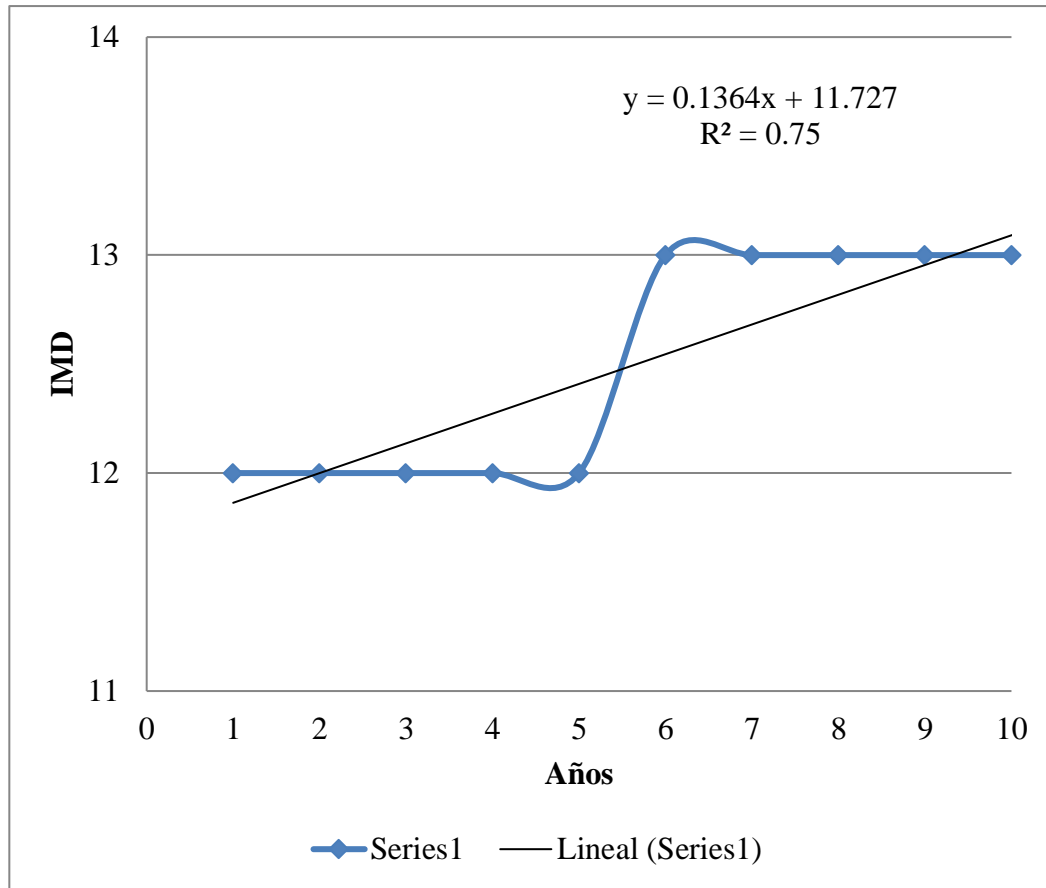


Gráfico 12:
 Perfil histograma y tendencia del Índice Medio Diario para un horizonte de 10 años tarmo I: Nogalpampa – Cotarma.
FUENTE: Elaboración propia, Excel 2010.

Interpretación.

La tabla y gráfico muestra la tendencia del Índice Medio Diario para un horizonte de 10 años, se muestra que el incremento es de un vehículo cada cinco años, la tendencia tiene una pendiente de 0.136 vehículos por año a una probabilidad del 95%, dicho crecimiento está explicado en un 75% por el paso de los años y en 25% por otros factores que no están en el estudio.

Tabla 61:
Proyección del tráfico de vehículos en el tramo II: ramal Inupata – Piscaya
para un horizonte de 10 años.

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	
Tráfico Normal	Pro	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	7.00	7.00
Auto	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Station Wagon	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Camioneta	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Combi Rural	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Camión de Ejes 2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00
Camión de Ejes 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus Grande	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tráfico Generado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Auto	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Station Wagon	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Camioneta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Combi Rural	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Camión de Ejes 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Camión de Ejes 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus Grande	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IMD TOTAL	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	7.00	7.00

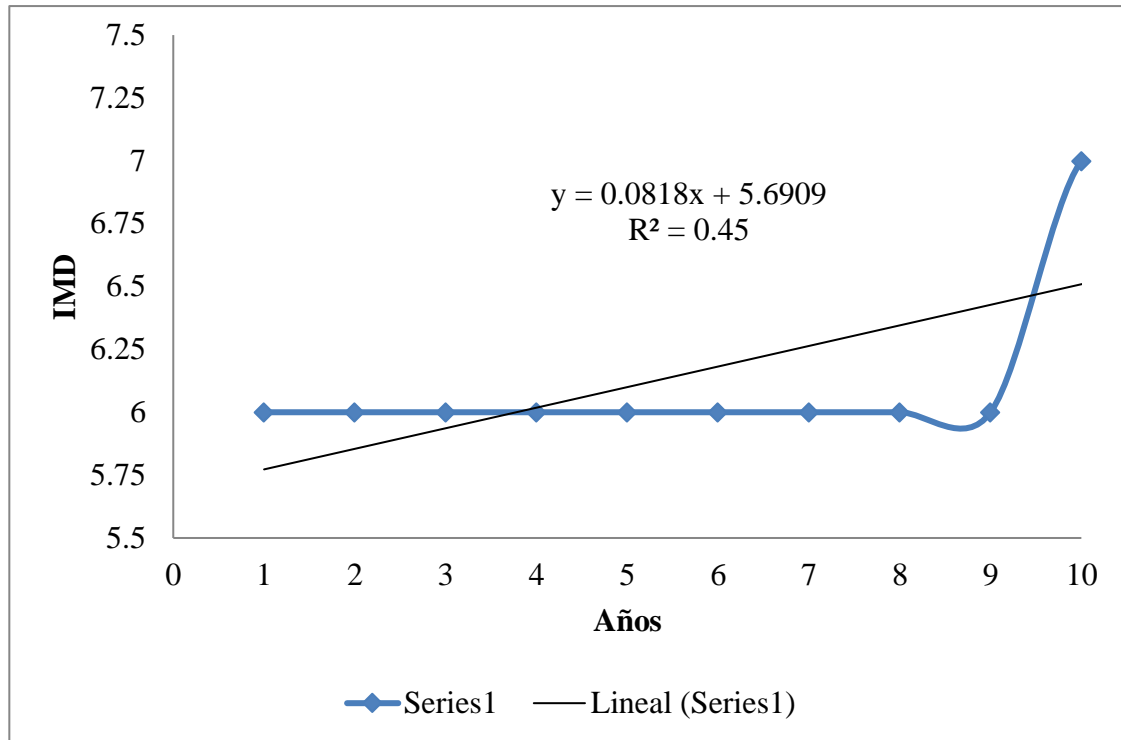


Gráfico 13:
 Perfil histograma y tendencia del Índice Medio Diario para un horizonte de 10 años tramo II: ramal Inupata – Piscaya.
FUENTE: Elaboración propia, Excel 2010.

Interpretación.

La tabla y gráfico muestra la tendencia del Índice Medio Diario para un horizonte de 10 años, en el tramo II ramal Inupata – Piscaya, se muestra que el incremento es de un vehículo cada nueve años, la tendencia tiene una pendiente de 0.0818 vehículos por año a una probabilidad del 95%, dicho crecimiento está explicado en un 45% por el paso de los años y en 55% por otros factores que no están en el estudio.

Velocidad de diseño.

Para el estudio de la velocidad se ha seleccionado la técnica de la velocidad promedio de vía de una jornada típica. Un clasificador se ubicó en cada sitio de control de la tabla 21 y efectuó la comparación de placas y tipo de medio

de transporte, en ambas direcciones tomando los tiempos de intersección el vehículo en los puntos de registro.

Tabla 62:
Puntos de control de velocidad

Puntos de control	Ubicación
Nogalpampa - Cotarma	KM: 01+220
Ramal Inupata - Piscaya	KM: 00+340

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

Los puntos de control para determinar la velocidad promedio fue instalada en la carretera Chontay – Nogalpampa – Cotarma – Piscaya – Lucuchanga, siendo el punto de control para el tramo I: Nogalpampa – Cotarma en el kilómetro 1+220 y para el tramo II: Ramal Inupata – Piscaya en el kilómetro 00 + 340.

En cada sitio de inspección se colocó un marcador equipado del formato preciso y de cronómetro. El Formato indica: la duración en (horas, minutos, segundos), el prototipo de vehículo utilizado (automóvil, camioneta autobús, microbús, camión de 2 ejes, camión 3 ejes y acoplados) Seguidamente se realizó el procesamiento de los datos obteniendo los resultados los siguientes:

Tabla 63:
Velocidad promedio según tipo de vehículo

Tramo	Velocidad promedio (km/hora)		
	Autos	camionetas	Camiones
Nogalpampa – cotarma – piscaya.	25	30	20

FUENTE: Elaboración propia.

Interpretación

Los datos de la tabla muestra el promedio aritmético de las velocidades en el tramo Nogalpampa – Cotarma – Piscaya en el que la mayor velocidad

corresponde a las camionetas con 30 km/h, seguido de los autos con la velocidad de 25 km/h, después los camiones que transitan a una velocidad de 20 km/h.

Estudio peatonal

En el punto de control de la tabla 21, se colocó un anotador, provisto del formato requerido, que indicaba sentido de cruce de la persona, tipo de persona (hombre mujer, niño ciclistas, motos, acarreo de ganado) a fin de establecer el requerimiento de paso peatonal, por tener cada persona una velocidad diferente de cruce, los resultados se muestran a continuación.

Tabla 64:
Transporte no motorizado en el tramo I Nogalpampa – Cotarma y tramo II ramal Inupata – Piscaya.

Hora	SENTIDO 1 (Nogalpampa - Cotarma)				SENTIDO 2 (Cotarma - Nogalpampa)			Total	CICLISTA		MOTO		GANADO VACUNO, EQUINO	
	Hom bre	Muj er	Niño	Total	Hom bre	Muj er	Niño		Sen tido 1	Sen tido 2	Sen tido 1	Sen tido 2	Sen ti do 1	Sen ti do 2
06- 07	2	1	1	4							1			4
07- 08				0										
08- 09	1			1									1	
09- 10				0										
10- 11	1	1		2	1			1				1		
11- 12				0										
12- 13				0										
13- 14				0										
14- 15	1	1	2	4		1		1			1			
15- 16		1		1	1			1				1		
16- 17	1			1		1		1						2
17- 18														
Total	6	4	3	13	2	2	0	4	0	0	2	2	1	6

FUENTE: Elaboración propia.

Interpretación

De 17 peatones en total, 13 transitan de ida (Nogalpampa – Cotarma) 4 de vuelta (Cotarma – Nogalpampa), 6 son del sexo femenino y 8 son del sexo masculino y 3 niños. Las horas de mayor tránsito en el sentido de ida son entre las 6 a 7 y 14 a 15 horas, mientras que en el sentido de vuelta las horas de mayor tránsito son entre las 10 a 11 horas y de 14 a 17 horas.

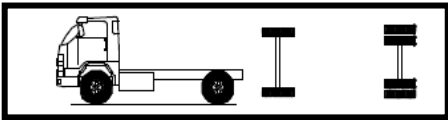
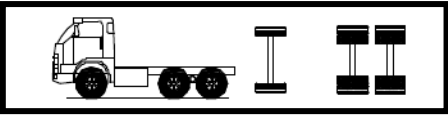
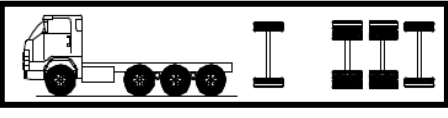
En cuanto al tránsito de motocicletas se observa está constituido por 4 unidades en total siendo el recorrido de 2 unidades en el sentido de ida y 2 en el sentido de vuelta, las horas de recorrido son entre las 6 a 7 horas de ida y de 10 a 11 y 14 a 15 horas de vuelta.

Los resultados fueron utilizados para la ubicación de las señales verticales de tránsito en el diseño de la vía.

Carga máxima de diseño

Según el DECRETO SUPREMO N° 058 - 003 – MTC (2003) la tabla de pesos y medidas de los vehuclos para la circulación en las carreteras de la red Vial Nacional es el siguiente:

Tabla 65:
Tabla de pesos y medidas según tipo de vehículos

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Max. (m)	Eje Delant	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)
				Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°	4°	
C2		12.30	7	11	-	-	-	18
C3		13.20	7	18				25
C4		13.20	7	23	-	-	-	30

FUENTE: DECRETO SUPREMO N° 058 – 2003 – MTC

De acuerdo a las observaciones realizadas en los aforos vehiculares de la tabla 22, así como de las proyecciones realizadas en las tablas 19 y 20, para la investigación se adoptó el vehículo de tipo **C2**, que tiene una longitud total de 12.30 mts. Con peso bruto máximo de 18 toneladas características que se

utilizaron para el diseño definitivo de las vías en el tramo I. Nogalpampa – Cotarma y tramo II. Ramal Inupara - Piscaya.

4.1.1.4. Características geotécnicas de la carretera (X4)

Tiene el objeto de estar al tanto de las propiedades y calidad de material con el que está conformado el suelo, el cual tendrá como función principal el soportar las cargas a los cuales estará sometido en las diferentes estructuras como son : afirmado, obras de arte, sistema de drenaje, etc.

Para iniciar estos trabajos se ha efectuado un reconocimiento previo de la zona, se estimó las condiciones del suelo, para luego proceder con la exploración e investigación determinando así el espesor de los estratos, sus características y las diferentes propiedades del terreno; los resultados se muestran a continuación.

Granulometría

El estudio granulo métrico consistió en disociar y ajustar por tamaños los granos que lo componen. A fraccionar de la distribución de los granos en una superficie, es viable formarse una concepción aproximada de otras propiedades semejantes. La granulometría se determinó por medio del análisis automático, segregando la muestra íntegra por una serie de mallas, que definen el tamaño de la fracción, los resultados se muestran como sigue:

Tabla 66:
Clasificación de las muestras del suelo según granulometría, tramo I:
Nogalpampa – Cotarma

N° de calicatas	Progresiva km	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO
C - 01	0+520	GP	A-2-4
C - 02	01+310	SM	A-2-4
C - 03	02+700	SP	A-2-4
C - 04	03+860	SM - SW	A-2-4
C - 05	05+330	SC - SM	A-2-4
C - 06	06+720	SC	A-2-4
C - 07	08+050	SM	A-2-4
C - 08	09+500	SM	A-2-4
C - 09	10+730	GC - GM	A-2-4
C - 10	11+400	GC - GP	A-2-5
C - 11	12+260	GC	A-2-4

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

En el tramo I: Nogalpampa – Cotarma, según la Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transporte – AASHTO, se tiene que el 90% representados por 10 calicatas definen que los suelos en este tramo son de grano grueso ya que más del 50% es retenido en mallas metálicas número 200, en seguida las gravas son retenidas en más del 50% mediante la malla número 4, por lo que se clasifican como A – 2 – 4 grava, arena arcillosa o limosa, el 10% representado por una calicata se clasifica como A – 2 – 5 que representa un suelo con más de 35% de finos el cual está ubicado en el kilómetro 11 + 400.

Por otro lado según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS, las clasificación de los suelos en el tramo I Nogalpampa – Cotarma corresponde a gravas deficientemente graduadas, la mezcla del cascajo y arena con insuficiente o falta de fino (GP) en el kilómetro 0+520, arenas arcillosas, mezcla de arena limo (SM) en el kilómetro 01+310, arenas apropiadamente graduadas, arenas con cascajo con escaso o falta de finos (SP) en el kilómetro 02+700, arenas arcillosas, mezcla de arena y limo a su particularidad es que existen arenas deficientemente graduadas, arenas con cascajo y con escaso a

nada de finos (SM – SW) en el kilómetro 3+860, arenas limosas, mezcla de arena limo más arenas arcillosas (SC – SM) en el kilómetro 5+330, arenas limosas, mezcla de arena limo (SC) en el kilómetro 6+720, arenas arcillosas y mezcla de arena limo (SM) en los kilómetros 08+050 al 09+500, grava arcillosa, mezcla de cascajo arena y tierra con presencia de suelos con gravas limosas y mezclas de cascajo arena y limo (GC – GM) en el kilómetro 10+730

Tabla 67:
Clasificación de las muestras del suelo según granulometría, tramo II: ramal Inupata – Piscaya.

N° de calicatas	Progresiva km	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO
C - 12	00+600	SC	A-2-4
C - 13	02+000	GC	A-2-4
C - 14	03+600	SC	A-2-6
C - 15	05+000	GM	A-2-4

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

De un total de 4 calicatas en el tramo II ramal Inupata – Piscaya se tiene el 75% representados por 4 calicatas clasifican los suelos según la AASHTO en A – 2 – 4 que representan ser suelos con presencia de grava, arena arcillosa o limosa, encontrándose dichos materiales en los kilómetros 00+600, 02+000 y 05+000 y según el SUCS se clasifican en suelos con presencia de arenas limosas, conglomerado de arena y limo, (SC), gravas arcillosas, mezcla de cascajo, arena y tierra (GC) y gravas limosas, mezcla de grava arena y arcilla (GM) respectivamente.

Límites de consistencia

Se basan en el conocimiento de que los suelos finos, presentes en el medio pueden encontrarse en diferentes estados dependiendo del contenido de agua, los resultados de la investigación de laboratorio para los tramos I y II de la carretera en estudio se muestran como sigue.

Tabla 68:
Límites de consistencia de los suelos del tramo I: Nogalpampa - Cotarma

N° de calicatas	Progresiva km	Límite líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice de plasticidad (%)
C - 01	0+520	10.22	3.71	6.51
C - 02	01+310	12.64	8.36	4.28
C - 03	02+700	11.09	5.32	5.78
C - 04	03+860	11.02	5.81	5.21
C - 05	05+330	11.68	5.44	6.24
C - 06	06+720	11.81	3.63	8.18
C - 07	08+050	13.21	5.46	7.76
C - 08	09+500	11.85	2.74	9.11
C - 09	10+730	10.89	5.40	5.49
C - 10	11+400	8.38	5.66	2.73
C - 11	12+260	11.68	5.55	6.13
	Promedio	11.35	5.19	6.13
	Valor máximo	13.21	8.36	9.11
	Valor mínimo	8.38	2.74	2.73
	Desviación estándar	1.28	1.47	1.80

FUENTE: Elaboración propia

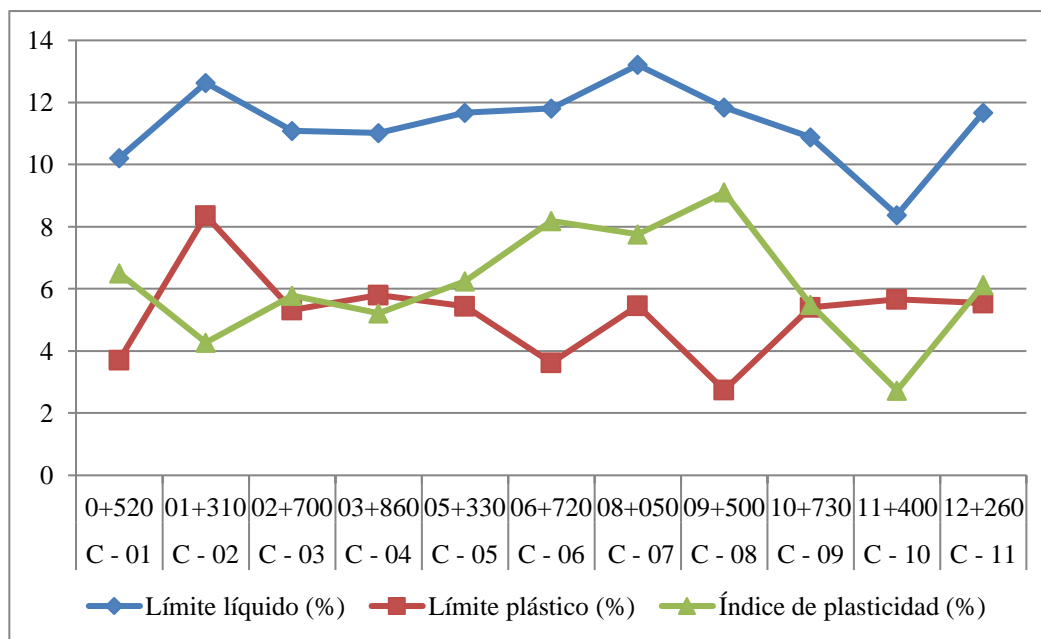


Gráfico 14:
Perfil histograma de los límites de consistencia de los suelos del tramo I
Nogalpamapa – Cotarma.

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla y gráfico muestran los límites de consistencia de los suelos del tramo I Nogalpampa – Cotarma se aprecia que la cantidad promedio de la humedad que contiene el material en el instante que pierde la naturalidad y la capacidad de fluir como agua pesada es de 11.35%, descendiendo a valores mínimos de 8.38% y aumentando a valores máximos de 13.21%, por lo demás, el contenido de la humedad del material en el instante que pierde la flexibilidad y que no se puede formar fue de 5.19% promedio, llegando a valores mínimos de 2.74% y valores máximos de 8.36%. Los límites de consistencia del material de la vía en el tramo I: Nogalpampa – Cotarma es homogéneo en su recorrido ya que la desviación estándar de los límites líquidos, plásticos y el índice de plasticidad son valores pequeños representados por 1.28%, 1.47% y 1.80% respectivamente.

Tabla 69:

Límites de consistencia de los suelos del tramo II: ramal Inupata – Piscaya

N° de calicatas	Progresiva km	Límite líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice de plasticidad (%)
C - 12	00+600	13.29	8.45	8.84
C - 13	02+000	11.79	8.68	3.11
C - 14	03+600	8.48	3.50	4.98
C - 15	05+000	8.23	4.61	3.61
	Promedio	10.45	6.31	5.14
	Valor máximo	13.29	8.68	8.84
	Valor mínimo	8.23	3.5	3.11
	Desviación estándar	2.49	2.64	2.59

FUENTE: Elaboración propia

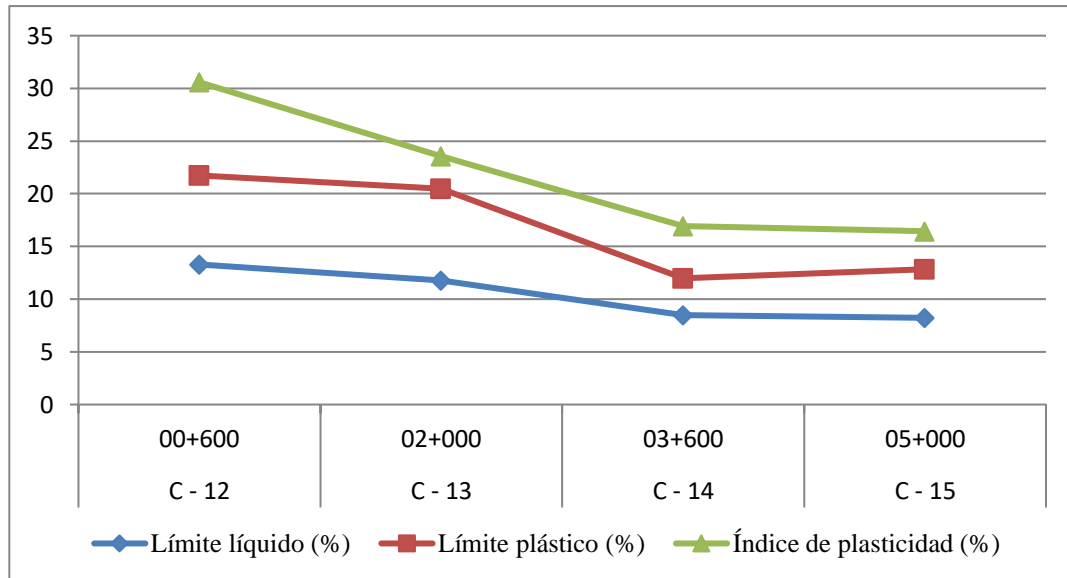


Gráfico 15:
 Perfil histograma de los límites de consistencia de los suelos del tramo II ramal Inupata – Piscaya.
FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla y gráfico muestran los límites de consistencia de los suelos del tramo II ramal Inupata – Piscaya, se aprecia que la suma promedio de humedad que contiene el material en el instante que pierde la naturalidad y la capacidad de escurrir como líquido denso fue de 10.45%, descendiendo a valores mínimos de 8.23% y aumentando a valores máximos de 13.29%, por otro lado, el contenido de agua del material en circunstancias que pierde la flexibilidad y que no se puede moldear fue de 6.31% promedio, llegando a valores mínimos de 3.5% y valores máximos de 8.68%.

Los límites de consistencia del material de la vía en el tramo II: ramal Inupata – Piscaya es homogéneo en su recorrido ya que la desviación estándar de los límites líquidos, plásticos y el índice de plasticidad son valores relativamente pequeños representados por 2.49%, 2.64% y 2.59% respectivamente.

Compactación (Proctor modificado)

Tabla 70:

Porcentaje de humedad óptima y densidad seca máxima del material en el tramo I: Nogalpamapa – Cotarma, según el ensayo Proctor modificado.

N° de calicatas	Progresiva km	Humedad óptima (%)	Densidad seca máxima (tn/m ³)
C - 01	0+520	9.36	1.95
C - 02	01+310	9.20	1.02
C - 03	02+700	10.82	0.98
C - 04	03+860	10.21	1.00
C - 05	05+330	10.58	0.95
C - 06	06+720	10.56	0.97
C - 07	08+050	10.51	0.91
C - 08	09+500	9.82	0.97
C - 09	10+730	10.20	0.93
C - 10	11+400	10.01	1.06
C - 11	12+260	10.46	0.93
	Promedio	10.16	1.06
	Valor máximo	10.82	1.95
	Valor mínimo	9.20	0.91
	Desviación estándar	0.52	0.30

FUENTE: Elaboración propia

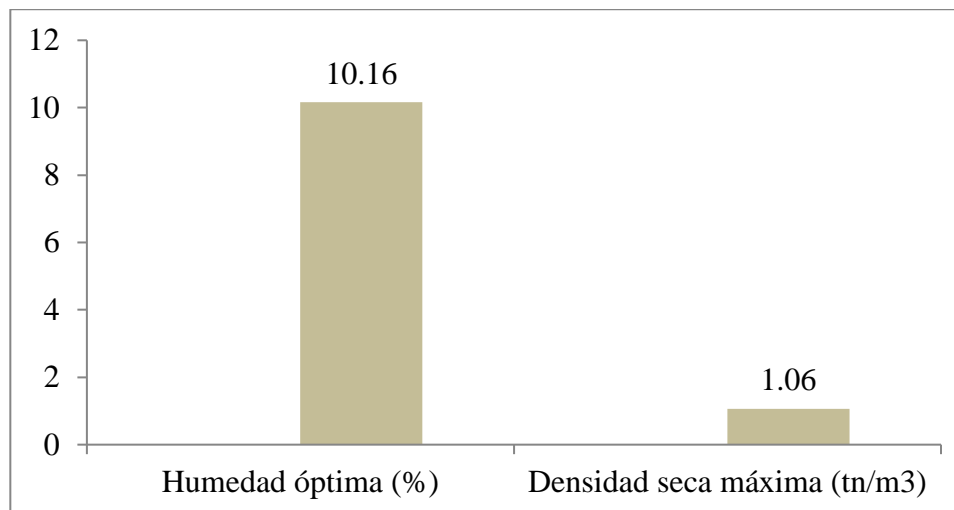


Gráfico 16:

Histograma del promedio del porcentaje de humedad óptima y densidad seca máxima del material en el tramo I: Nogalpamapa – Cotarma, según el ensayo Proctor modificado.

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La humedad óptima del material de la vía en el tramo I Nogalpampa – Cotarma, tiene un promedio de 10.16% un valor máximo de 10.82% y un valor mínimo de 9.20%, la desviación estándar para la humedad óptima es de 0.52% lo cual pone en incertidumbre que la conducta del agua óptima es homogéneo en todo el recorrido del tramo I. Por otro lado, la densidad seca máxima alcanzada en promedio es de 1.06 toneladas por m³ llegando a valores máximos de 1.95 toneladas por m³ y valores mínimos de 0.91 toneladas por m³, el material en todo el recorrido del tramo I es homogéneo en cuanto a su densidad seca máxima ya que la desviación estándar es pequeña con el valor de 0.30 toneladas por m³

Tabla 71:
Porcentaje de humedad óptima y densidad seca máxima del material en el tramo II: ramal Inupata – Piscaya, según el ensayo Proctor modificado.

N° de calicatas	Progresiva km	Humedad óptima (%)	Densidad seca máxima (tn/m³)
C - 12	00+600	12.01	0.83
C - 13	02+000	12.25	0.83
C - 14	03+600	11.98	0.97
C - 15	05+000	12.29	1.00
	Promedio	12.13	0.91
	Valor máximo	12.29	1.00
	Valor mínimo	11.98	0.83
	Desviación estándar	0.16	0.09

FUENTE: Elaboración propia

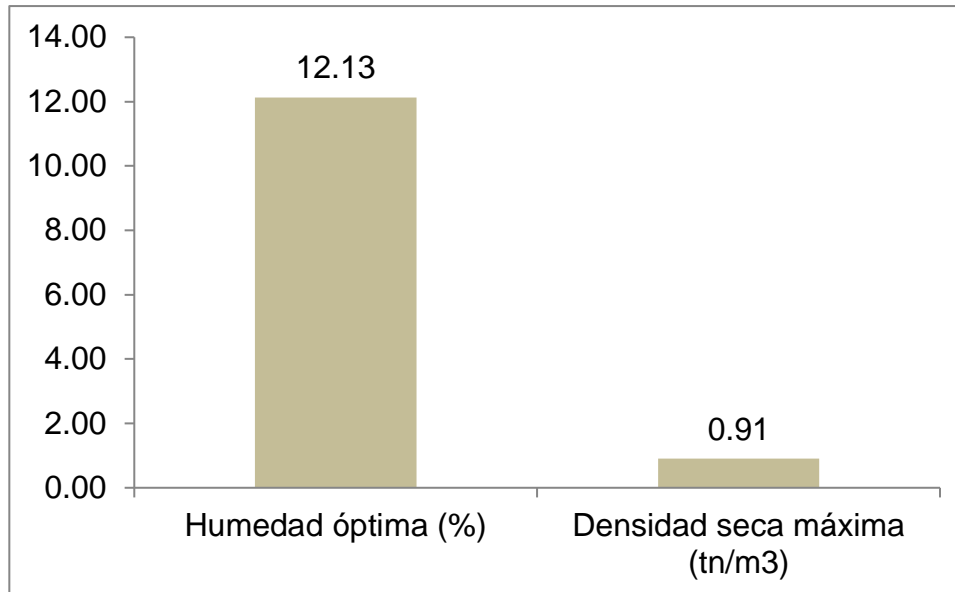


Gráfico 17:

Histograma del promedio del porcentaje de humedad óptima y densidad seca máxima del material en el tramo II: ramal Inupata – Piscaya, según el ensayo Proctor modificado.

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La humedad óptima del material de la vía en el tramo II ramal Inupata – Piscaya, tiene un promedio de 12.13% un valor máximo de 12.29% y un valor mínimo de 11.98%, la desviación estándar para la humedad óptima es de 0.16% lo cual pone en incertidumbre que la conducta del agua óptima es homogéneo en todo el recorrido del tramo II. Por otro lado, la densidad seca máxima alcanzada en promedio es de 0.91 toneladas por m³ llegando a valores máximos de 1.00 toneladas por m³ y valores mínimos de 0.83 toneladas por m³, el material en todo el recorrido del tramo II es homogéneo en cuanto a su densidad seca máxima ya que la desviación estándar es pequeña con el valor de 0.09 toneladas por m³

Ensayo C.B.R.

Tabla 72:
Clasificación de calicatas según CBR tramo I Nogalpampa – Cotarma

N° de pozos	Progresiva km	CBR (%)
C – 01	0+520	21.50
C – 02	01+310	23.17
C – 03	02+700	19.67
C – 04	03+860	19.83
C – 05	05+330	19.73
C – 06	06+720	19.93
C - 07	08+050	19.50
C – 08	09+500	19.90
C - 09	10+730	19.33
C - 10	11+400	19.87
C – 11	12+260	20.33
	Media	20.25
	Valor máximo	23.17
	Valor mínimo	19.33
	Desviación estándar	1.13

FUENTE: Elaboración propia

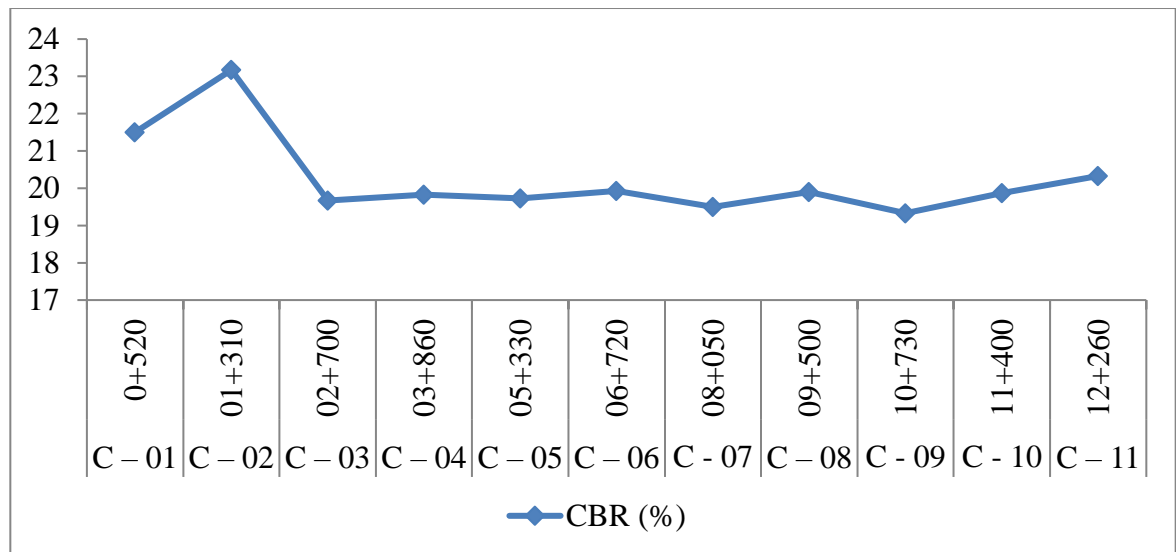


Gráfico 18:
Perfil histograma de la clasificación de calicatas según CBR tramo I
Nogalpampa – Cotarma

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación.

El promedio de 11 calicatas clasifican los suelos en el tramo I Nogalpampa – Cotarma en el valor de 20.25% según la relación de soporte de california (CBR), alcanzando el valor máximo de 23.17% en el kilómetro 01+310, el valor mínimo de 19.33% en el kilómetro 10+730. El comportamiento de la relación de soporte de california (CBR) en todo el recorrido del tramo I es homogéneo con el valor de 1.13%.

Tabla 73:
Clasificación de calicatas según CBR tramo II ramal Inupata – Piscaya

N° de pozos	Progresiva km	CBR (%)
C – 12	00+600	18.17
C – 13	02+000	17.50
C – 14	03+600	18.17
C - 15	05+000	18.60
	Media	18.11
	Valor máximo	18.6
	Valor mínimo	17.5
	Desviación estándar	0.45

FUENTE: Elaboración propia

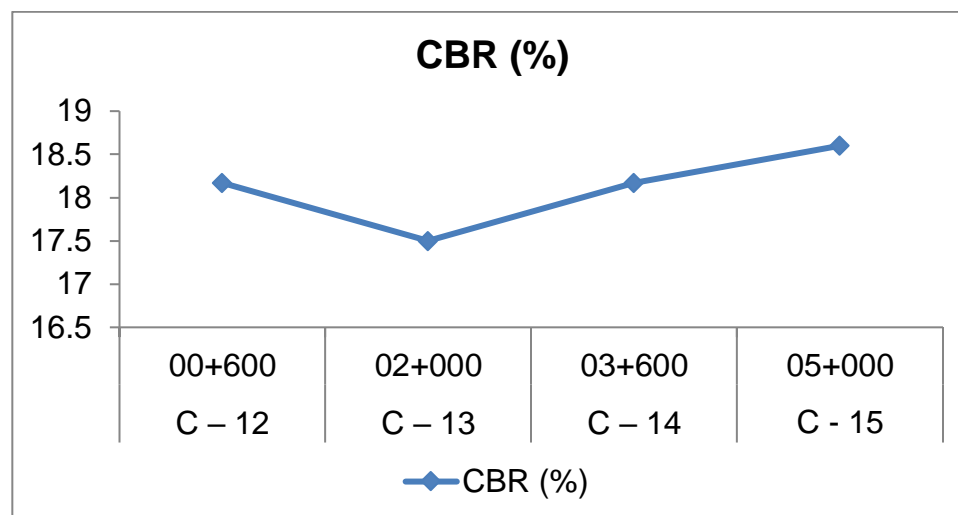


Gráfico 19:
Perfil histograma de la clasificación de calicatas según CBR tramo II ramal Inupata – Piscaya

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

El promedio de 4 calicatas clasifican los suelos del tramo II ramal Inupata – Piscaya en el valor de 18.11% según la relación de soporte de califonia (CBR), alcanzando el valor máximo de 18.6% en el kilómetro 05+000, el valor mínimo de 17.5% en el kilómetro 02+000. El comportamiento de la relación de soporte de califonia (CBR) en todo el recorrido del tramo II es homogéneo con el valor de 0.45%.

Estudio de canteras

El estudio de canteras permitió ubicar, identificar y clasificar el material de préstamo a utilizarse en la proporción de la distribución del afirmado y obras de concreto. La finalidad de definir los bancos de material de préstamo se realizó para detectar volúmenes alcanzables y explotables, que satisfagan la demanda del Proyecto y que cumplan con las especificaciones técnicas requeridas.

La información que se precisa en el presente documento, ha sido evaluada a partir de un trabajo especializado tomando en cuenta aspectos como el muestreo, condiciones de explotación de la cantera, posibilidad de zarandeo antes del carguío y el aprovisionamiento oportuno para la obra, los resultados del estudio se muestran a continuación.

Tabla 74:
Características de las canteras del tramo I. Nogalpampa – Cotarma.

Cantera	Progresiva	LL	IP	AASHTO	SUCS	Desgaste	Potencia neta (m3)
M - 01	KM 00+770	8.56	2.3	A - 2 - 4	SC-W	38.40	1066.5
M - 02	KM 03+320	8.33	1.0	A - 2 - 4	SM	32.20	17880
M - 03	KM 09+490	8.83	2.2	A - 1 - b	SW	38.70	4350
M - 04	KM 12+160	7.73	1.0	A - 2 - 4	SC- W	36.90	6372
	Promedio	8.36	1.6			36.55	7417.13
	Valor máximo	8.83	2.3			38.70	17880.00
	Valor mínimo	7.73	1.0			32.20	1066.50
	Desviación estándar	0.47	0.7			3.00	730985

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

En la carretera del tramo I Nogalpampa – Cotarma se han identificado 04 unidades de canteras en las progresivas 00+770, 03+320, 09+490 y 12+160 km, con un promedio de 8.36% de límite líquido y 1.68% de índice de plasticidad. De otro lado el desgaste y la potencia neta promedio es de 36.55 y 7417.13 m³ respectivamente, en cuanto a los límites de consistencia del material en general son homogéneos en todas las canteras mientras que la potencia neta es heterogénea con más o menos 73,0985.00 m³ de desviación estándar.

En cuanto a la clasificación de los suelos es variable siendo el 75% de las canteras de tipo A – 2 – 4 según la clasificación del AASHTO y 25% de tipo A – 1 – b, según la clasificación SUCS se tiene que las canteras en las progresivas 00+770 km y 12+160 km, son del tipo SC-W (Arena bien graduada con arcilla y grava), en la progresiva 03+320 km los suelos son de tipo SM (arena limos con grava) y en la progresiva 09+490 km el tipo de suelo es SW (arenas deficientemente graduadas, arenas con cascajo con escaso o falta de finos).

Tabla 75:
Características de las canteras del tramo II. Ramal Inupata - Piscaya.

Cantera	Progresiva	LL	IP	AASHTO	SUCS	Desgaste	Potencia neta (m3)
M - 01	KM 03+960			A-1	GP		6372

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

En la carretera del tramo II ramal Inupata – Piscaya se han identificado 01 unidad de cantera en la progresiva 03+960 km, una potencia neta de 6372 m³ la categorización de los suelos es de calidad A–1 según la clasificación del AASHTO y GP (cantera de piedra) según la clasificación SUCS.

Descripción de las canteras

Tabla 76:
Características técnicas de la cantera N° 01, tramo I Nogalpampa - Cotarma

Nombre	Cantera Km 00+770		
Ubicación	Km 01+780		Lado Derecho
Sector: Chillinqui	Prov. Abancay		Dpto. Apurímac
Área (m ²)	Perímetro (m)	Volumen de material Utilizable (m ³)	
900	130	10800	
Distancia media de transporte	5+000 km	Del Km 00+000 al Km 05+263 tramo Piscaya	
Propietario	Comunidad Nogalpampa		
Condición	Sin Uso		
Derechos de Explotación	Se ha otorgado libre disponibilidad de Uso para el presente proyecto		
Procedimiento de Explotación	Con maquinaria pesada: Tractor Oruga 140 a 200 HP, Cargador Frontal 3 m ³ de capacidad, Volquetes de 15m ³ , Zaranda		
Periodo de Explotación	Todo el año, en forma limitada en la época de lluvias los meses de Diciembre a Marzo		
Clasificación de suelo SUCS	SC-W		

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La cantera N° 01 se ubica a 00+770 km de la carretera Nogalpampa - Cotarma, en el sector Chillinqui, jurisdicción de la comunidad de Nogalpampa, provincia de Abancay, departamento de Apurímac tiene un área de 900 m² y un perímetro de 130 metros, tiene un volumen utilizable de 10800m³ de material de suelo residual con clastos de roca arenisca, dicho material según el SUCS se clasifica como SC-SW (Arena bien graduada con arcilla y grava), se recomienda la utilización para traslado a una distancia de 05+00 km hasta la progresiva 05+263 km tramo a Piscaya, se plantea la explotación con maquinaria pesada: Tractor Oruga 140 a 200 HP, Cargador, el color característico de la superficie es marrón claro y de gradación heterométrica.

Tabla 77:

Volumen de material utilizable, potencia y rendimiento de la cantera N° 01 tramo I Nogalpampa – Cotarma.

Calculo de la potencia y rendimiento	Unid.	Cant.
Área de la cantera por m2	m ²	900
Área de la cantera por Ha	Ha	0.09
Profundidad Promedio Aprovechable Aproximado (PPAA)	M	3
Top Soil (Suelo superficial que deberá de eliminarse)	M	0.15
% Material desechable Mayor a 2" - después del desbroce.		10%
POTENCIA BRUTA EN BANCO	m³	10,800
Volumen de material desechable por Desbroce	m ³	135
POTENCIA BRUTA, MENOS EL DESBROCE	m³	10,665
Volumen de material desechable mayor a 2"	m ³	1066.5
VOLUMEN DE MATERIAL UTILIZABLE	m³	9598.5
RENDIMIENTO DE LA CANTERA		90%

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

En un área de 900 m² la cantera N° 01 del tramo Nogalpampa – Cotarma tiene una profundidad aprovechable promedio de 3 m, del cual se tiene que eliminar 0.15 metros de suelo superficial y 10% de material desechable mayor a 2", con dichas características la cantera N° 01 presenta una potencia en banco de 10800 m³ y un volumen de material utilizable de 9598.5 m³ a su vez el rendimiento de dicha cantera es de 90%.

Tabla 78:

Características técnicas de la cantera N° 02, tramo I Nogalpampa - Cotarma

Nombre	Cantera Km 03+320		
Ubicación: Cotarma	Km 03+320	Lado Derecho	
Sector: Chilcapampa	Comunidad Cotarma	Prov. Abancay	Dpto. Apurímac
Área (m2) 200	Perímetro (m) 30	Volumen de material Utilizable (m3) 65000	
Distancia media de transporte	5+000 km	Del Km 00+000 – 04+000 a Cotarma	
Propietario	Comunidad de Cotarma		
Condición	Sin Uso		

Continuación	
Derechos de Explotación	I Distrito de Nogalpampa, ha otorgado libre disponibilidad de Uso para el presente proyecto
Procedimiento de Explotación	Con maquinaria pesada: Tractor Oruga 140 a 200 HP, Cargador Frontal 3 m ³ de capacidad, Volquetes de 15m ³ , Zaranda Mecánica
Periodo de Explotación	Todo el año, en forma limitada en la época de lluvias los meses de Diciembre a Marzo
Clasificación de suelo SUCS	GC-GM

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La cantera N° 02 se ubica a 03+320 km de la carretera Nogalpampa - Cotarma, en el sector Chillcapampa, jurisdicción de la comunidad de Cotarma, provincia de Abancay, departamento de Apurímac tiene un área de 200 m² y un perímetro de 30 metros, tiene un volumen utilizable de 65000 m³ de material de suelo residual con clastos de roca arenisca, dicho material según el SUCS se clasifica como GC – GM (Arena limos con grava), se recomienda la utilización para afirmado a una distancia de 05+00 km hasta la progresiva 04+00 km tramo a Cotarma, se plantea la explotación con maquinaria pesada: Tractor Oruga 140 a 200 HP, Cargador frontal de 3 m³ de capacidad, Volquetes de 15 m³ y zaranda mecánica, el color característico de la superficie es marrón claro y de gradación heterométrica.

Tabla 79:

Volumen de material utilizable, potencia y rendimiento de la cantera N° 02 tramo I Nogalpampa – Cotarma.

Calculo de la potencia y rendimiento			Unidad	Cantidad
Área de la cantera por m ²			m ²	1200
Área de la cantera por ha			Ha	0.1
Profundidad Promedio Aproximado (PPAA)	Aprovechable		M	3
Top Soil (Suelo superficial que deberá de eliminarse)			M	0.10
% Material desechable después del desbroce. Mayor a 2" -				20%

Continuación ...			
POTENCIA BRUTA EN BANCO	m³	6,500	
Volumen de material desechable por Desbroce	m ³	120	
POTENCIA BRUTA, MENOS EL DESBROCE	m³	6,380	
Volumen de material desechable mayor a 2"	m ³	3576	
VOLUMEN DE MATERIAL UTILIZABLE	m³	6,204	
RENDIMIENTO DE LA CANTERA		90%	

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

En un área de 900 m² la cantera N° 02 del tramo Nogalpampa – Cotarma tiene una profundidad aprovechable promedio de 3 m, del cual se tiene que eliminar 0.10 metros de suelo superficial y 20% de material desechable mayor a 2", con dichas características la cantera N° 02 presenta una potencia en banco de 6500 m³ y un volumen de material utilizable de 6204 m³ a su vez el rendimiento de dicha cantera es de 90%.

Tabla 80:
Características técnicas de la cantera N° 03, tramo I Nogalpampa - Cotarma

Nombre	Cantera Km 09+290		
Ubicación: Cotarma	Km 09+290		Lado Derecho
Sector: Chaquihuayco	Comunidad Cotarma	Prov. Abancay	Dpto. Apurímac
Área (m ²)	Perímetro (m)	Volumen de material Utilizable (m ³)	
1000	140	14,150	
Distancia media de transporte	5+000 km	Del Km 04+000 – 08+500 a Cotarma	
Propietario	Distrito de Cotarma		
Condición	Sin Uso		
Derechos de Explotación	El Distrito de Nogalpampa, ha otorgado libre disponibilidad de Uso para el presente proyecto		
Procedimiento de Explotación	Con maquinaria pesada: Tractor Oruga 140 a 200 HP, Cargador Frontal 3 m ³ de capacidad, Volquetes de 15m ³ , Zaranda		
Periodo de Explotación	Todo el año, en forma limitada en la época de lluvias los meses de Diciembre a Marzo		
Clasificación de suelo SUCS	SW		

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La cantera N° 03 se ubica a 09+290 km de la carretera Nogalpampa - Cotarma, en el sector Chaquihuaycco, jurisdicción de la comunidad de Cotarma, provincia de Abancay, departamento de Apurímac tiene un área de 1000 m² y un perímetro de 140 metros, tiene un volumen utilizable de 14150 m³ de material de suelo residual con clastos de roca arenisca, dicho material según el SUCS se clasifica como SW (arenas deficientemente graduadas, arenas con cascajo con escaso o falta de finos), se recomienda la utilización para afirmado a una distancia de 05+00 km entre las progresivas 04+00 km a 08 +500 km, en el tramo a Cotarma, se plantea la explotación con maquinaria pesada: Tractor Oruga 140 a 200 HP, Cargador frontal de 3 m³ de capacidad, Volquetes de 15 m³ y zaranda mecánica, el color característico de la superficie es marrón claro.

Tabla 81:
Volumen de material utilizable, potencia y rendimiento de la cantera N° 03 tramo I Nogalpampa – Cotarma.

Calculo de la potencia y rendimiento	Unidad	Cantidad
Área de la cantera por m ²	m ²	1000
Área de la cantera por Ha	Ha	0.1
Profundidad Promedio Aprovechable Aproximado (PPAA)	M	3
Top Soil (Suelo superficial que deberá de eliminarse)	M	0.15
% Material desechable Mayor a 2" - después del desbroce.		0.00%
POTENCIA BRUTA EN BANCO	m³	15,000
Volumen de material desechable por Desbroce	m ³	150
POTENCIA BRUTA, MENOS EL DESBROCE	m³	14,240
Volumen de material desechable mayor a 2"	m ³	0.00
VOLUMEN DE MATERIAL UTILIZABLE	m³	14,150
RENDIMIENTO DE LA CANTERA		90%

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

En un área de 1000 m² la cantera N° 03 del tramo Nogalpampa – Cotarma en una profundidad aprovechable promedio de 3 m, del cual se tiene que eliminar 0.15 metros de suelo superficial, con dichas características la cantera N° 03 presenta una potencia en banco de 15000 m³ y un volumen de material utilizable de 14150 m³ a su vez el rendimiento de dicha cantera es de 90%.

Tabla 82:
Características técnicas de la cantera N° 04, tramo I Nogalpampa - Cotarma

Nombre		Cantera Km 12+160	
Ubicación: Cotarma		Km 12+160	Lado Derecho
Sector: Collapaccha	Dist. Cotarma	Prov. Abancay	Dpto. Apurímac
Área (m ²)	Perímetro (m)	Volumen de material Utilizable (m ³)	
720	116	65000	
Distancia media de transporte	5+000 km	Del Km 08+500 al Km 12+476 a Cotarma	
Propietario		Distrito de Cotarma	
Condición	Sin Uso		
Derechos de Explotación	El Distrito de Nogalpampa, ha otorgado libre disponibilidad de Uso para el presente proyecto		
Procedimiento de Explotación	Con maquinaria pesada: Tractor Oruga 140 a 200 HP, Cargador Frontal 3 m ³ de capacidad, Volquetes de 15m ³ , Zaranda		
Periodo de Explotación	Todo el año, en forma limitada en la época de lluvias los meses de Diciembre a Marzo		
Clasificación de suelo SUCS	SW - SC.		

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La cantera N° 04 se ubica a 12+160 km de la carretera Nogalpampa - Cotarma, en el sector Collapaccha, jurisdicción del distrito de Cotarma, provincia de Abancay, departamento de Apurímac tiene un área de 720 m² y un perímetro de 116 metros, tiene un volumen utilizable de 65000 m³ de material de suelo residual con clastos de roca arenisca, dicho material según el SUCS se clasifica como SW – SC (arena bien graduada con limo y grava), se recomienda la utilización para afirmado a una distancia de 05+00 km entre las progresivas

08+500 km a 12 +476 km, en el tramo a Cotarma, se plantea la explotación con maquinaria pesada: Tractor Oruga 140 a 200 HP, Cargador frontal de 3 m³ de capacidad, Volquetes de 15 m³ y zaranda mecánica, el color característico de la superficie es marrón claro y gradación heterométrica.

Tabla 83:
Volumen de material utilizable, potencia y rendimiento de la cantera N° 04 tramo I Nogalpampa – Cotarma.

Calculo de la potencia y rendimiento	Unidad	Cantidad
Área de la cantera por m ²	m ²	720
Área de la cantera por Ha	Ha	0.08
Profundidad Promedio Aprovechable Aproximado (PPAA)	m	3
Top Soil (Suelo superficial que deberá de eliminarse)	m	0.15
% Material desechable Mayor a 2" - después del desbroce.		5 %
POTENCIA BRUTA EN BANCO	m3	6500
Volumen de material desechable por Desbroce	m3	108
POTENCIA BRUTA, MENOS EL DESBROCE	m3	6372
Volumen de material desechable mayor a 2"	m3	318.60
VOLUMEN DE MATERIAL UTILIZABLE	m3	6053.40
RENDIMIENTO DE LA CANTERA		80%

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

En un área de 720 m² la cantera N° 04 del tramo Nogalpampa – Cotarma en una profundidad aprovechable promedio de 3 m, del cual se tiene que eliminar 0.15 metros de suelo superficial y 5% de material desechable mayor a 2", con dichas características la cantera N° 04 presenta una potencia en banco de 6500

m³ y un volumen de material utilizable de 6053.40 m³ a su vez el rendimiento de dicha cantera es de 80%.

Tabla 84:
Características técnicas de la cantera N° 05, tramo II ramal Inupata –
Piscaya

Nombre	Cantera Km 03+960		
Ubicación	Km 03+960	Lado Derecho	
Sector: Piscaya	Dist. Piscaya	Prov. Abancay	Dpto. Apurímac
Distancia media de transporte	5+000 km	Del Km 00+000 al Km 05+263	
Propietario	Distrito de Piscaya		
Condición	Sin Uso		
Derechos de Explotación	El Distrito de Piscaya, ha otorgado libre disponibilidad de Uso para el presente proyecto		
Procedimiento de Explotación	Con maquinaria pesada: Tractor Oruga 140 a 200 HP, Cargador Frontal 3 m ³ de capacidad, Volquetes de 15m ³ , Zaranda Mecánica		
Periodo de Explotación	Todo el año, en forma limitada en la época de lluvias los meses de Diciembre a Marzo		
Clasificación de suelo SUCS	GP		

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación.

La cantera N° 05 se ubica a 03+960 km de la carretera Ramal Inupata – Piscaya, en el sector Piscaya, jurisdicción de la comunidad de Piscaya, provincia de Abancay, departamento de Apurímac, es un suelo de material residual con clastos de roca areniscas, dicho material según el SUCS se clasifica como GP (cantera de piedra), se recomienda la utilización para obras de arte en el tramo entre el kilómetro 00+000 al 05+263 km hacia Piscaya, se plantea la explotación con maquinaria pesada: Tractor Oruga 140 a 200 HP, Cargador frontal de 3 m³ de capacidad, Volquetes de 15 m³ y zaranda mecánica, el color característico de la superficie es gris.

4.1.1.5. Comportamiento hidrológico y de drenaje en la unidad hidrográfica del ámbito de influencia de las comunidades de Cotarma y Piscaya (X5)

Área de la unidad hidrográfica

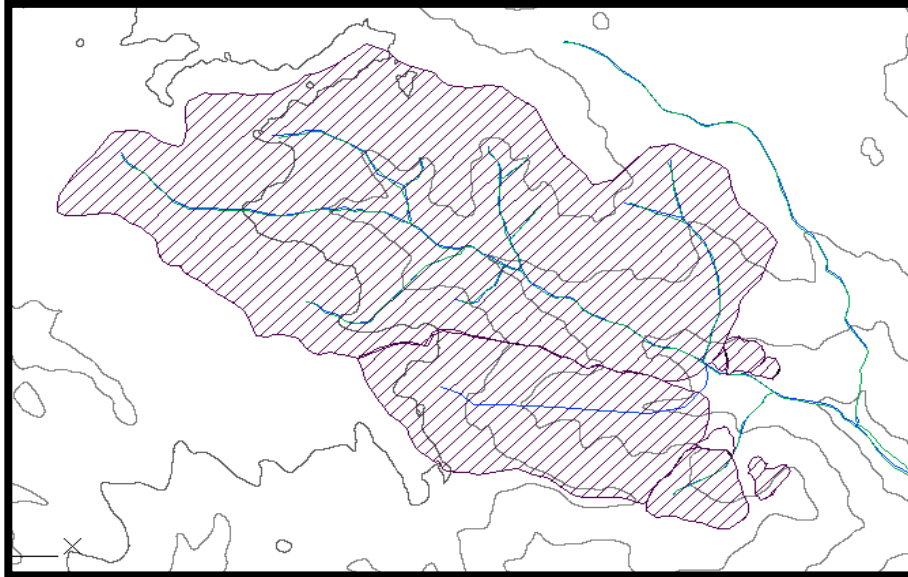


Figura 29:
Área de influencia del drenaje en la unidad hidrográfica de la zona de estudio

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

El eje de escorrentía superficial de la unidad hidrológica en la zona de estudio está constituido por el río Chillincoy que sus aguas discurren al río Pachachaca. El río Chillincoy tiene contribuyentes de orden 1 y 2 cuyo régimen de caudal es permanente con crecidas en estaciones lluviosas (meses de setiembre a marzo)

Tabla 85:
Área y perímetro de la unidad hidrográfica

AREA (km²):	32.60
PERIMETRO (m):	27919.521

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

Luego de delimitar los puntos más altos con el criterio que el agua que cae proveniente de las precipitaciones tiene la alternativa de discurrir sus aguas en la cuenca y situarse conforme dirigirse hacia la cuenca contigua, se ha calculado un área de 32.60 km² y 27919.521 metros de perímetro para la unidad hidrográfica de la zona en estudio.

Curva hipsométrica

Tabla 86:
Datos para el trazo de la curva hipsométrica de la unidad hidrográfica de la zona en estudio

Altitud (m.s.n.m.)	Áreas Parciales (Km ²)	Áreas Acumulada (Km ²)	Áreas que quedan sobre las altitudes (Km ²)	% del Total	% del Total que queda sobre la altitud
2682	0	0	32.5988	0.00%	100.00%
2700	0.121	0.121	32.4783	0.37%	99.63%
2800	0.333	0.454	32.1453	1.02%	98.61%
2900	0.574	1.028	31.5710	1.76%	96.85%
3000	0.853	1.881	30.7178	2.62%	94.23%
3100	1.079	2.960	29.6388	3.31%	90.92%
3200	1.542	4.502	28.0969	4.73%	86.19%
3300	1.749	6.251	26.3477	5.37%	80.82%
3400	2.234	8.485	24.1136	6.85%	73.97%
3500	2.529	11.014	21.5847	7.76%	66.21%
3600	2.752	13.767	18.8323	8.44%	57.77%
3700	2.994	16.760	15.8384	9.18%	48.59%
3800	2.392	19.153	13.4461	7.34%	41.25%
3900	1.964	21.117	11.4820	6.03%	35.22%
4000	2.376	23.493	9.1060	7.29%	27.93%
4100	3.019	26.512	6.0866	9.26%	18.67%
4200	3.185	29.697	2.9016	9.77%	8.90%
4300	2.125	31.822	0.7766	6.52%	2.38%
4372	0.777	32.599	0.0000	2.38%	0.00%
Σ	32.599			Σ 100.00%	

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla muestra el proceso de construcción de la curva hipsométrica de la unidad hidrológica de la zona en estudio, en el que se aprecia la distribución de la superficie horizontal según altitud y varía por encima de 2682 metros sobre el nivel de mar hasta 4372 msnm, el 50% del área de la unidad hidrográfica está distribuida por encima de 3677.96 msnm y la otra mitad (50%) está distribuida por debajo de 3677.96 msnm, siendo la superficie más frecuente entre 4100 a 4200 msnm.

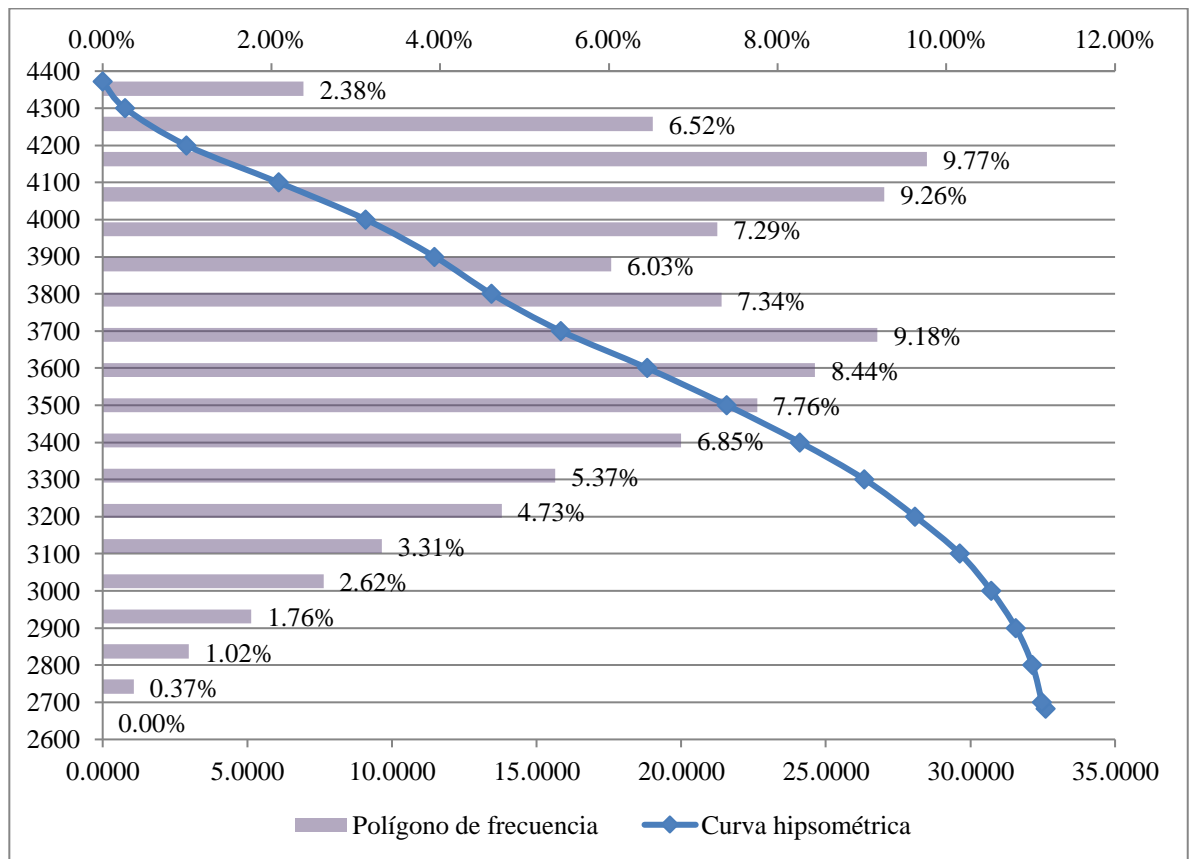


Gráfico 20:
Curva hipsométrica y polígono de frecuencia de altitudes unidad hidrográfica de la zona de estudio
FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

El gráfico muestra la curva hipsométrica de la unidad hidrográfica de la zona en estudio se aprecia que la curva decrece constantemente desde 4200 msnm, punto más alto donde nace el dren principal y recorre hasta llegar en el

punto más bajo de 2600 msnm en donde entrega sus aguas al río Pachachaca, también se muestra el polígono de frecuencias de altitudes en el que se puede apreciar que la mayor área representado con el valor porcentual de 9.77% se encuentra entre las altitudes de 4100 msnm a 4200 msnm, luego el valor de 9.26% entre las altitudes de 4000 msnm a 4100 msnm, después 9.18% entre las altitudes de 3600 msnm a 3700 msnm, ésta proporción de área es de particular interés ya que es donde se plantea el diseño definitivo de las vías que unen las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua, la menor proporción de área corresponde a 0.37% y está distribuida entre las altitudes 2700 msnm a 2800 msnm.

Pendiente media de la cuenca.

La obtención de la pendiente de la unidad hidrográfica se realizó con el criterio de Alvord el cual estuvo basado en la elaboración anticipadamente de las pendientes existentes entre las curvas de nivel. se consideraron en 3 curvas continuas y se trazaron las líneas, inmediatamente se acotó para cada una de las curvas de nivel un espacio de atribución en un ancho determinado, calculando a su vez la distancia de la curva de nivel congruente entre los límites de la unidad hidrográfica, con el procedimiento establecido se aplicó la siguiente relación.

$$Sc = DL/A$$

Donde:

D: Desnivel constante entre curvas de nivel

L: Longitud total de las curvas de nivel dentro de la unidad hidrográfica

A: Área de la unidad hidrográfica

La pendiente para un área de 32598000 m² fue de 42.17%

Tabla 87:

Tabla de clases y frecuencias de pendientes parciales de la unidad hidrográfica de la zona en estudio

CURVA	Di (km)	Li (km)	DixLi	Área (km ²)	Si
2682	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2700	0.02	1.23	0.02	0.12	0.18
2800	0.10	2.37	0.24	0.33	0.71
2900	0.10	3.70	0.37	0.57	0.64
3000	0.10	5.26	0.53	0.85	0.62
3100	0.10	7.08	0.71	1.08	0.66
3200	0.10	8.06	0.81	1.54	0.52
3300	0.10	9.89	0.99	1.75	0.57
3400	0.10	12.35	1.24	2.23	0.55
3500	0.10	12.04	1.20	2.53	0.48
3600	0.10	13.69	1.37	2.75	0.50
3700	0.10	11.37	1.14	2.99	0.38
3800	0.10	9.63	0.96	2.39	0.40
3900	0.10	9.10	0.91	1.96	0.46
4000	0.10	9.67	0.97	2.38	0.41
4100	0.10	10.39	1.04	3.02	0.34
4200	0.10	8.68	0.87	3.18	0.27
4300	0.10	3.94	0.39	2.12	0.19
4372	0.07	0.00	0.00	0.78	0.00
Media	0.09		0.72	1.72	0.41
Valor máximo	0.10		1.37	3.18	0.71
Valor mínimo	0.00		0.00	0.00	0.00
Desviación estandar	0.03		0.44	1.04	0.21

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

Luego de calcular las pendientes parciales por el criterio de Alvord, la tabla muestra que el promedio de pendiente para la unidad hidrográfica de la zona en estudio es de 0.41 m/m, también se observa que la mayor pendiente es de 0.71 m/m siendo el comportamiento de las pendientes homogéneas en todo el área de la cuenca ya que el valor de la desviación estándar es pequeño representado por 0.21 m/m.

Tabla 88:
Tabla de clases y frecuencias de las pendientes parciales de la unidad hidrográfica de la zona en estudio

<i>Si</i>					<i>cumulative</i>			
<i>lower</i>		<i>upper</i>	<i>midpoint</i>	<i>width</i>	<i>frequency</i>	<i>percent</i>	<i>frequency</i>	<i>percent</i>
0.0000	<	0.1000	0.0500	0.1000	2	10.5	2	10.5
0.1000	<	0.2000	0.1500	0.1000	2	10.5	4	21.1
0.2000	<	0.3000	0.2500	0.1000	1	5.3	5	26.3
0.3000	<	0.4000	0.3500	0.1000	2	10.5	7	36.8
0.4000	<	0.5000	0.4500	0.1000	5	26.3	12	63.2
0.5000	<	0.6000	0.5500	0.1000	3	15.8	15	78.9
0.6000	<	0.7000	0.6500	0.1000	3	15.8	18	94.7
0.7000	<	0.8000	0.7500	0.1000	1	5.3	19	100.0

FUENTE: Elaboración propia

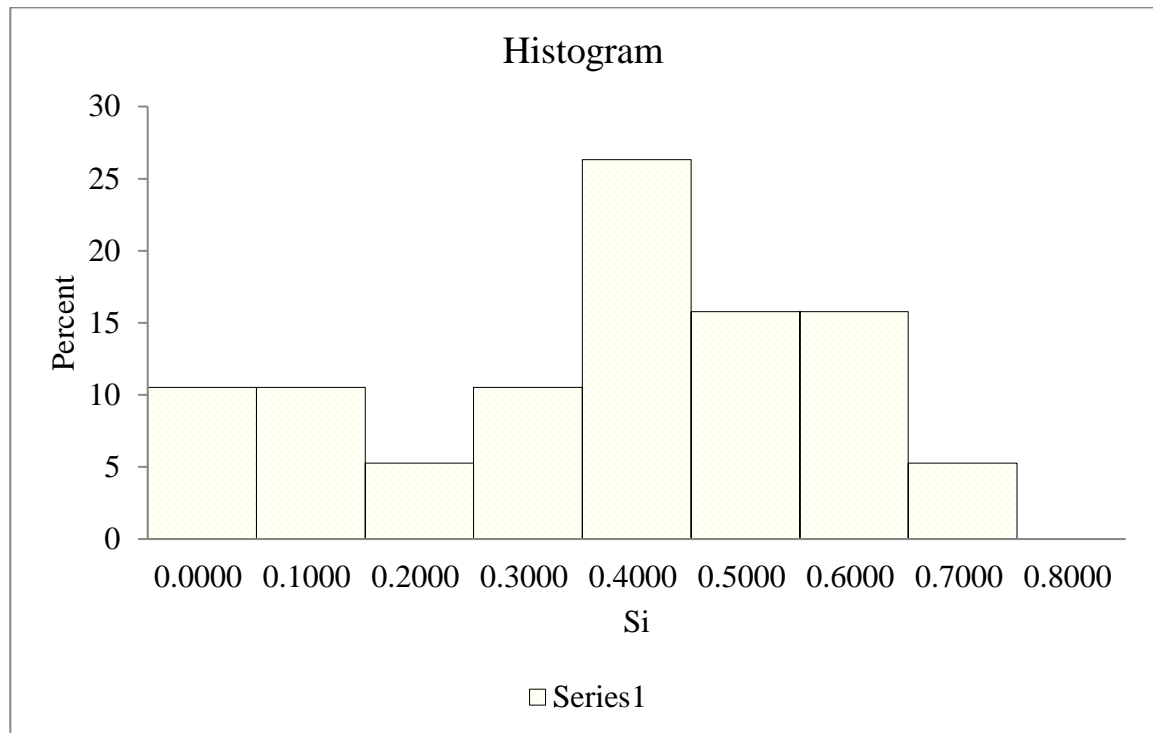


Gráfico 21:
Histograma de frecuencia de las pendientes parciales de la unidad hidrográfica de la zona en estudio

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla y gráfico muestra que de un total de 19 sectores en la unidad hidrográfica de la zona de estudio existen 5, cuyas pendientes se encuentran entre los intervalos de 0.3 a 0.4 m/m los mismos que están localizados entre los 3500 msnm a 4000 msnm, luego a mayor altitud las pendientes son más pronunciadas con valores en el intervalo de 0.5 a 0.6 m/m representado por 3 sectores (15.8% del área total) encontrándose principalmente en la cabecera de la unidad hidrográfica.

Pendiente del cauce principal.

El discernimiento del talud general de la vertiente importante de la unidad hidrográfica es un factor significativo para entender el comportamiento de los recursos hidráulicos especialmente para conocer el tránsito de avenida de las aguas provenientes de las precipitaciones con el cual se diseñó de manera óptima el sistema de drenaje y evitar problemas de anegamiento en la infraestructura vial de la zona de estudio, los resultados fueron obtenidos mediante el método de Taylor Schward para tramos diferentes, el análisis se muestra a continuación.

Tabla 89:

Pendiente del cauce principal de la unidad hidrográfica de la zona en estudio

PROGRESIVA	COTA	DESNIVEL	LONGITUD (L)	S	L/√S
km 0+000	2626.89				
km +932.97	2771.79	144.9	932.97	0.155	2367.376
km 1+144.10	2841.07	69.28	211.13	0.328	368.571
km 3+138.20	3120.83	279.76	1994.1	0.140	5323.872
km 4+942.99	3382.89	262.06	1804.79	0.145	4736.305
km 5+769.25	3514.16	131.27	826.26	0.159	2072.967
km 6+636.28	3685.18	171.02	867.03	0.197	1952.215
km 7+286.72	3936.03	250.85	650.44	0.386	1047.379
km 8+080.57	4094.74	158.71	793.85	0.200	1775.438
km 9+200.02	4154.34	59.6	1119.45	0.053	4851.588
			9200.02		24495.711
				S=	0.14105791

FUENTE: Elaboración propia

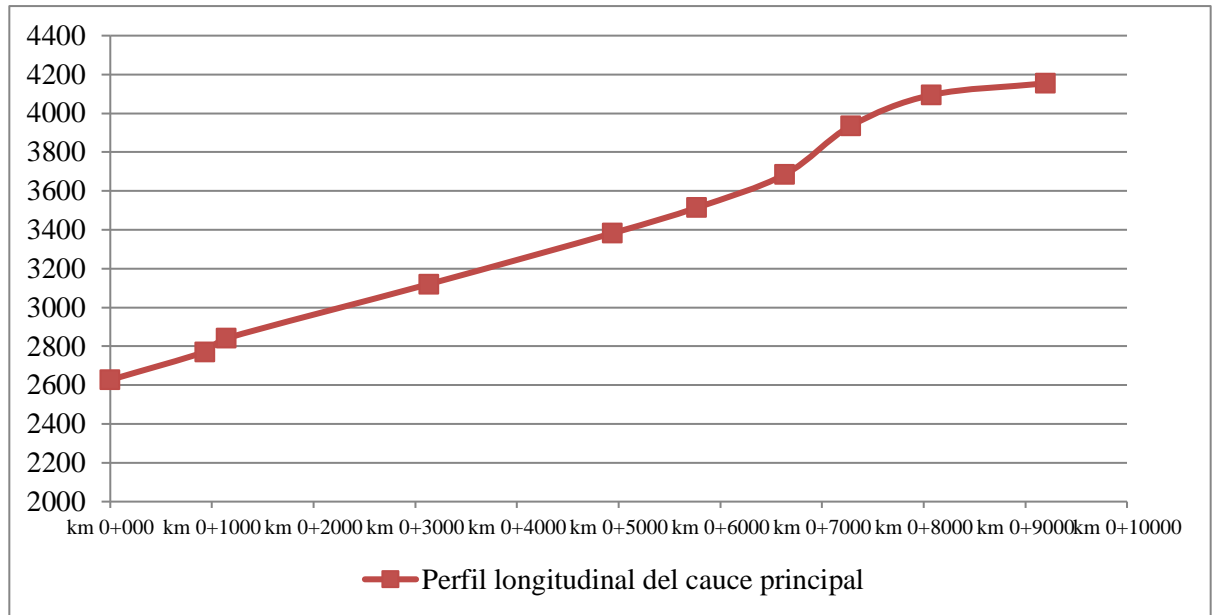


Gráfico 22:
Perfil longitudinal del cauce principal de la unidad hidrográfica de la zona en estudio.

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla y gráfico muestran la pendiente del curso general de la unidad hidrográfica del distrito de Pichirhua, que para un tramo total de 9+200.02 kilómetros se tiene una pendiente de 0.141 m/m, a su vez, la pendiente parcial máxima es para la progresiva 7+286.72 km con el valor de 38.6% y la pendiente mínima es para la progresiva 9+200.02 km con el valor de 5.3%, el comportamiento de las pendientes parciales en el cauce principal del dren de la unidad hidrográfica en estudio es heterogéneo con más o menos 10.16%.

Precipitaciones

El estudio de las precipitaciones se realizó a partir de las estaciones meteorológicas de Abancay, Andahuaylas y Huancabamba que son las más cercanas a la zona de investigación y están localizadas tal como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 90:
Ubicación y características de las estaciones meteorológicas más cercanas al río Chillincoy

Estación	Ubicación			Coordenadas		Altitud
	Departamento	Provincia	Distrito	Latitud	Longitud	m.s.n.m.
Abancay	Apurímac	Abancay	Tamburco	13° 36' 30"	72° 52' 14"	2776
Andahuaylas	Apurímac	Andahuaylas	Andahuaylas	13°29'25"	73°22'15"	2933
Huancabamba	Apurímac	Andahuaylas	José María Arguedas	13°44'28"	73°20'58"	3634

FUENTE: SENAMHI

Comportamiento de la precipitación en la zona de investigación

El comportamiento de las precipitaciones máximas en un tiempo de 24 horas en un periodo de 47 años de las estaciones meteorológicas se muestra a continuación

Tabla 91:
Precipitación máxima para un periodo de 24 horas, en la estación meteorológica de Abancay

24 horas							<i>cumulative</i>	
<i>lower</i>	<i>upper</i>	<i>midpoint</i>	<i>width</i>	<i>frequency</i>	<i>percent</i>	<i>frequency</i>	<i>percent</i>	
18.0	< 21.0	19.5	3.0	2	4.3	2	4.3	
21.0	< 24.0	22.5	3.0	8	17.0	10	21.3	
24.0	< 27.0	25.5	3.0	12	25.5	22	46.8	
27.0	< 30.0	28.5	3.0	11	23.4	33	70.2	
30.0	< 33.0	31.5	3.0	7	14.9	40	85.1	
33.0	< 36.0	34.5	3.0	2	4.3	42	89.4	
36.0	< 39.0	37.5	3.0	1	2.1	43	91.5	
39.0	< 42.0	40.5	3.0	2	4.3	45	95.7	
42.0	< 45.0	43.5	3.0	2	4.3	47	100.0	
				47	100.0			

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

12 de un período de 47 años se han registrado precipitaciones máximas entre 24 a 27 mm para un tiempo de 24 horas, seguido de 11 años que se registraron precipitaciones máximas entre 27 a 30 mm para el mismo tiempo.

Las menores precipitaciones están representadas por 18 a 21 mm para un tiempo de 24 horas y se registraron en 2 años de un período de 47 años, mientras las precipitaciones más altas se dieron entre el intervalo de 42 a 45 mm para un periodo de 24 horas y re registraron en 2 años.

Tabla 92:
Precipitación máxima para un periodo de 24 horas, en la estación meteorológica de Andahuaylas

24 horas					<i>cumulative</i>			
<i>lower</i>		<i>upper</i>	<i>midpoint</i>	<i>width</i>	<i>frequency</i>	<i>percent</i>	<i>frequency</i>	<i>percent</i>
18.0	<	21.0	19.5	3.0	2	4.7	2	4.7
21.0	<	24.0	22.5	3.0	6	14.0	8	18.6
24.0	<	27.0	25.5	3.0	6	14.0	14	32.6
27.0	<	30.0	28.5	3.0	6	14.0	20	46.5
30.0	<	33.0	31.5	3.0	7	16.3	27	62.8
33.0	<	36.0	34.5	3.0	8	18.6	35	81.4
36.0	<	39.0	37.5	3.0	3	7.0	38	88.4
39.0	<	42.0	40.5	3.0	1	2.3	39	90.7
42.0	<	45.0	43.5	3.0	1	2.3	40	93.0
45.0	<	48.0	46.5	3.0	2	4.7	42	97.7
48.0	<	51.0	49.5	3.0	0	0.0	42	97.7
51.0	<	54.0	52.5	3.0	1	2.3	43	100.0
					43	100.0		

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

En un período de 43 años en la estación meteorológica de Andahuaylas se ha registrado precipitaciones máximas para un tiempo de 24 horas entre 33 a 36 mm representado un 18.6%, las más bajas precipitaciones son entre 18 a 21 mm y se registraron en 2 años representando el 4.7% del total, por otro las máximas precipitaciones se encuentran entre el intervalo de 51 a 54 mm registrándose una vez en un periodo de 43 años, se aprecia las precipitaciones tiene relación directa con la altitud.

Tabla 93:
Precipitación máxima para un periodo de 24 horas, en la estación meteorológica de Huancabamba.

24 horas							<i>cumulative</i>	
<i>Lower</i>	<i>upper</i>	<i>midpoint</i>	<i>width</i>	<i>frequency</i>	<i>percent</i>	<i>frequency</i>	<i>percent</i>	
21	<	24	23	3	3	15.0	3	15.0
24	<	27	26	3	0	0.0	3	15.0
27	<	30	29	3	5	25.0	8	40.0
30	<	33	32	3	1	5.0	9	45.0
33	<	36	35	3	2	10.0	11	55.0
36	<	39	38	3	3	15.0	14	70.0
39	<	42	41	3	1	5.0	15	75.0
42	<	45	44	3	2	10.0	17	85.0
45	<	48	47	3	2	10.0	19	95.0
48	<	51	49	3	1	5.0	20	100.0
				20	100.0			

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

El comportamiento de las precipitaciones para un periodo de 20 años en la estación meteorológica de Huancabamba, provincia de Andahuaylas, se tiene que un 25% de las precipitaciones fueron registrados entre el intervalo de 27 a 30 mm para un tiempo de 24 horas, siendo las más bajas entre 21 a 24 mm para el mismo periodo, el cual esta representado por 3 años (15%), las precipitaciones más altas se registraron entre 48 a 51 mm para un tiempo de 24 horas y está representado por 3 años (15%).

Regionalización de la precipitación

Para la regionalización de la precipitación, para la zona del estudio se realiza mediante el método de polígonos de Thiessen tomando en cuenta los pluviómetros de las estaciones meteorológicas de Abancay, Andahuaylas y Huancabamba por ser las más representativas de la zona, a su vez, que tienen influencia en un área determinada dentro de la cuenca. Los resultados se muestran a continuación.

Tabla 94:
Precipitación máxima en un tiempo de 24 horas para la zona en estudio

Estación	Precipitación máxima (mm)	Área m ²	(pp)(Area)
Abancay	28.43	65203.648	1853698.1
Andahuaylas	31.15	47777.318	1488230.1
Huancabamba	34.23	190544.73	6521393.5
		303525.7	9863321.7
	Precipitación máxima (mm)=		32.495837

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La precipitación máxima para un tiempo de 24 horas, regionalizada mediante el método de Polígonos de Thiessen es de 32.49 mm, valor que será tomado en consideración para el diseño de infraestructura de drenaje en el diseño definitivo de las obras de arte.

Período de retorno

Los datos de precipitación de las estaciones cercanas a la zona de investigación se han sometido a una prueba de hipótesis para determinar si los datos provienen de una distribución normal para lo cual se ha determinado mediante el estadístico de Kolmogorov Smirnov para un nivel de significancia de 5%, se muestran los resultados en la tabla siguiente .

Tabla 95:
Prueba de hipótesis de distribución normal de datos de las estaciones más cercanas a la zona de investigación.

Estaciones	Distribución	Delta teórico	Delta tabular
Abancay	Distribución Log Normal de 2	0.0931	0.1984
	Parámetros		
Andahuaylas	Distribución Gumbel	0.0759	0.1984
	Distribución Log Normal de 2		
Huancabamba	Parámetros	0.0741	0.2074
	Distribución Gumbel		
Huancabamba	Distribución Log Normal de 2	0.0765	0.2074
	Parámetros		
Huancabamba	Distribución Log Normal de 2	0.0879	0.3041
	Parámetros		
	Distribución Gumbel	0.1108	0.3041

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

Para la interpretación de la tabla se plantean las siguientes hipótesis:

H_0 : Los datos de precipitación de las estaciones cercanas al estudio provienen de una Distribución Log Normal de 2 Parámetros.

H_1 : Los datos de precipitación de las estaciones cercanas al estudio no provienen Distribución Log Normal de 2 Parámetros.

Al comparar los valores críticos para la estación de Abancay se tiene que delta teórico igual a 0.0741, es menor que el valor delta tabular de 0.1984, por tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1), concluyendo que los datos de precipitación de la estación Abancay no se ajustan a la distribución log Normal de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%.

Al comparar los valores críticos para la estación de Andahuaylas se tiene que delta teórico igual a 0.0931, es menor que el valor delta tabular de 0.2074, por tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1), concluyendo que los datos de precipitación de la estación Andahuaylas no se ajustan a la distribución log Normal de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%.

Al comparar los valores críticos para la estación de Andahuaylas se tiene que delta teórico igual a 0.0931, es menor que el valor delta tabular de 0.2074, por tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1), concluyendo que los datos de precipitación de la estación Andahuaylas no se ajustan a la distribución log Normal de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%.

Al comparar los valores críticos para la estación de Huancabamba se tiene que delta teórico igual a 0.0879, es menor que el valor delta tabular de 0.3041, por tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1), concluyendo que los datos de precipitación de la estación Huancabamba no se

ajustan a la distribución log Normal de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%.

Por otro lado para la prueba de hipótesis para la distribución gumbel se plantea a continuación.

H_0 : Los datos de precipitación de las estaciones cercanas al estudio provienen de una Distribución Gumbel.

H_1 : Los datos de precipitación de las estaciones cercanas al estudio no provienen Distribución Gumbel.

Al comparar los valores críticos para la estación de Abancay se tiene que delta teórico igual a 0.0759, es menor que el valor delta tabular de 0.1984, por tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1), concluyendo que los datos de precipitación de la estación Abancay no se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%.

Al comparar los valores críticos para la estación de Andahuaylas se tiene que delta teórico igual a 0.0765, es menor que el valor delta tabular de 0.2074, por tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1), concluyendo que los datos de precipitación de la estación Andahuaylas no se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%.

Al comparar los valores críticos para la estación de Andahuaylas se tiene que delta teórico igual a 0.0931, es menor que el valor delta tabular de 0.2074, por tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1), concluyendo que los datos de precipitación de la estación Andahuaylas no se ajustan a la distribución log Normal de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%.

Al comparar los valores críticos para la estación de Huancabamba se tiene que delta teórico igual a 0.1108, es menor que el valor delta tabular de 0.3041, por tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1),

concluyendo que los datos de precipitación de la estación Huancabamba no se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%.

Tabla 96:
Distribución de la precipitación máxima probable de la zona de investigación

PERIODO DE RETORNO (Tr) EN AÑOS	PROBABILIDAD	FACTOR K	PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS
5	0.800	0.84	32.46
10	0.900	1.28	35.73
15	0.933	1.5	37.58
20	0.950	1.64	38.88
25	0.960	1.75	39.87
30	0.967	1.79	40.68
35	0.971	1.91	41.37
40	0.975	1.98	41.96
45	0.978	2.02	42.48
50	0.980	2.06	42.94
100	0.990	2.33	45.99
200	0.995	2.57	49.03

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla muestra las precipitaciones máximas para un tiempo de 24 horas y periodos de retorno se observa que a una probabilidad de 80% se espera tener una precipitación de 32.46 mm para un tiempo de 24 horas y se repetirá cada 5 años, luego a un 90% de probabilidades se espera tener una precipitación de 35.73 mm que durará 24 horas y se repetirá cada 10 años, luego se espera tener una precipitación de 37.58 mm para un tiempo de 24 horas y se repetirá cada 15 años, después a un nivel de 95% de probabilidades se espera una precipitación de 38.88 mm para un periodo de 24 horas y se repetirá cada 20 años, después a un nivel de probabilidades de 96% se espera registrar una precipitación de 39.87 mm para un tiempo de 24 horas y se repetirá cada 25 años, (...) finalmente a una probabilidad de 99.5% se espera registrar una precipitación máxima de 49.03 mm para un tiempo de 24 horas y se repetirá cada 200 años.

Duración de las precipitaciones

Tabla 97:
Precipitaciones máximas en mm para diferentes tiempos de duración y periodos de retorno

Tiempo de Duración	Coeficiente	Periodo de duración							
		5 años	10 años	20 años	30 años	40 años	50 años	100 años	200 años
24 hr	1	32.460	35.730	38.880	40.680	41.960	42.940	45.990	49.030
18 hr	0.9	29.214	32.157	34.992	36.612	37.764	38.646	41.391	44.127
12 hr	0.79	25.643	28.227	30.715	32.137	33.148	33.923	36.332	38.734
8 hr	0.64	20.774	22.867	24.883	26.035	26.854	27.482	29.434	31.379
6 hr	0.56	18.178	20.009	21.773	22.781	23.498	24.046	25.754	27.457
5 hr	0.5	16.230	17.865	19.440	20.340	20.980	21.470	22.995	24.515
4 hr	0.44	14.282	15.721	17.107	17.899	18.462	18.894	20.236	21.573
3 hr	0.38	12.335	13.577	14.774	15.458	15.945	16.317	17.476	18.631
2 hr	0.31	10.063	11.076	12.053	12.611	13.008	13.311	14.257	15.199
1 hr	0.25	8.115	8.933	9.720	10.170	10.490	10.735	11.498	12.258

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

En los resultados consignados en la tabla se puede observar que se estima una precipitación de 32.460 mm que tendrá un duración de 24 horas y se repetirá cada 5 años, luego se registrara una precipitación de 29.214 mm y tendrá una duración de 18 horas y se repetirá cada 5 años, después se espera tener una precipitación de 25.643 mm el mismo que tendrá una duración de 12 horas y se repetirá cada 5 años, (...) después se espera tener una precipitación de 8.115 mm para un tiempo de 1 hora y se repetirá cada 5 años, luego se espera registrar una precipitación de 49.030 mm que durará 24 horas y se repetirá cada 200 años, luego se registrara una precipitación de 44.127 mm que tendrá una duración de 18 horas y se repetirá cada 200 años, (...) después se espera tener una precipitación de 12.258 mm con una duración de 1 hora y se repetirá cada 200 años.

Intensidad

Tabla 98:
Intensidad de Lluvia para diferentes tiempos de duración

Tiempo de Duración		P.M.P. (mm) para diferentes tiempos de duración y Periodo de Retorno							
Horas	Minutos	5 años	10 años	20 años	30 años	40 años	50 años	100 años	200 años
24	1440	1.353	1.489	1.620	1.695	1.748	1.789	1.916	2.043
18	1080	1.623	1.787	1.944	2.034	2.098	2.147	2.300	2.452
12	720	2.137	2.352	2.560	2.678	2.762	2.827	3.028	3.228
8	480	2.597	2.858	3.110	3.254	3.357	3.435	3.679	3.922
6	360	3.030	3.335	3.629	3.797	3.916	4.008	4.292	4.576
5	300	3.246	3.573	3.888	4.068	4.196	4.294	4.599	4.903
4	240	3.571	3.930	4.277	4.475	4.616	4.723	5.059	5.393
3	180	4.112	4.526	4.925	5.153	5.315	5.439	5.825	6.210
2	120	5.031	5.538	6.026	6.305	6.504	6.656	7.128	7.600
1	60	8.115	8.933	9.720	10.170	10.490	10.735	11.498	12.258

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

En los resultados consignados en la tabla se puede observar que se estima una precipitación de intensidad 1.353 mm/h que tendrá una duración de 24 horas y se repetirá cada 5 años, luego se registrara una precipitación con intensidad de 1.623 mm/h y tendrá una duración de 18 horas y se repetirá cada 5 años, después se espera tener una precipitación de intensidad 2.137 mm/h el mismo que tendrá una duración de 12 horas y se repetirá cada 5 años, (...) después se espera tener una precipitación de intensidad 8.115 mm/h para un tiempo de 1 hora y se repetirá cada 5 años, luego se espera registrar una precipitación de intensidad de 2.043 mm/h que durará 24 horas y se repetirá cada 200 años, luego se registrara una precipitación de intensidad de 2.452 mm/h que tendrá una duración de 18 horas y se repetirá cada 200 años, (...) después se espera tener una precipitación de intensidad de 12.258 mm/h con una duración de 1 hora y se repetirá cada 200 años.

Intensidades máximas regionalizadas

La tasa momentánea de la actividad de la precipitación fluvial, (mm/h). Puede ser por la infiltración instantánea o la acentuación promedio sobre la persistencia de la lluvia.

Las curvas intensidad – persistencia – periodicidad son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la persistencia de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar.

Para establecer estas curvas IDF se necesita medir con registros pluviométricos de aguacero en la zona de interés y elegir la lluvia crecidamente intensa de diferentes duraciones en todo el año, con el fin de ejecutar un estudio de frecuencia con cada una de las series así formadas. Es decir, se deben examinar los hietogramas de cada una de las tormentas ocurridas en un año y de estos hietogramas elegir la precipitación más conveniente a la hora más lluviosa, entre las dos horas más lluviosas, entre las tres horas y así repetidamente. Con los valores seleccionados se forman series anuales para cada una de las duraciones elegidas.

Estas series anuales se fueron eligiendo, en cada año del registro, con el valor superior observado conveniente a cada persistencia, obteniéndose un valor para todo el año.

Tabla 99:
Diagrama de intensidad, tiempo de duración y periodos de retorno de las precipitaciones regionalizadas en la zona de proyecto.

Duración (minutos)	Periodo de retorno en años							
	5	10	20	30	40	50	100	200
5	31.7656	34.3113	37.0611	38.7706	40.0312	41.0371	44.3258	47.8782
10	21.8850	23.6389	25.5334	26.7112	27.5796	28.2727	30.5384	32.9858
15	17.5992	19.0097	20.5331	21.4803	22.1787	22.7360	24.5581	26.5262
30	12.1251	13.0968	14.1464	14.7989	15.2801	15.6640	16.9194	18.2753
60	8.3536	9.0231	9.7462	10.1958	10.5273	10.7918	11.6567	12.5908
90	6.7177	7.2561	7.8376	8.1991	8.4657	8.6784	9.3739	10.1252
120	5.7552	6.2165	6.7147	7.0244	7.2528	7.4350	8.0309	8.6745

FUENTE: Elaboración propia

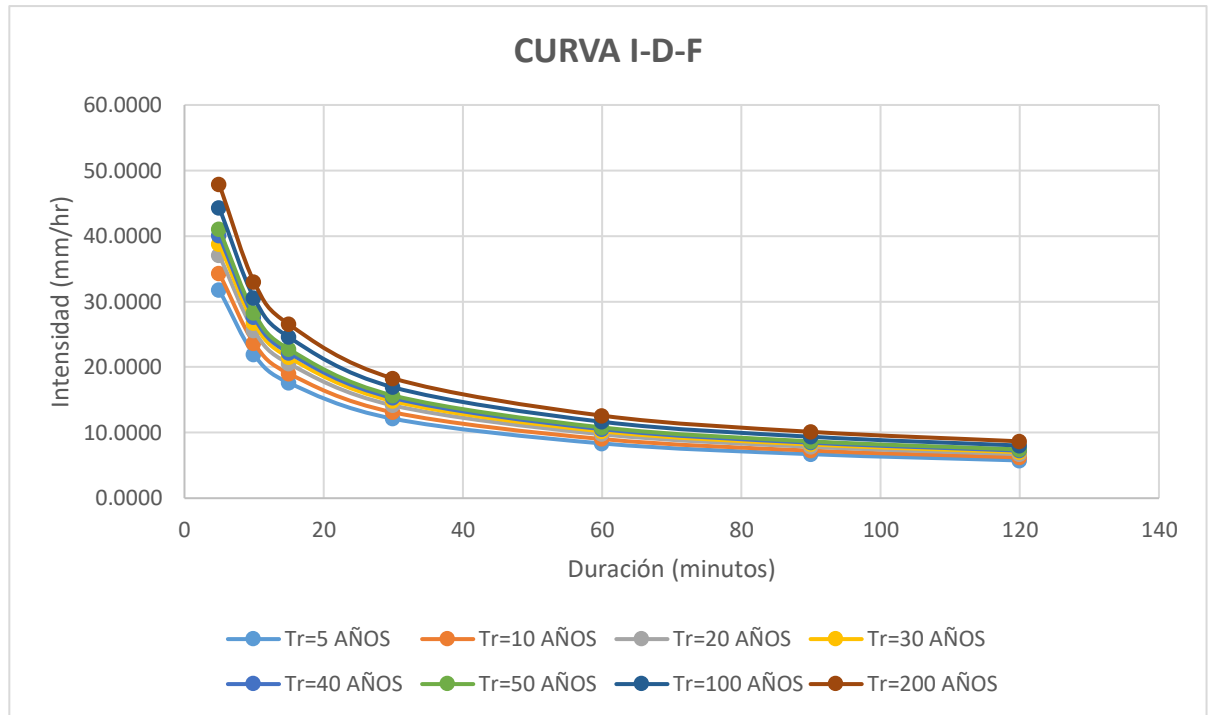


Gráfico 23:
 Diagrama de la intensidad, tiempos de duración y períodos de retorno de las precipitaciones regionalizadas en la zona de proyecto.
FUENTE: Elaboración propia

Interpretación.

La tabla y gráfico muestra la intensidad duración y frecuencia de las precipitaciones regionalizadas para el proyecto de investigación se espera una precipitación de intensidad 31.7656 mm/h que tendrá una duración de 5 minutos y se repetirá cada 5 años, luego se espera una precipitación de intensidad 21.8850 mm/h para un tiempo de 10 minutos el cual se repetirá cada cinco años, después una precipitación de 17.5992 mm/h con una duración de 15 minutos y se repetirá cada 5 años.

La precipitación con mayor intensidad será de 47.8782 mm/h, para un tiempo de duración 5 minutos y se repetirá cada 200 años y la precipitación de menor intensidad será de 5.7552 mm/h para un tiempo de duración de 120 minutos y se repetirá cada 5 años.

Tiempo de concentración

Una de las variables que caracteriza por la lluvia escurrida superficialmente es el proceso de concentración que mide el tiempo que se necesita para que toda la cuenca o micro cuenca contribuya con escorrentía superficial. Para el valor se ha calculado el promedio de 03 métodos (Fórmula de Kirpich, Fórmula de California Culvert Practice y Fórmula de Bramsby & Williams) los resultados se muestran a continuación.

Tabla 100:
Tala de distribución de clases y frecuencias del tiempo de concentración en el tramo I: Nogalpampa – Cotarma

<i>Data</i>							<i>cumulative</i>	
<i>lower</i>	<i>upper</i>	<i>midpoint</i>	<i>width</i>	<i>frequency</i>	<i>percent</i>	<i>frequency</i>	<i>percent</i>	
0.00	< 1.20	0.60	1.20	12	44.4	12	44.4	
1.20	< 2.40	1.80	1.20	9	33.3	21	77.8	
2.40	< 3.60	3.00	1.20	5	18.5	26	96.3	
3.60	< 4.80	4.20	1.20	0	0.0	26	96.3	
4.80	< 6.00	5.40	1.20	0	0.0	26	96.3	
6.00	< 7.20	6.60	1.20	0	0.0	26	96.3	
7.20	< 8.40	7.80	1.20	0	0.0	26	96.3	
8.40	< 9.60	9.00	1.20	0	0.0	26	96.3	
9.60	< 10.80	10.20	1.20	0	0.0	26	96.3	
10.80	< 12.00	11.40	1.20	0	0.0	26	96.3	
12.00	< 13.20	12.60	1.20	0	0.0	26	96.3	
13.20	< 14.40	13.80	1.20	0	0.0	26	96.3	
14.40	< 15.60	15.00	1.20	1	3.7	27	100.0	
				27	100.0			

FUENTE: Elaboración propia

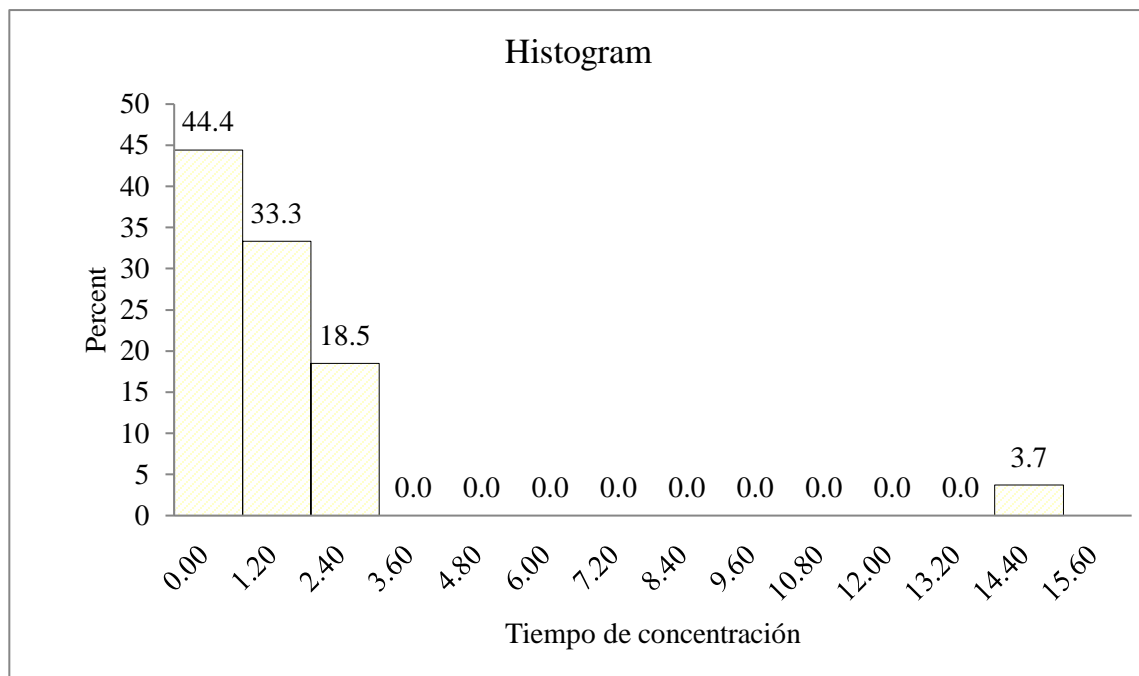


Gráfico 24:
 Histograma de frecuencias del tiempo de concentración en el tramo I:
 Nogalpampa – Cotarma
FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

En la tabla y gráfico se muestra que, 12 de 27 progresivas que representa el 44.4% del total, cuenta con un tiempo de concentración menor a 1.20 minutos, 9 progresivas en el tramo I: Nogalpampa – Cotarma tienen un tiempo de concentración entre el intervalo de 1.20 minutos a 2.40 minutos, 5 progresivas de 27, tienen un tiempo de concentración entre el intervalo 2.40 a 3.60 minutos y está representado por 18.5%, una progresiva que representa el 3.7% del total tienen tiempos de concentración entre el intervalo de 14.40 a 15.60 minutos.

Tabla 101:
Estadísticos descriptivos de los tiempos de concentración del tramo I:
Nogalpampa – Cotarma en alcantarillas

N° DE MICRO CUENC A	PROG RESIV A	AREA (KM2)	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (M)	DIFEREN CIA DE NIVELES (M)	PENDIENTE (M/M)	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN		TC ELEGI DOEN MINU TOS
						KIRPICH	California Culverts Pr.	
1	0+000	0.089	294	168	0.457988018	2.092	1.921	2.007
2	0+105	0.255	508	264	0.516688124	3.043	3.041	3.042
3	0+610	0.046	186	168	0.403651017	1.544	1.134	1.339
4	1+475	8.721	3898	141	0.570813599	14.063	16.752	15.407
5	1+525	0.029	152	113	0.477743021	1.238	1.046	1.142
6	1+634	0.016	112	66	0.490771509	0.969	0.904	0.937
7	1+839	0.009	74	30	0.314894993	0.835	0.759	0.797
8	2+405	0.025	96	79	0.319825147	1.015	0.706	0.860
9	4+748	0.137	332	333	0.540225803	2.156	1.701	1.929
10	5+517	0.225	462	220	0.448650137	2.986	2.923	2.955
11	5+825	0.030	89	32	0.238610001	1.071	0.916	0.994
12	6+367	0.022	82	42	0.239763106	1.004	0.751	0.877
13	7+236	0.150	265	216	0.402797186	2.029	1.549	1.789
14	7+327	0.034	213	143	0.263056825	2.021	1.411	1.716
15	7+605	0.058	145	85	0.222985186	1.602	1.106	1.354
16	7+992	0.036	124	51	0.216099495	1.437	1.123	1.280
17	8+471	0.059	136	150	0.405793231	1.211	0.825	1.018
18	8+853	0.196	382	193	0.261333286	3.176	2.468	2.822
19	9+827	0.109	225	148	0.354130251	1.880	1.483	1.682
20	10+039	0.024	117	70	0.240952112	1.318	0.930	1.124
21	10+250	0.017	58	37	0.099378698	1.080	0.528	0.804
22	10+885	0.053	125	97	0.389931876	1.152	0.885	1.019
23	11+361	0.072	164	71	0.281834786	1.609	1.366	1.487
24	11+563	0.044	326	118	0.253433059	2.845	2.484	2.664
25	12+021	0.051	127	116	0.33833151	1.232	0.842	1.037
26	12+216	0.019	101	46	0.307347939	1.071	0.922	0.997
27	12+357	0.119	318	98	0.227244193	2.911	2.592	2.752
Promedio		0.394	337.444	169.333	0.344	2.170	1.966	2.068
Valor máximo		8.721	3898.000	333.000	0.571	14.063	16.752	15.407
Valor mínimo		0.009	58.000	30.000	0.099	0.835	0.528	0.797
Desviación estándar		1.665	721.858	260.725	0.118	2.485	3.041	2.760

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

En la tabla se observa que el tiempo de concentración promedio para un recorrido promedio de 337.444 metros, a una pendiente promedio de 0.344 m/m es de 2.068 minutos, alcanzando valores mínimos de 0.797 minutos para una distancia de 30 metros y una pendiente de 9%, el tiempo de concentración máximo es de 15.407 minutos para una longitud de 1418 metros con una pendiente de 57.1%, la variabilidad de los tiempos de concentración es homogéneo ya que el valor de la desviación estándar es pequeño (2.760 minutos más o menos)

Tabla 102:

Estadísticos descriptivos de los tiempos de concentración del tramo I:
Nogalpampa - Cotarma en Badén.

N° de Micro cuenca	Progresiva	Area (km2)	Longitud del cauce Principal (m)	Diferencia de niveles (m)	pendiente (m/m)	Tiempo de concentración		Tc. Elegido en minutos
						Kirpich	California Culverts Pr.	
33	5+143	1.306	934	540	0.413776068	5.298	4.665	4.981

FUENTE: Elaboración Propia

Interpretación

En el tramo I: Nogalpampa – Cotarma, en la progresiva 5+143 kilómetros está ubicado un badén y el tiempo de concentración en dicho punto es de 4.981 minutos para una longitud del cauce principal de 934 metros y una pendiente de 41.38%

Tabla 103:

Estadísticos descriptivos de los tiempos de concentración del tramo II:
Ramal Inupata – Piscaya en alcantarillas

N° de Micro Cuenca	Progresiva	Área (km2)	Longitud del cauce Principal (m)	Diferencia De niveles (m)	Pendiente (m/m)	Tiempo concentración de		Tc Elegido en minutos
						Kirpich	California Culverts pr.	
28	2+050	0.023	62	53	0.427	0.648	0.497	0.573
29	2+785	0.060	137	169	0.403	1.220	0.795	1.008
30	3+323	0.037	149	128	0.424	1.276	0.975	1.125
31	3+708	0.045	143	170	0.532	1.134	0.833	0.983
32	4+059	0.065	228	114	0.414	1.788	1.665	1.727
Promedio		0.046	143.8	126.8	0.44	1.2132	0.953	1.0832
Valor máximo		0.065	228	170	0.532	1.788	1.665	1.727
Valor mínimo		0.023	62	53	0.403	0.648	0.497	0.573
Desviación estándar		0.017	58.853	48.111	0.052	0.406	0.434	0.416

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

El tiempo de concentración promedio para el tramo II: ramal Inupata – Piscaya es de 1.0832 minutos el cual será para una longitud de 143.8 metros promedio y una pendiente de 44% promedio, el tiempo de concentración mínimo será de 0.573 minutos para una longitud de 62 metros y una pendiente de 40.3% y el tiempo de concentración máximo será de 1.727 minutos para una longitud de 228 metros y una pendiente de 53.2%.

Caudal máximo

El estudio de las máximas avenidas comprendió la comprobación de los caudales máximos para diferentes periodos de retorno, en la zona de intervención del proyecto. Para el cálculo de la descarga máxima medio frecuente se ha utilizado el procedimiento Racional, para ello fue necesario conocer la intensidad respecto al período de cohesión y periodo de retorno, inmediatamente la descarga máxima instantánea fue determinada referente sobre la base de la intensidad máxima de precipitación fluvial y según la coherencia:

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Dónde:

Q = Descarga pico en m³/s

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de precipitación en mm/hora.

A = Área de cuenca en Km².

Las hipótesis en que se fundamentó este procedimiento son las siguientes:

- La dimensión de una descarga originada por cualquier fuerza de precipitación fluvial alcanza el máximo cuando esta tiene un tiempo de persistencia semejante o superior que el tiempo de concentración.

- La periodicidad de ocurrencia de la descarga máxima es igual a la de la precipitación para el tiempo de conglomeración dado.

- La correlación entre la descarga máxima y tamaño de la cuenca es la misma que entre la persistencia y fuerza de la precipitación fluvial.

- El coeficiente de escorrentía es igual para todo el aguacero que se produzcan en una cuenca dada.

Los resultados del estudio que se presenta a continuación

Tabla 104:
Caudales de diseño en alcantarillas para las cuencas pequeñas Método Racional y Hidrograma Unitario Triangular Tramo I: Nogalpampa - Cotarma.

Nº de micro cuenca	Progresiva	Área (km ²)	Método	Estación Utilizada	C	Intensidad	Caudal de diseño (m ³ /s)	Obra proyectada
1	0+000	0.089	Racional	Abancay	0.45	63.0017	0.6992	Alcantarilla
2	0+105	0.255	Racional	Abancay	0.45	50.377	1.6042	Alcantarilla
3	0+610	0.046	Racional	Abancay	0.45	78.309	0.4491	Alcantarilla
4	1+475	8.721	Hidr. Unit. Triang.	Abancay		21.0622	12.4009	Alcantarilla
5	1+525	0.029	Racional	Abancay	0.45	85.2821	0.3066	Alcantarilla
6	1+634	0.016	Racional	Abancay	0.45	94.8876	0.1867	Alcantarilla
7	1+839	0.009	Racional	Abancay	0.45	103.473	0.117	Alcantarilla
8	2+405	0.025	Racional	Abancay	0.45	99.3141	0.3074	Alcantarilla
9	4+748	0.137	Racional	Abancay	0.45	64.3588	1.0993	Alcantarilla
10	5+517	0.225	Racional	Abancay	0.45	51.1691	1.4377	Alcantarilla
11	5+825	0.03	Racional	Abancay	0.45	91.9062	0.3402	Alcantarilla
12	6+367	0.022	Racional	Abancay	0.45	98.2749	0.2703	Alcantarilla
13	7+236	0.15	Racional	Abancay	0.45	67.0074	1.2537	Alcantarilla
14	7+327	0.034	Racional	Abancay	0.45	68.5326	0.2918	Alcantarilla
15	7+605	0.058	Racional	Abancay	0.45	77.8502	0.5641	Alcantarilla

Continuación ...

16	7+992	0.036	Racional	Abancay	0.45	80.2173	0.3652	Alcantarilla
17	8+471	0.059	Racional	Abancay	0.45	90.742	0.6742	Alcantarilla
18	8+853	0.196	Racional	Abancay	0.45	52.4471	1.2869	Alcantarilla
19	9+827	0.109	Racional	Abancay	0.45	69.2784	0.9439	Alcantarilla
20	10+039	0.024	Racional	Abancay	0.45	86.0365	0.2581	Alcantarilla
21	10+250	0.017	Racional	Abancay	0.45	103.0028	0.2169	Alcantarilla
22	10+885	0.053	Racional	Abancay	0.45	90.7032	0.6049	Alcantarilla
23	11+361	0.072	Racional	Abancay	0.45	74.0004	0.6679	Alcantarilla
24	11+563	0.044	Racional	Abancay	0.45	54.0961	0.2954	Alcantarilla
25	12+021	0.051	Racional	Abancay	0.45	89.8521	0.5718	Alcantarilla
26	12+216	0.019	Racional	Abancay	0.45	91.7629	0.2188	Alcantarilla
27	12+357	0.119	Racional	Abancay	0.45	53.1676	0.7917	Alcantarilla
	Promedio	0.394			0.450	75.930	1.045	
	Valor máximo	8.721			0.450	103.473	12.401	
	Valor mínimo	0.009			0.450	21.062	0.117	
	Desviación estándar	1.665			0.000	20.151	2.307	

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla presenta que sobre el 80% de las alcantarillas proyectadas se diseñarán para un caudal máximo menor a 1.2 m³/s, generado por una intensidad promedio de 75.930 mm en un área promedio de 0.394 Km², el caudal mínimo de diseño para las alcantarillas del tramo I: Nogalpampa – Cotarma será de 0.117 m³/s, generado por una intensidad de 21.062 mm en un área de 0.009 km², por otro lado el caudal máximo de diseño será de 12.401 m³/s, generado por una intensidad de 103.473 mm en un área de 8.721 km²

Tabla 105:

Caudales de diseño en badén para las cuencas pequeñas Método Racional y Hidrógrama Unitario Triangular Tramo I: Nogalpampa - Cotarma.

N° de micro cuenca	Progresiva	Área (km ²)	Método	Estación utilizada	C	Intensidad	Caudal de diseño (m ³ /s)	Obra proyectada
33	5+143	1.306	Hidr. Unit. Triang.	Abancay	0.45	38.6458	4.9138	Badén de concreto ciclópeo

FUENTE: Elaboración Propia

Interpretación

En la progresiva 5+143 kilómetros del tramo I: Nogalpampa – Cotarma se tiene proyectado un badén de concreto ciclópeo el cual se diseñara para un caudal máximo de 4.914 m³/s, generado por una intensidad de 38.645 mm en un área de 1.306 km²

Tabla 106:
Caudales de Diseño en Alcantarillas para las Cuencas pequeñas Método Racional y Hidrógrama Unitario Triangular Tramo II: Ramal (Inupata) - Piscaya.

N° de micro cuenca	Progresiva	Área (km ²)	Método	Estación utilizada	C	Intensidad	Caudal de diseño (m ³ /s)	Obra proyectada
28	2+050	0.023	Racional	Abancay	0.45	123.6178	0.3523	Alcantarilla
29	2+785	0.06	Racional	Abancay	0.45	91.2379	0.688	Alcantarilla
30	3+323	0.037	Racional	Abancay	0.45	85.9676	0.4022	Alcantarilla
31	3+708	0.045	Racional	Abancay	0.45	92.4389	0.5234	Alcantarilla
32	4+059	0.065	Racional	Abancay	0.45	68.2984	0.5564	Alcantarilla
Promedio		0.046			0.450	92.312	0.504	
Valor máximo		0.065			0.450	123.618	0.688	
Valor mínimo		0.023			0.450	68.298	0.352	
Desviación estándar		0.017			0.000	19.988	0.133	

FUENTE: Elaboración Propia

Interpretación

En el tramo II: ramal Inupata – Piscaya, se plantea 5 alcantarillas los mismos que serán diseñados para un caudal máximo promedio de 0.504 m³/s, generado por una intensidad promedio de 92.312 mm en un área promedio de 0.046 km², por otro lado el caudal máximo de diseño para la alcantarilla del tramo II: ramal Inupata – Piscaya será de 0.688 m³/s, que se genera con una intensidad de 123.618 mm en un área de 0.065 km² y el caudal mínimo de diseño para las alcantarillas será de 0.352 m³/s

Diseño de obras de arte

Alcantarillas

Se define como alcantarilla a la estructura cuya luz sea menor a 6.0 m y su tarea es desaguar el flujo de agua de lluvia derivado de direcciones naturales o artificiales que interceptan la carretera. La consistencia de alcantarillas en un plan vial influye claramente en los costos de la obra y del mantenimiento, por ello, es muy fundamental considerar la adecuada designación de su ubicación, alineamiento y el declive, a fin de consignar el paso independiente del flujo que intercepta la vía, sin que afecte su consistencia.

La ubicación óptima de las alcantarillas depende de su alineamiento y pendiente, la cual se logra proyectando dicha estructura siguiendo la alineación y pendiente del cauce natural. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que el incremento y disminución de la pendiente influye en la variación de la velocidad de flujo, que a su vez incide en la capacidad de transporte de materiales en suspensión y arrastre de fondo, los resultados de diseño se muestran a continuación.

Tabla 107:
Diseño de alcantarillas Tramo I: Nogalpampa - Cotarma.

N° de micro cuenca	Progresiva	Tipo	Caudal de diseño	N° de alcant.	Sección transversal de alcantarilla (m)	Diámetro (m)	Profundidad de relleno	S (%)	Talud de relleno (z)	Longitud de la alcantarilla (l)
1	0+000	Circular	0.6992	1	4	0.8	0.4	3	1	4.95
2	0+105	Circular	1.6042	1	4	0.9	0.4	3	1	4.95
3	0+610	Circular	0.4491	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95
4	1+475	Circular	12.4009	2	4	0.8	0.4	3	1	4.95
5	1+525	Circular	0.3066	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95
6	1+634	Circular	0.1867	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95
7	1+839	Circular	0.117	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95
8	2+405	Circular	0.3074	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95
9	4+748	Circular	1.0993	1	4	0.8	0.4	3	1	4.95
10	5+517	Circular	1.4377	1	4	0.9	0.4	3	1	4.95
11	5+825	Circular	0.3402	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95
12	6+367	Circular	0.2703	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95
13	7+236	Circular	1.2537	1	4	0.8	0.4	3	1	4.95
14	7+327	Circular	0.2918	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95
15	7+605	Circular	0.5641	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95
16	7+992	Circular	0.3652	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95

Continuación ...

17	8+471	Circular	0.6742	1	4	0.8	0.4	3	1	4.95
18	8+853	Circular	1.2869	1	4	0.8	0.4	3	1	4.95
19	9+827	Circular	0.9439	1	4	0.8	0.4	3	1	4.95
20	10+039	Circular	0.2581	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95
21	10+250	Circular	0.2169	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95
22	10+885	Circular	0.6049	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95
23	11+361	Circular	0.6679	1	4	0.8	0.4	3	1	4.95
24	11+563	Circular	0.2954	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95
25	12+021	Circular	0.5718	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95
26	12+216	Circular	0.2188	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95
27	12+357	Circular	0.7917	1	4	0.8	0.4	3	1	4.95
Promedio			1.05	1.04	4.00	0.69	0.40	3.00	1.00	4.95
Valor máximo			12.40	2.00	4.00	0.90	0.40	3.00	1.00	4.95
Valor mínimo			0.12	1.00	4.00	0.60	0.40	3.00	1.00	4.95
Desviación estándar			2.31	0.19	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

El 100% de las alcantarillas proyectadas en el tramo I: Nogalpampa – Cotarma será de tipo circular diseñados para un caudal entre los intervalos de 0.12 a 12.40 m³/s (promedio de 1.05 m³/s), una sección transversal de 4 metros, un diámetro entre los intervalos de 0.6 a 0.9 metros (promedio de 0.69 m), una profundidad de relleno de 0.40 metros, una pendiente de 3% y un talud de 1 m/m, el 100% de las alcantarillas tendrán una longitud de 4.95 metros.

Tabla 108:

Diseño de alcantarillas Tramo II: Ramal (Inupata) - Piscaya.

N° de micro cuenca	Progres.	Tipo	Caudal de diseño	N° de alcantarilla	Sección transversal de alcantarilla (m)	Diámetro (m)	Profundidad de relleno	S (%)	Talud de relleno (z)	Longitud de la alcantarilla (l)
28	2+050	Circular	0.3523	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95
29	2+785	Circular	0.688	1	4	0.8	0.4	3	1	4.95
30	3+323	Circular	0.4022	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95
31	3+708	Circular	0.5234	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95
32	4+059	Circular	0.5564	1	4	0.6	0.4	3	1	4.95
Promedio			0.50	1.00	4.00	0.64	0.40	3.00	1.00	4.95
Valor máximo			0.69	1.00	4.00	0.80	0.40	3.00	1.00	4.95
Valor mínimo			0.35	1.00	4.00	0.60	0.40	3.00	1.00	4.95
Desviación estándar			0.13	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00

FUENTE: Elaboración Propia

Interpretación

El 100% de las alcantarillas proyectadas en el tramo II: ramal Inupata – Piscaya será de tipo circular diseñados para un caudal entre los intervalos de 0.35 a 0.69 m³/s (promedio de 0.50 m³/s), una sección transversal de 4 metros, un diámetro entre los intervalos de 0.6 a 0.8 metros (promedio de 0.64 m), una profundidad de relleno de 0.40 metros, una pendiente de 3% y un talud de 1 m/m, el 100% de las alcantarillas tendrán una longitud de 4.95 metros.

Badenes

Las estructuras tipo badén son soluciones efectivas cuando el nivel de la rasante de la carretera coincide con el nivel de fondo del cauce del curso natural que intercepta su alineamiento, porque permite dejar pasar flujo de sólidos esporádicamente que se presentan con mayor intensidad durante períodos de lluvias

Tabla 109:
Diseño de badenes Tramo I: Nogalpampa - Cotarma.

N° de micro cuenca	Progresiva	Tipo	Caudal de diseño (m ³ /seg)	Z	Pendiente (%)	Ancho (m)	Sección transversal de badén	Altura (m)	Observación
1	5+143	Badén	4.9	12.5	3.0	8.6	5	0.35	Requiere cambio

FUENTE: Elaboración Propia

Interpretación

En la progresiva 5+143 km del tramo I: Nogalpampa – Cotarma, se plantea la construcción de badén para un caudal de diseño de 4.9 m³/s, un talud de 12.5 m/m, una pendiente de 3%, la construcción será en un ancho de 8.6 metros, una sección transversal de 5 metros y una altura de 0.35 m.

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.

Se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte, longitudinalmente paralela y adyacente a la calzada del camino y serán de concreto vaciadas en el sitio.

Serán del tipo triangular, trapezoidal o rectangular, siendo preferentemente de sección triangular, donde el ancho es medido desde el borde de la rasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la rasante al fondo o vértice de la cuneta.

Tabla 110:
Longitud de cunetas según caudal de conducción en los tramos
Nogalpampa – Cotarma – Piscaya.

Longitud de la cuneta (m)	Tramo: Nogalpampa - Cotarma - Piscaya	
	Q (m ³ /s)	Q (l/s)
150	0.369	369.175
250	0.306	305.718
300	0.253	252.624
400	0.190	190.071
500	0.158	158.436

FUENTE: Elaboración Propia.

Interpretación

El cuadro muestra que la mayor longitud de la cuneta será de 500 metros y conducirá un caudal de 158.436 l/s, luego 400 metros que conducirá un caudal de 190.071 l/s, después 300 metros que conducirá un caudal de 252.624 l/s, luego 250 metros de cuneta que conducirá un caudal de 305.718 l/s, finalmente se proyecta una cuneta de 150 metros que tendrá la capacidad de conducir un caudal de 369.175 l/s.

Tabla 111:
Diseño de cunetas

Longitud de la cuneta (m)	H (m)	Rh	A (m ²)	n	S (m/m)	Q (m ³ /seg)	b (m)
150	0.3	0.456	0.1125	0.03	0.03	0.385045	0.75
250	0.3	0.456	0.1125	0.03	0.03	0.385045	0.75
300	0.3	0.456	0.1125	0.03	0.03	0.385045	0.75
400	0.3	0.456	0.1125	0.03	0.03	0.385045	0.75
500	0.3	0.456	0.1125	0.03	0.03	0.385045	0.75

FUENTE: Elaboración Propia.

Interpretación

Las características constructivas de todas las cunetas en los tramos I y II Nogalpampa – Cotarma y ramal Inupata – Piscaya, se homogenizaran para una pendiente de 3%, un caudal de conducción máximo de 0.385 m³/s, una altura de 0.3 m, radio hidráulico de 0.456 m, un área de sección triangular de 0.1125 m² y un ancho de 0.75 m, se propone la construcción en concreto con un coeficiente de diseño de Manning de 0.03

Puente

Son estructuras mayores que pueden formar parte del drenaje transversal de la carretera y permiten salvar o cruzar un obstáculo natural, en el caso del estudio se plantea sobre el río Chillincoy, cuya ubicación es la más óptima posible, desde el punto de vista hidráulico, geotécnico y de diseño Vial; es decir, que el curso natural no afecta su estabilidad y a su vez el puente no produce cambios morfológicos en el curso natural del río.

Caudales máximos de diseño.

Se determinó el caudal máximo mediante cálculos hidráulicos con la avenida de un periodo de retorno de $T_r = 100$ años, por estar en una zona

rural; y los cálculos de socavación y el diseño de las estructuras de defensa se hacen tomando en cuenta la avenida con un periodo de retorno de $T_r = 500$ años, los resultados del estudio de hidrológico se determinó mediante el método del hidrograma unitario triangular y se muestran a continuación.

Tabla 112:
Máximas avenidas del río Chillincoy para diferentes periodos de retorno

Periodo de retorno T (Años)	Qmax (m³/s)
100	44.372 m ³ /s
500	73.35 m ³ /s

FUENTE: Elaboración Propia.

Interpretación

La tabla muestra las avenidas máximas del río Chillincoy para un período de 100 años de 44.372 m³/s y para un periodo de retorno de 500 años se espera un caudal máximo de 73.34 m³/s

Gálibo o altura libre.

Se define como el espacio libre entre el nivel máximo del flujo de crecida y el nivel inferior del tablero del puente proyectado, tiene como objetivo dejar pasar materiales flotantes como ramas, troncos e incluso árboles y otros materiales flotantes que transporta la corriente, para la investigación se plantea el gálibo mínimo asociado al nivel de aguas máximas de 2.5 m. ya que existe evidencia que la corriente transporta material sólido, troncos, palizada u otros objetos voluminosos.

Sección transversal estudiada en la zona del puente:

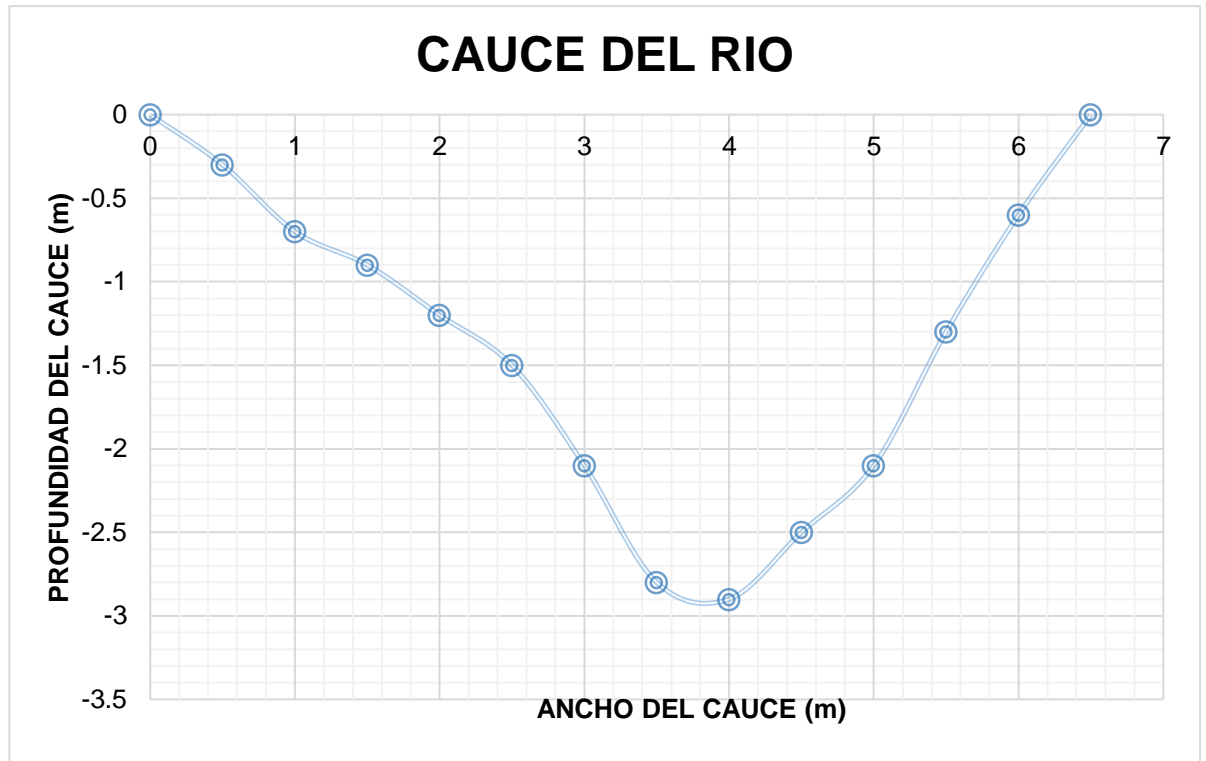


Gráfico 25:
Sección transversal del cauce donde se plantea proyectar el puente sobre el río Chillincoy
FUENTE: Elaboración Propia.

Interpretación

La longitud del cauce donde se plantea proyectar la construcción del puente sobre el río Chillincoy es menor a 7 metros, el perfil del cauce es variable y la altura máxima es menor a 3 metros ubicada a una longitud horizontal de 4 metros.

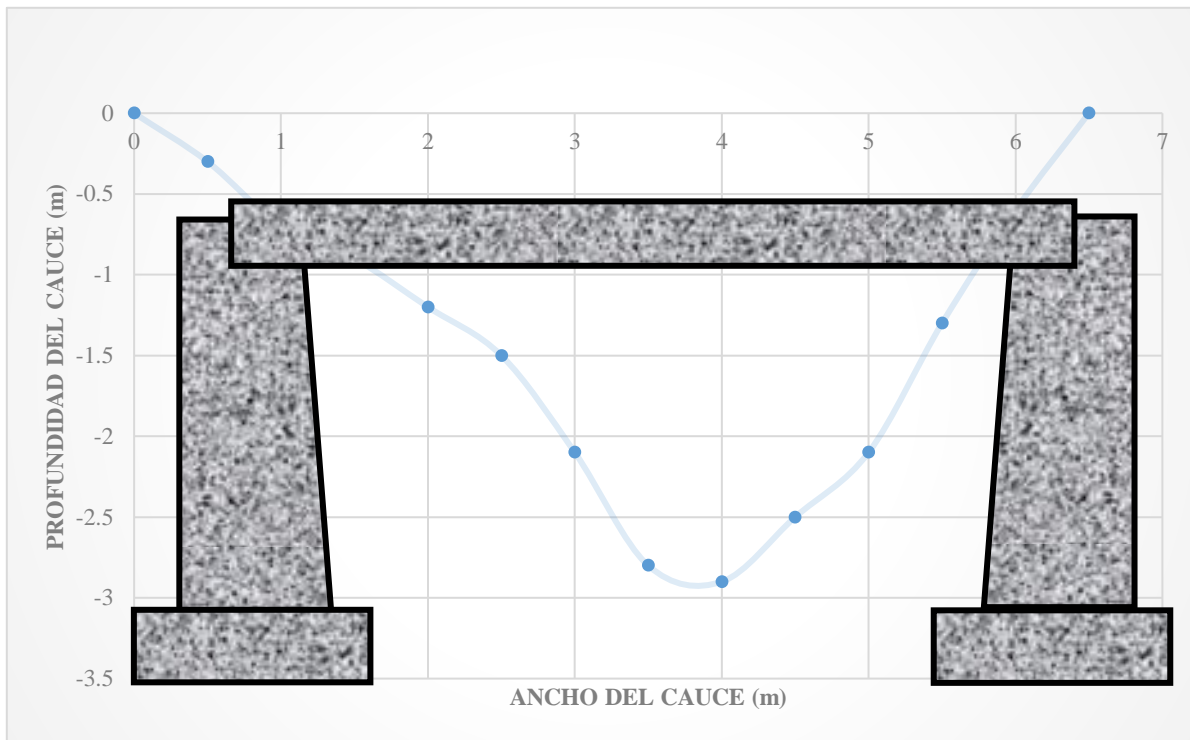


Figura 30:
Sección transversal del río Chillincoy y la proyección del Puente
FUENTE: Elaboración Propia.

Interpretación

Para la construcción del puente se considera una luz aprox. de 6m, el nivel de agua máximas registrado en campo fue de 1.20 metros y en épocas de estiaje se registra niveles mínimos de 0.52 metros.

Profundidad de socavación

La socavación es un proceso que se produce a largo y corto plazo o transitorio, como en el caso de la ocurrencia de avenidas.

La estimación de la profundidad de socavación para el diseño del puente fue determinado mediante la máxima profundización posible del lecho, y se muestra a continuación.

Tabla 113:
Calculo de la socavación del río Chillincoy

Abscisa (X)	Tirante (h)	Hs	Hs-h
0	0.00	0.00	0.00
0.5	0.30	0.44	0.14
1	0.70	1.02	0.32
1.5	0.90	1.31	0.41
2	1.20	1.75	0.55
2.5	1.50	2.19	0.69
3	2.10	3.06	0.96
3.5	2.80	4.08	1.28
4	2.90	4.23	1.33
4.5	2.50	3.65	1.15
5	2.10	3.06	0.96
5.5	1.30	1.90	0.60
6	0.60	0.88	0.28
6.5	0.00	0.00	0.00
Promedio	1.35	1.97	0.62

FUENTE: Elaboración Propia.

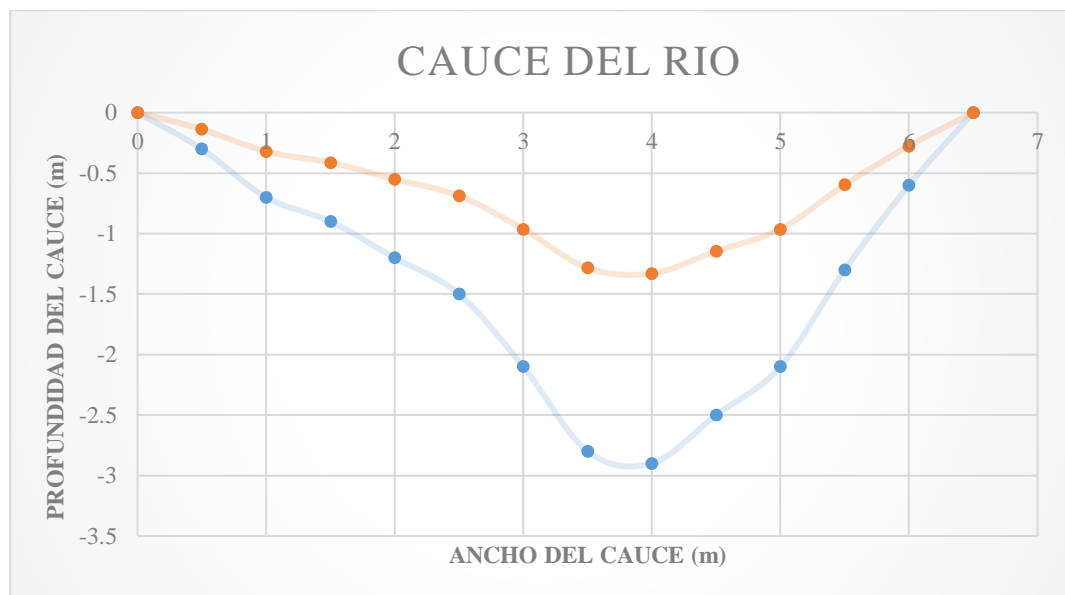


Gráfico 26:
Perfil longitudinal del cauce natural y socavado del río Chillincoy

FUENTE: Elaboración Propia.

Interpretación

La tabla y gráfico muestran el cálculo de socavación del río Chillincoy se aprecia que la mayor altura de socavación es de 4.23 metros a una distancia de 4 metros del borde del río, en dicho punto, la altura socavada tiene también su máximo valor de 1.33 metros, mientras que el tirante tiene un valor de 2.90 metros, los promedio de altura de socavación en una luz de 6.5 metros de río es de 1.97 metros mientras que en la misma distancia el promedio de la profundidad de socavación es de 0.62 metros y un tirante de 1.35 metros promedio.

Material del cauce:

El cauce está formado de material no cohesivo compuesto de bolonería, gravas y arena, en esta zona el material del cauce tiene un diámetro medio $d_{50} = 1.2$ cm.

Tabla 114:
Granulometría del material del cauce (mm) en la zona de estudio.

d15 (mm)	d25 (mm)	d50 (mm)	d75 (mm)
0.45	0.95	12	23

FUENTE: Elaboración Propia.

4.1.1.6. Presupuesto general de implementar el diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte (X6)

Metrado

Se define así como al conjunto ordenado de datos obtenidos o logrados mediante lecturas acotados, preferentemente, y con excepción utilizando el escalímetro. Los metrados se realizan con el objeto de calcular la cantidad de obra a realizar y que al ser multiplicado por los respectivos costos unitarios y sumados obtendremos el costo directo.

Los resúmenes de metrados se muestran a continuación

Tabla 115:
Metrado de obras provisionales

Codigo	Descripcion	Unidad	Metrado
01.01.00	Trazo y replanteo	Km	17.74
01.02.00	Cartel de identificación de obra 4.80 x 2.40	Glb	1.00
01.03.00	Campamento y oficinas provisionales	Glb	1.00

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

Las obras provisionales comprenden las partidas: trazo y replanteo el cual está cuantificado en 17.74 km en total, cartel de identificación de obra requerida en una unidad y campamento y oficinas provisionales requerida en una unidad, los detalles del análisis se adjuntan en los anexos.

Tabla 116:
Metrado de obras preliminares

Código	Descripción	Unidad	Metrado
02.01.00	Trazo y replanteo de eje	Km	17.739
02.02.00	Movilización y desmovilización de equipo	Glb	1.00
02.03.00	Mantenimiento de tránsito y seguridad vial	Unidad	1.00
02.04.00	Desbroce y limpieza en zonas no boscosas	Ha	9.31

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

En cuanto a las obras preliminares se requiere las partidas de trazo y replanteo de eje en un total de 17.739 kilómetros, luego la movilización y desmovilización de equipo determinado en una unidad global, luego el

mantenimiento de tránsito y seguridad vial en una unidad total, después el desbroce y limpieza en zonas no boscosas en total 9.31 hectáreas.

Tabla 117:
Metrado de movimiento de tierras

Código	Descripción	Unidad	Metrado
03.01.00	Corte de material suelto	m ³	37,024.17
03.02.00	Corte en roca suelta	m ³	2,943.22
03.03.00	Corte en roca fija	m ³	1,412.50
03.04.00	Conformación de terraplén- relleno	m ³	3,963.01
03.05.00	Eliminación de material excedente a botadero	m ³	27,771.46

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

El movimiento de tierras para la construcción de la carretera en los tramos I: Nogalpampa – Cotarma y tramo II: ramal Inupata – Piscaya requiere las partidas: corte de material suelto en una cantidad de 37024.17 m³, corte en roca suelta en una cantidad de 2943.22 m³, corte en roca fija la cantidad de 1412.50 m³, conformación de terraplen (relleno) en 3963.01 m³ y eliminación de material excedente en 27771.46 m³ el análisis de cada una de las partidas se muestran en los anexos.

Tabla 118:
Metrado en pavimentos

Código	Descripción	Unidad	Metrado
04.01.00	Perfilado y compactado de sub-rasante	m ²	84,214.43
04.02.00	Extracción y apilamiento de material afirmado	m ³	12,632.16
04.03.00	Carguío rendimiento	m ³	12,632.16
04.04.00	Transporte de material afirmado	m ³	12,632.16
04.05.00	Extendido, riego y compactado de afirmado e=15 cm.	m ²	84,214.43

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

El metrado en pavimentos para la construcción de la carretera en estudio requiere las siguientes partidas: perfilado y compactado de sub rasante en una

cantidad 84214.43 m² el mismo que es igual a la partida de extendido, riego y compactado de afirmado en un espesor de 15 cm, por otra parte las partidas extracción y apilamiento de material afirmado, carguío rendimiento y transporte de material de afirmado requieren un total de 12632.16 m³ cada uno

Tabla 119:
Metrado de alcantarillas

Código	Descripción	Unidad	Metrado
05.01.00	Trazo y replanteo	m ²	335.89
05.02.00	Excavación para estructuras	m ³	257.98
05.03.00	Relleno compactado material propio	m ³	72.04
05.04.00	Eliminación de material excedente a botadero	m ³	139.82
05.05.00	Concreto ciclópeo Fc=140 kg/cm ² + 30 % pm	m ³	192.00
05.06.00	Concreto F'c=210 kg/cm ² (cabezal, alas y pies)	m ³	23.22
05.07.00	Emboquillado de piedra C:A 1:3	m ³	58.08
05.08.00	Encofrado y desencofrado cara vista	m ²	337.06
05.09.00	Disipadores de mampostería de piedra con C ^o F'c=140kg/cm ²	m ³	20.21
05.10.00	Alcantarilla TMC ø 24"	m	113.50
05.11.00	Alcantarilla TMC ø 32"	m	67.50
05.12.00	Alcantarilla TMC ø 36"	m	11.00
06.13.00	Pintura esmalte sintético	m	122.00

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

Para la construcción de alcantarillas en la obra se requiere las partidas: trazo y replanteo en una cantidad de 335.89 m², 257.98 m³ de excavación para estructuras, 72.04 m³ de relleno compactado con material propio, 139.82 m³ de eliminación de material excedente a botadero, 192 m³ de concreto ciclópeo con una resistencia de 140 kg/cm² y con 30% de piedras medianas, 23.22 m³ de concreto de resistencia 210 kg/cm² los mismos que serán incorporados en la construcción en el cabezal, alas y pies de las alcantarillas, el emboquillado de piedra C:A 1:3 (Concreto Fc=140 kg/cm² + 30% de piedra mediana) el encofrado y

desencofrado cara vista se requiere en una cantidad de 337.06 m² (cabezal, alas y pies de las alcantarillas) 20.21 m³ de discipadores de mamposteria de piedra con concreto de 140 kg/cm², 113.50 m, 67.50 m y 11 metros de alcantarillas TCM de 24", 32" y 36" respectivamente, finalmente 112 metros de pintura en esmalte sintético.

Tabla 120:
Metrado para la construcción de badén

Código	Descripción	Unidad	Metrado
06.01.00	Trazo y replanteo	m ²	38.08
06.02.00	Excavación para estructuras	m ³	68.99
06.03.00	Eliminación de material excedente en carretilla	m ³	75.97
06.04.00	Concreto ciclópeo F'c= 210 kg/cm ² +30% PM	m ³	9.74
06.05.00	Encofrado y desencofrado	m ²	2.10
06.06.00	Emboquillado de piedra C:A 1:3	m ²	25.23
06.07.00	Junta asfáltica	m	5.00

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

Para la construcción de badén se requiere llevar a cabo las partidas de trazo y replanteo en 38.08 m², excavación para estructuras en 68.99 m³ en total, 75.97 m³ de eliminación de material excedente en carretilla, 9.74 m³ de concreto ciclópeo con resistencia de 210 kg/cm² + 30% de piedras medianas, 2.10 m² de encofrado y desencofrado, 25.23 m² de emboquillado de piedras C:A 1:3 y 5 metros de junta asfáltica.

Tabla 121:
Metrado para la construcción de pontón

Código	Descripción	Unidad	Metrado
07.01.00	Trazo y replanteo	m ²	44.80
07.02.00	Limpieza de terreno manual	m ²	44.80
07.03.00	Excavación para estructuras	m ³	132.18
07.04.00	Excavación para estructuras bajo agua	m ³	65.30
07.05.00	Solado de concreto 1:10 C:H	m ³	4.66
07.06.00	Concreto ciclópeo F'c=210 kg/cm ² +30% PM en estribos	m ³	111.50
07.07.00	Concreto F'c = 280 kg/cm ² (losa del pontón)	m ³	17.92
07.08.00	Encofrado y desencofrado cara vista	m ²	73.44
07.09.00	Encofrado y desencofrado de losa y vigas	m ²	44.80
07.10.00	Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm ²	Kg	4,681.97
07.11.00	Apoyo fijo	Unidad	1.00
07.12.00	Apoyo móvil	Unidad	1.00
07.13.00	Drenaje para pontón	m	1.00
07.14.00	Relleno compactado material propio	m ³	36.00
07.15.00	Encauzamiento de curso	m	10.50
07.16.00	Veredas	m	2.24
07.17.00	Barandas	m	16.80
07.18.00	Pintura anticorrosivo	m ²	16.80

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

Para la construcción de pontón sobre el río Chillincoy se requiere las partidas de trazo y replanteo, limpieza de terreno manual y encofrado y desencofrado de losa y vigas en una cantidad de 44.80 m² cada uno, 197.48 m³ de excavación para estructuras de los cuales 65.30 m³ son bajo agua, 4.66 m³ de concreto 1:10 C:H, 111.50 m³ de concreto ciclópeo en los estribos con resistencia de 210 kg/cm² más 30% de piedras medianas, 17.92 m³ de concreto cuya resistencia será de 280 kg/cm² el mismo que se incorporará en la losa del pontón, 73.44 m² de encofrado y desencofrado cara vista, 44.80 m² de encofrado y desencofrado correspondiente a la losa y vigas, 4681.97 kg de acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm², una unidad de apoyo fijo y móvil cada uno, un metro lineal de drenaje para pontón 36 m³ de relleno y compactado con material propio, 10.50 m de encauzamiento de cursos de agua, 2.24 m de veredas, 16.80 m de barandas y 16.80 m² de pintura anticorrosiva.

Tabla 122:
Metrado para la construcción del muro de contención

Código	Descripción	Unidad	Metrado
08.01.00	Trazo y replanteo	m ²	140.00
08.02.00	Excavación en material no clasificado	m ²	47.38
08.03.00	Colocación de piedra grande	m ³	6.90
08.04.00	Relleno y compactado en obras de arte	m ³	39.10
08.05.00	Concreto F'c=175 kg/cm ²	m ²	41.72
08.06.00	Solado concreto F'c=100 kg/cm ²	m ²	9.45
08.07.00	Encofrados y desencofrado	m ²	50.68

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

Para la construcción del muro de contención es necesario las partidas de trazo y replanteo en una cantidad de 140 m², 47.38 m² de excavación de material no clasificado, 6.90 m³ de colocación de piedras grandes, 39.10 m³ de relleno u compactado de obras de arte, 41.72 m² de concreto en una resistencia de 175 kg/cm², 9.45 m² de solado de concreto con una resistencia de 100 kg/cm² y 50.68 m² de encofrado y desencofrado.

Tabla 123:
Metrado de la conformación de cunetas

Código	Descripción	Unidad	Metrado
09.01.00	Construcción de cunetas en material suelto	m	9323
09.02.00	Construcción de cunetas en roca suelta	m	8280
09.03.00	Construcción de cuneta en roca fija	m	220.00

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla muestra las partidas para la conformación de cunetas siendo necesarias la construcción de cunetas en una cantidad de 17823 metros de los cuales 9323 metros corresponde a la construcción de cunetas en material suelto, 8280 metros en roca suelta y 220 metros en roca fija.

Tabla 124:
Metrado para la instalación de señalización de la carretera en los tramos
Nogalpampa – Cotarma , Inupata – Piscaya

Código	Descripción	Unidad	Metrado
10.01.00	Señales preventivas	Unidad	38
10.02.00	Señales informativas	Unidad	4
10.03.00	Señales reglamentarias	Unidad	5
10.04.00	Hitos kilométricos	Unidad	6

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla muestra que para la instalación de señales de tránsito cada 6 kilómetros requiere la cantidad de 47 unidades de señales de tránsito de las cuales 38 son preventivas, 4 son informativa y 5 son reglamentarias.

Tabla 125:
Metrado para la mitigación ambiental

Código	Descripción	Unidad	Metrado
11.01.00	PROGRAMA DE MEDIDAS PREVENTIVAS, MITIGADORAS Y CORRECTIVAS		
11.01.01	Manejo de residuos sólidos, líquido, efluentes, emisiones gas.	Glb	1.00
11.01.02	Monitoreo de la calidad de agua	Glb	1.00
11.01.03	Programa de señalización ambiental	Glb	1.00
11.02.00	PROGRAMA DE ABANDONO		
11.02.01	Reacondicionamiento de canteras y accesos	m ³	2,250.00
11.02.02	Reacondicionamiento ambiental de campamento	m ³	2,500.00
11.02.03	Reacondicionamiento del área de almacén y patio de maquinas	m ²	2,850.00

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla muestra las partidas necesarias para la mitigación ambiental en la construcción del proyecto construcción de la carretera tramo Nogalpampa – Cotarma y Ramal Inupata – Piscaya el cual se plantea dos etapas: Programa de medidas preventivas, mitigadoras y correctivas y programa de abandono, las partidas necesarias en el programa de medidas preventivas, mitigadoras y correctivas comprenden la instalación global de una unidad de manejo de residuos sólidos, líquidos, efluentes y emisiones de gases, monitoreo de la calidad del agua y un programa de señalización ambiental, mientras que en el programa de abandono se plantean las partidas de reacondicionamiento de canteras y accesos en una cantidad de 2250 m³, reacondicionamiento de ambiental de campamento en una cantidad de 2500 m³ y reacondicionamiento del área de almacén y patio de máquinas en una cantidad de 2850 m².

Tabla 126:
Metrado de seguridad en obra

Código	Descripción	Unidad	Metrado
12.01.00	Equipo de protección individual	Glb	1.00
12.02.00	Equipo de protección colectiva	Glb	1.00
12.03.00	Señalización temporal de seguridad	Glb	1.00

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla muestra las partidas necesarias para el metrado de seguridad en obra, se plantea la unidad global de un equipo de protección individual, un equipo de protección colectiva y una señalización temporal de seguridad.

Tabla 127:
Metrado para el diseño de mezclas y briquetas

Código	Descripción	Unidad	Metrado
13.01.00	Diseño de mezclas	Unidad	4.00
13.02.00	Resistencia de concreto	Unidad	30.00
13.03.00	Densidad de campo	Unidad	30.00

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla muestra las partidas necesarias para el metrado de diseño de mezclas y briquetas, se plantea 4 unidades de servicio de diseño de mezclas, 30 unidades de servicio para determinar la resistencia de concreto y 30 unidades de servicio para determinar la densidad de campo.

Tabla 128:
Metrado para el servicio de flete terrestre

Código	Descripción	Unidad	Metrado
14.01.00	Transporte de materiales de Abancay a obra	Gbl	1.00

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

En la tabla se plantea el servicio de una unidad global de servicio de transporte de materiales desde la ciudad de Abancay hasta los almacenes de la obra.

Costo directo

Viene a ser la sumatoria de todos los productos de los metrados por los costos unitarios de cada una de las partidas necesarias para la ejecución de la obra. Es decir, todo el costo que incide directamente en la ejecución de la obra como son:

Mano de obra: Es la sumatoria del jornal básico, leyes sociales y bonificaciones; que están sujetos a las disposiciones legales vigentes.

Materiales: Permanentes y temporales, así mismo se consideran sus características geométricas y técnicas; también la cantidad por unidad de medida, etc.

Equipo mecánico: 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 y pavimentos.

Herramientas Manuales: Los costos unitarios directos están conformados básicamente por la incidencia de los rubros que intervienen en su composición, los cuales están referidos a:

$$CU = M_o + E_q + Mat + Herr$$

Donde:

Mo= Mano de Obra.

Mat= Materiales.

Eq= Equipo

Herr= Herramientas

El análisis de costo unitario; así como el costo directo de cada partida, comprende un procedimiento especial, los cuales fueron calculados de acuerdo a los rendimientos de los equipos y mano de obra de acuerdo a la tabla de "Rendimientos de Equipo Mecánico RM N° 001-87-TC/MT" proporcionados por el MTC.

El costo directo total es de 2'776,420.27 soles distribuidos en los rubros que se muestra a continuación.

Tabla 129:
Costo directo de obras provisionales

Código	Descripción	Unidad	Metrado	P.U.	Total	%
01.01.00	Trazo y replanteo	Km	17.74	14.43	505.05	10%
01.02.00	Cartel de identificación de obra 4.80 x 2.40	Glb	1.00	1014.93	1,014.93	21%
01.03.00	Campamento y oficinas provisionales	Glb	1.00	3394.95	3,394.95	69%
Costo de obras provisionales					4,914.93	100%

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

El costo de la construcción de obras provisionales es de 4,914.93 soles distribuidos en 10% para el trazo y replanteo, 21% para el cartel de identificación de obra de 4.80 por 2.40 metros y 69% para la construcción de campamento y oficinas provisionales, los costos unitarios son 14.43 soles, 1,014.93 soles y 3,394.95 soles respectivamente.

Tabla 130:
Costo directo de obras preliminares

Código	Descripción	Unidad	Metrado	P.U.	Total	%
02.01.00	Trazo y replanteo de eje	Km	17.739	444.12	7,878.69	5%
02.02.00	Movilización y desmovilización de equipo	Glb	1.00	16810	1,6810	10%
02.03.00	Mantenimiento de tránsito y seguridad vial	Unidad	1.00	14279.20	14,279.20	8%
02.04.00	Desbroce y limpieza en zonas no boscosas	Ha	9.31	4204.62	134,253.52	78%
Costo de obras preliminares					173,221.41	100%

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

El costo total de obras preliminares es de 173,221.41 soles distribuidos en 7,878.69 soles (5%) para la partida de trazo y replanteo de eje, luego 16,810 soles (10%) para la partida de movilización y desmovilización de equipo, después 14,279.20 soles (8%) para la partida de mantenimiento de tránsito y seguridad vial y 134,253.52 soles (78%) para la partida del desbroce y limpieza en zonas no boscosas.

Los costos unitarios de las partidas son 444.12 soles por cada kilómetro de trazo y replanteo de eje, 16810 soles para cada unidad global de movilización y demovilización de equipo, 1,4279.20 soles por cada unidad global de mantenimiento de tránsito y seguridad vial y 4,204.62 soles por cada hectárea de desbroce y limpieza en zonas no boscosas.

Tabla 131:
Costo directo de movimiento de tierras

Código	Descripción	Unidad	Metrado	P.U.	Total	%
03.01.00	Corte de material suelto	m ³	37,024.17	4.29	158,833.69	38%
03.02.00	Corte en roca suelta	m ³	2,943.22	27.61	81,262.30	19%
03.03.00	Corte en roca fija	m ³	1,412.50	34.91	49,310.38	12%
03.04.00	Conformación de terraplén- relleno	m ³	3,963.01	10.43	41,334.19	10%
03.05.00	Eliminación de material excedente a botadero	m ³	27,771.46	3.23	89,701.82	21%
Costo total del movimiento de tierras					420,442.38	100%

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

El costo total del movimiento de tierras para para la construcción de la carretera en los tramos I: Nogalpampa – Cotarma y tramo II: ramal Inupata – Piscaya requiere la suma de 420,442.38 soles distribuidos en 158,833.69 soles (38%) para la partida de corte de material suelto, 81,262.30 soles (19%) para la partida de corte en roca suelta, 49,310.38 soles (12%) para la partida de corte en roca fija, 41,334.19 soles (10%) para la conformación de terraplén (relleno) y 89,701.82 soles (21%) para la eliminación de material excedente.

Los costos unitarios por partida son de 4.29 soles por cada metro cúbico de corte de material suelto, 27.61 metros cúbicos de corte en roca suelta, 34.91 soles por cada m³ corte en roca fija, 10.43 soles por cada m³ de conformación de terraplén – relleno y 2.23 soles por cada m³ de eliminación de material excedente a botadero.

Tabla 132:
Costo directo de en pavimentos

Código	Descripción	Unidad	Metrado	P.U.	Total	%
04.01.00	Perfilado y compactado de sub-rasante	m ²	84,214.43	2.14	180,218.88	25%
04.02.00	Extracción y apilamiento de material afirmado	m ³	12,632.16	4.05	51,160.25	7%
04.03.00	Carguío rendimiento	m ³	12,632.16	2.27	2,8675	4%
04.04.00	Transporte de material afirmado	m ³	12,632.16	20.09	253,780.09	35%
04.05.00	Extendido, riego y compactado de afirmado e=15 cm.	m ²	84,214.43	2.51	211,378.22	29%
Costo total en pavimentos					725,212.44	100%

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

El costo en pavimentos para la construcción de la carretera en estudio requiere la suma total de 725,212.44 soles distribuidos en 180,218.88 soles (25%) en la partida perfilado y compactado de sub rasante cuyo costo unitario es de 2.14 soles por m², 51,160.25 soles (7%) para la partida de extracción y apilado de material afirmado cuyo costo unitario es de 4.05 soles por cada m³, 28,675 soles (4%) para la partida carguío rendimiento cuyo costo unitario es de 2.27 soles por cada m³, 253,780.09 soles (35%) para la partida de transporte de material afirmado con un costo unitario de 20.09 soles por cada m³ y 211,378.22 soles (29%) para la partida de compactado de afirmado en un espesor de 15 cm cuyo costo unitario es de 2.51 soles por m².

Tabla 133:
Costo directo de construcción de alcantarillas

Código	Descripción	Unidad	Metrado	P.U.	Total	%
05.01.00	Trazo y replanteo	m ²	335.89	14.43	4,846.89	0.72%
05.02.00	Excavación para estructuras	m ³	257.98	4.46	1,150.59	0.17%
05.03.00	Relleno compactado material propio	m ³	72.04	21.85	1,574.07	0.23%
05.04.00	Eliminación de material excedente a botadero	m ³	139.82	3.23	451.62	0.07%
05.05.00	Concreto F'c=210 kg/cm ² (cabezal, alas y pies)	m ³	23.22	343.51	7,976.30	1.19%
05.06.00	Emboquillado de piedra C:A 1:3	m ³	58.08	342.78	19,908.66	2.96%
05.07.00	Encofrado y desencofrado cara vista	m ²	337.06	1637.85	55,2053.72	82.05%
05.08.00	Disipadores de mampostería de piedra con C ^o F'c=140kg/cm ²	m ³	20.21	159.11	3,215.61	0.48%
05.09.00	Alcantarilla TMC ø 24"	m	113.50	370.57	42,059.70	6.25%
05.10.00	Alcantarilla TMC ø 32"	m	67.50	485.37	32,762.48	4.87%
05.11.00	Alcantarilla TMC ø 36"	m	11.00	559.17	6,150.87	4.87%
06.12.00	Pintura esmalte sintético	m	122.00	5.64	688.08	0.91%
Total costo de construcción de alcantarillas					672,838.59	100%

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

Para la construcción de alcantarillas en la obra se requiere el costo total de 672,838.59 soles distribuidos en 4,846.89 soles (0.72%) para la partida de trazo y replanteo con un costo de 14.43 soles por cada m², 1,150.59 soles (0.17%) para la excavación para estructuras con un costo unitario de 4.46 soles por m³, 1,574.07 soles (0.23%) para el relleno compactado con material propio con un costo unitario de 21.85 soles por cada m³, 451.62 soles (0.07%) para la eliminación de material excedente a botadero con 3.23 soles de costo unitario por cada m³ de material eliminado, 7,976.30 soles (1.19%) para la partida de concreto de resistencia 210 kg/cm² con un costo unitario de 343.51 soles por m³, 19,908.66 soles (2.96%) para la construcción de la partida emboquillado de piedra C:A 1:3 con un costo unitario de 342.78 soles, 55,2053.72 soles (82.05%) para la partida de encofrado y desencofrado cara vista siendo el costo unitario de 1,637.85 soles por cada m², 3,215.61 soles (0.48%) para la construcción de la partida disipadores de

mampostería de piedra con concreto de 140 kg/cm² cuyo costo unitario es de 159.11 soles por cada m², 42,059.70 soles (6.25%) para la construcción de la partida alcantarilla TMC 24" de diámetro, 32,762.48 soles (4.87%) para la construcción de la partida alcantarilla TMC 32" de diámetro, 6,150.87 soles (0.91%) para la construcción de la partida alcantarilla TMC 36" de diámetro y 688.08 soles (0.10%) para la partida de pintura en esmalte sintético.

Tabla 134:
Costo directo para la construcción de badén

Código	Descripción	Unidad	Metrado	P.U.	Total	%
06.01.00	Trazo y replanteo	m ²	38.08	14.43	549.49	3%
06.02.00	Excavación para estructuras	m ³	68.99	4.46	307.70	19%
06.03.00	Eliminación de material excedente en carretilla	m ³	75.97	41.53	3,155.03	21%
06.04.00	Concreto ciclópeo F'c= 210 kg/cm ² +30% PM	m ³	9.74	353.19	3,440.07	21%
06.05.00	Encofrado y desencofrado	m ²	2.10	21.56	45.28	0.3%
06.06.00	Emboquillado de piedra C:A 1:3	m ²	25.23	342.78	8,648.34	52%
06.07.00	Junta asfáltica	m	5.00	92.47	462.35	3%
Costo total en construcción de badén					16,608.26	100%

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

Para la construcción de badén se requiere un total de 16,608.26 soles el cual estará distribuido en 549.49 soles (3%) en la partida de trazo y replanteo con un costo unitario de 14.43 soles por cada m², 307.70 soles (2%) para la excavación para estructuras con un costo unitario de 4.46 soles por cada m³, 3,155.03 soles (19%) para la eliminación de material excedente en carretilla cuyo costo unitario es de 41.53 soles por m³, 3,440.07 (21%) para la partida de concreto ciclópeo con resistencia de 210 kg/cm² + 30% de piedras medianas con un costo unitario de 353.19 soles por cada m³, 45.28 soles (0.3%) para el encofrado y desencofrado cuyo costo unitario es de 21.56 soles para cada m², 8,648.34 soles para la partida de emboquillado de piedras C:A 1:3 y 462.35 soles para la partida de de junta asfáltica.

Tabla 135:
Costo directo para la construcción de pontón

Código	Descripción	Unidad	Metrado	P.U.	Total	%
07.01.00	Trazo y replanteo	m ²	44.80	14.43	646.46	0.3%
07.02.00	Limpieza de terreno manual	m ²	44.80	6.35	284.48	0.1%
07.03.00	Excavación para estructuras	m ³	132.18	4.46	589.52	0.3%
07.04.00	Excavación para estructuras bajo agua	m ³	65.30	31.97	2,087.64	1.1%
07.05.00	Solado de concreto 1:10 C:H	m ³	4.66	377.01	1,756.87	0.9%
07.06.00	Concreto ciclópeo F'c=210 kg/cm ² +30% PM en estribos	m ³	111.50	353.19	39,380.69	20.3%
07.07.00	Concreto F'c = 280 kg/cm ² (losa del pontón)	m ³	17.92	516.51	9255.86	45.7%
07.08.00	Encofrado y desencofrado cara vista	m ²	73.44	1,207.26	88,661.17	45.7%
07.09.00	Encofrado y desencofrado de losa y vigas	m ²	44.80	43.20	1,935.36	1%
07.10.00	Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm ²	Kg	4,681.97	4.51	21,115.68	10.9%
07.11.00	Apoyo fijo	Unidad	1.00	870.20	870.20	0.4%
07.12.00	Apoyo móvil	Unidad	1.00	1,039.26	1,039.26	0.5%
07.13.00	Drenaje para pontón	m	1.00	34.29	34.29	0.04%
07.14.00	Relleno compactado material propio	m ³	36.00	364.22	13,111.92	6.8%
07.15.00	Encauzamiento de curso	m	10.50	7.52	78.96	0.04%
07.16.00	Veredas	m	2.24	314.55	704.59	0.4%
07.17.00	Barandas	m	16.80	743.34	12,488.11	6.4%
07.18.00	Pintura anticorrosivo	m ²	16.80	5.64	94.75	0.05%
Costo total para la construcción de pontón					194,135.81	100%

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

Para la construcción de pontón sobre el río Chillincoy se requiere la suma de 194,135.81 soles en total de los cuales 646.46 soles corresponde al trazo y replanteo con un costo unitario de 14.43 por cada m², 284.48 soles corresponde para la partida limpieza de terreno manual con un costo unitario de 6.35 soles por cada m², 589.52 soles corresponde a la partida de excavación para estructuras siendo el costo unitario de 4.46 soles, 2,087.64 soles corresponde a la partida de excavación para estructuras bajo agua con un costo unitario de 31.97 soles por cada m³, 1,756.87 soles es para la partida de solado de concreto 1:10 C:H con un costo unitario de 377.01 soles por cada m² 39,380.69 soles corresponde a la

partida de concreto ciclópeo $F_c=120\text{kg/cm}^2 + 30\%$ de PM cuyo costo unitario de la partida es de 353.19 soles por cada m^3 , 9,255.86 soles corresponde a la partida concreto $F_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ (losa del pontón) con un costo unitario de 516.51 soles para cada m^3 , 88,661.17 soles será para la partida de encofrado y desencofrado cara vista, 1935.36 soles para la partida de encofrado y desencofrado de losa y vigas, 21,115.68 soles para la partida de acero de refuerzo $F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ con un costo unitario de 4.51 soles por kilogramo, 870.20 y 1,039.26 soles para las partidas de apoyo fijo y apoyo móvil respectivamente, las partidas drenaje para pontón, relleno compactado con material propio, encausamiento del curso de río, veredas, barandas y pintura anticorrosivo suman 26,512.62 soles siendo el de mayor incidencia el compactado con material propio, seguido de la construcción de barandas.

Tabla 136:
Costo directo para la construcción del muro de contención

Código	Descripción	Unidad	Metrado	P.U.	Total	%
08.01.00	Trazo y replanteo	m^2	140.00	14.43	2,020.20	7%
08.02.00	Excavación en material no clasificado	m^2	47.38	66.72	3,161.19	11%
08.03.00	Colocación de piedra grande	m^3	6.90	92.43	637.77	2%
08.04.00	Relleno y compactado en obras de arte	m^3	39.10	96.55	3,775.11	13%
08.05.00	Concreto $F_c=175 \text{ kg/cm}^2$	m^2	41.72	392.35	16,368.84	56%
08.06.00	Solado concreto $F_c=100 \text{ kg/cm}^2$	m^2	9.45	239.14	2,259.87	8%
08.07.00	Encofrados y desencofrado	m^2	50.68	21.56	1,092.66	4%
Costo total para la construcción de muro de contención					29,315.64	100%

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

Para la construcción del muro de contención es necesario la suma total de 29,315.64 soles los cuales están distribuidos en 2,020.20 soles (7%) en la partida de trazo y replanteo con un costo unitario de 14.43 soles por cada metro cuadrado, 3,161.19 soles (11%) para la partida de excavación de material no clasificado con un costo unitario por m² de 66.72 soles, 637.77 soles (2%) para la partida de colocación de piedras grandes cuyo costo unitario es de 92.43 soles por cada m³, 3,775.11 soles (13%) para la partida de relleno y compactado de obras de arte con un costo unitario de 96.55 soles, luego 16,368.84 soles para la partida de concreto en una resistencia de 175 kg/cm² cuyo costo unitario es de 392.14 soles, 2259.87 soles (8%) para la partida de solado de concreto con una resistencia de 100 kg/cm² y 1,092.66 soles para la partida de encofrado y desencofrado.

Tabla 137:
Costo total de la conformación de cunetas

Código	Descripción	Unidad	Metrado	P.U.	Total	%
09.01.00	Construcción de cunetas en material suelto	m	9,323	17.35	161,754.05	43%
09.02.00	Construcción de cunetas en roca suelta	m	8,280	24.17	200,127.60	53%
09.03.00	Construcción de cuneta en roca fija	m	220.00	72.24	15,892.80	4%
Costo total de la conformación de cunetas					377,774.45	100%

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla muestra el costo total para las conformación de cunetas cuyo valor total es de 377,774.45 soles, de los cuales 161,754.05 soles corresponde a la construcción de cunetas en material suelo, 200,127.60 soles corresponde a la construcción de cunetas en rocas suelta y 15,892.80 soles corresponde a la construcción de cunetas en roca fija, los precios unitarios son 17.35 soles por cada metro para la partida construcción de cunetas en material suelto, 24.17 soles para la construcción de cunetas en roca suelta y 72.24 soles para la construcción de cunetas en roca fija.

Tabla 138:
Costo total para la instalación de señalización de la carretera en los tramos Nogalpampa – Cotarma, Inupata – Piscaya

Código	Descripción	Unidad	Metrado	P.U.	Total	%
10.01.00	Señales preventivas	Unidad	38	300.61	11,423.18	19%
10.02.00	Señales informativas	Unidad	4	10,762.57	43,050.28	71%
10.03.00	Señales reglamentarias	Unidad	5	896.82	4,484.10	7%
10.04.00	Hitos kilométricos	Unidad	6	286.36	1,718.16	3%
Costo total para la instalación de señalización					60,675.72	100%

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla muestra el costo total para la instalación de señales en la carretera de los tramos Nogalpampa – Cotarma y ramal Inupata – Piscaya, el cual está constituida por 60,675.72 soles en total distribuido en 11,423.18 soles para señales preventivas, 43,050.28 soles para señales informativas, 4,484.10 soles para señales reglamentarias y 1,718.16 soles para la construcción de hitos kilométricos, los costos unitarios son 300.61, 10,762.57, 896.82 y 286.36 soles para las señales preventivas, informativas, reglamentarias y hitos kilométricos respectivamente.

Tabla 139:
Costo total para la mitigación ambiental

Código	Descripción	Unidad	Metrado	P.U.	Total	%
11.01.00	Programa de medidas preventivas, mitigadoras y correctivas				15,930.14	33%
11.01.01	Manejo de residuos sólidos, líquido, efluentes, emisiones gas.	Glb	1.00	13,222.50	13,222.50	28%
11.01.02	Monitoreo de la calidad de agua	Glb	1.00	1,517.00	1,517.00	3%
11.01.03	Programa de señalización ambiental	Glb	1.00	1,190.64	1,190.64	2%
11.02.00	Programa de abandono				31,799.50	67%
11.02.01	Reacondicionamiento de canteras y accesos	m ³	2,250.00	4.28	9630.00	20%
11.02.02	Reacondicionamiento ambiental de campamento	m ³	2,500.00	4.57	11,425.00	24%
11.02.03	Reacondicionamiento del área de almacén y patio de maquinas	m ²	2,850.00	3.77	10,744.50	23%
Costo total de mitigación ambiental					47,729.64	100%

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla muestra el costo total de la mitigación ambiental según partidas el cual es de 47,729.64 soles los mismos están conformados por dos programas: 1) **Programa de medidas preventivas, mitigadoras y correctivas** cuyo presupuesto es de 15,930.14 soles en total distribuidos en 13,222.50 soles, para la partida de manejo de residuos sólidos, líquidos, efluentes y emisiones de gases, 1,517.00 soles, para la partida monitoreo de la calidad del agua y 1,190.64 corresponde al programa de señalización ambiental. 2) **Programa de abandono** con un presupuesto total de 31,799.50 soles distribuidos en 9,630.00 soles para la partida reacondicionamiento de canteras y accesos con un costo unitario de 4.28 soles por m³ 11,425.00 soles para la partida reacondicionamiento de ambiental de campamento cuyo costo unitario es de 4.57 soles por cada m³ y 10,744.50 soles para la partida de reacondicionamiento del área de almacén y patio de máquinas cuyo costo unitario es de 3.77 soles por m².

Tabla 140:
Costo total de seguridad en obra

Código	Descripción	Unidad	Metrado	P.U.	Total	%
12.01.00	Equipo de protección individual	Glb	1.00	6,996.65	6,996.65	17%
12.02.00	Equipo de protección colectiva	Glb	1.00	18,450.00	18,450.00	46%
12.03.00	Señalización temporal de seguridad	Glb	1.00	14,557.13	14,557.13	36%
Costo total de la seguridad den obra					40,003.78	100%

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla muestra el costo total de la seguridad en obra según partidas cuyo costo total es de 40,003.78 soles, distribuidos en 6996.65 soles para equipo de protección individual, 18,450.00 soles para equipo de protección colectiva y 14,557.13 soles para señalización temporal de seguridad.

Tabla 141:
Costo total para el diseño de mezclas y briquetas

Código	Descripción	Unidad	Metrado	P.U.	Total	%
13.01.00	Diseño de mezclas	Unidad	4.00	123.00	792.00	9%
13.02.00	Resistencia de concreto	Unidad	30.00	49.20	1,476.00	26%
13.03.00	Densidad de campo	Unidad	30.00	123.00	3,690.00	65%
Costo total para el diseño de mezclas y briquetas					5,658.00	100%

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla muestra el costo total para el diseño de mezclas y briquetas, el costo total es de 5,658.00 nuevos soles, distribuidos en 792.00 soles para el diseño de mezclas con un costo unitario de 123.00 soles por unidad, 1,476.00 soles para el servicio de determinación de resistencia de concreto cuyo costo unitario por servicio es de 49.20 soles y 3,690.00 soles para la determinación de densidad de campo cuyo costo unitario del servicio es de 123.00 soles.

Tabla 142:
Costo total para el servicio de flete terrestre

Código	Descripción	Unidad	Metrado	P.U.	Total	%
14.01.00	Transporte de materiales de Abancay a obra	Gbl	1.00	7,889.22	7,889.22	100%
Costo total de flete terrestre					7,889.22	100%

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

En la tabla se plantea un costo total para el servicio de una unidad global de servicio de transporte de materiales desde la ciudad de Abancay hasta los almacenes de la obra en un total de 7,889.22 soles.

Costo indirecto

Es la sumatoria de todos los costos que no intervienen directamente en la ejecución de la obra y no pueden aplicarse a una partida determinada, sino al

conjunto de la obra, se clasifican en: Gastos Generales, utilidad, IGV, gastos de supervisión y gastos de expediente técnico.

Gastos generales

Los Gastos Generales se subdividen en Gastos Generales Fijos o no relacionados con el tiempo de ejecución de obra y Gastos Generales Variables o relacionados con el tiempo de ejecución de obra, a su vez los gastos indirectos fijos están constituidos por: Gastos de licitación y contratación, gasto administrativos de oficina, liquidación de obra, equipamiento y mobiliario de campamento y vestimenta, mientras que los gastos indirectos variables corresponden a: Remuneración de personal profesional- técnico auxiliar, alquiler de equipo de ingeniería, alimentación, comunicaciones, materiales varios, cargas financieras y finanzas. Los resultados del análisis para el proyecto para los gastos variables tienen un valor total de 343,313.29 soles en total cuya distribución se muestran a continuación.

Tabla 143:
Gastos generales fijos

Item	Descripción	Unid.	Cant. Descripción	Cant. Unidad	Precio Unitario S/.	Valor Total S/.
I	Oficina					2,500.00
1	Alquiler de Oficina	Est.	1.00	5.00	500.00	2,500.00
II	Liquidación de Obra					5,600.00
1	Copias Varias	Est.	1.00	3.00	1,500.00	4,500.00
2	Comunicaciones	Est.	1.00	2.00	300.00	600.00
3	Servicios para oficina	Est.	1.00	1.00	500.00	500.00
III	Impuestos					8,439.66
1	Impuesto a las Transacciones Financieras I.T.F.	Glb.	1.00	0.05%	3,845,094.39	1,922.55
2	SENCICO (del Total sin I.G.V.)	Glb.	1.00	0.20%	3,258,554.57	6,517.11
IV	Gastos Diversos					3,350.00
1	Gastos de Licitación	Glb.	1.00	100.00%	1,750.00	1,750.00
2	Gastos Legales	Glb.	1.00	100.00%	850.00	850.00
3	Gastos Firma de Contrato	Glb.	1.00	100.00%	750.00	750.00
Total de Gastos Generales Fijos S/.						19,889.67

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla muestra los gastos generales fijos según descripción se aprecia que el total es de 19,889.67 soles distribuidos en gastos de oficina con la suma total de 2,500 soles, Liquidación de obra constituido por copias varias, comunicaciones y servicios para oficina los cuales suman un total de 5,600 soles, pago de impuesto constituido por los impuesto a las transacciones financieras y SENCICO que suman 8,439.66 soles y gastos diversos constituido por gastos de licitación, gastos legales y gastos de firma de contrato con la suma de 3,350 soles.

Tabla 144:
Gastos generales variables

Item	Descripción	Und.	Cant. Descripción	Cant. Unidad	Precio Unitario S/.	Valor Total S/.
I	Mano de Obra Indirecta					
A	Área de Producción					189,500.00
1	Ing. Residente de Obra (Incl. Leyes Sociales)	Mes	1.00	5.50	6000.00	33,000.00
2	Administrador del proyecto	Mes	1.00	5.00	4000.00	20,000.00
3	Ing. Asistente de Obra	Mes	1.00	5.00	4000.00	20,000.00
4	Auxiliar Administrativo (Incl. Leyes Sociales)	Mes	1.00	5.00	2500.00	12,500.00
5	Guardián (Incl. Leyes Sociales)	Mes	1.00	5.00	3000.00	15,000.00
6	Maestro de Obra	Mes	1.00	5.00	3500.00	17,500.00
7	Controlador de equipos	Mes	1.00	5.00	0.00	0.00
8	Almacenero	Mes	1.00	5.00	2800.00	14,000.00
9	Chofer	Mes	1.00	5.00	2500.00	12,500.00
10	Alimentación en Obra	Mes	5.00	5.00	1800.00	45,000.00
C	Materiales, Servicios y Equipos de Oficinas					82,841.53
1	Movilidad	Mes	1.00	5.00	8,898.31	44,491.53
2	Materiales de Oficina	Mes	1.00	5.00	750.00	3,750.00
3	equipo de cómputo, impresora	Mes	1.00	5.00	1,500.00	7,500.00
4	Generador de energía 5000 wats inc. combustible	Mes	1.00	5.00	2,220.00	11,100.00

Continuación ...

5	radio comunicadores 8 terminales	Mes	8.00	5.00	400.00	16,000.00
D	Gastos Financieros					36,451.50
	Garantía de Fiel					
1	Cumplimiento de Contrato (Carta Fianza MC)	Mes	1.00	5.00	5,767.64	5,767.64
2	Garantía del Adelanto en Efectivo (Carta Fianza MC)	Mes	1.00	5.00	9,612.74	9,612.74
3	Garantía del Adelanto por Materiales (Carta Fianza MC)	Mes	1.00	5.00	19,225.47	19,225.47
4	Garantía por Beneficios Sociales (Carta Fianza=MO)	Mes	1.00	5.00	1,845.65	1,845.65
E	Seguros					14,630.59
1	Accidentes Personales	Glb	1.00		5,709.97	5,709.97
2	Riesgo de Ingeniería	Glb	1.00		7,690.19	7,690.19
3	Responsabilidad contra Terceros	Glb	1.00		1,230.43	1,230.43
	Total de Gastos Generales Variables S/.					323,423.62

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla muestra los gastos generales variables según descripción se aprecia que el total es de 323,423.62 soles distribuidos en área de producción constituidos por el pago de la contratación de Ing. Residente de Obra (Inc. Leyes Sociales), Administrador del proyecto, Ing. Asistente de Obra, Auxiliar Administrativo (Incluye Leyes Sociales), Guardián (Incl. Leyes Sociales) Maestro de Obra, Controlador de equipos, Almacenero, Chofer y alimentación en obra cuya suma total es de 189,500.00 soles, luego materiales, servicios y equipo de oficinas conformado por: Movilidad, materiales de oficina, equipo de cómputo, impresora, generador de energía 5000 Watts (incluye combustible) y radio comunicadores de 8 terminales cuya suma total es de 82,841.53 soles, luego los gastos financieros constituidos por: Garantía de fiel cumplimiento de contrato (Carta Fianza MC), garantía del adelanto en efectivo (Carta Fianza MC), garantía del adelanto por

materiales (Carta Fianza MC) y garantía por beneficios sociales (Carta Fianza=MO) cuya suma total es de 36,451.50 soles, finalmente los gastos de seguros conformados por accidentes personales, riesgo de ingeniería y responsabilidad contra terceros que suman en total un gasto de 14,630.59 soles.

Gastos de supervisión

Tabla 145:
Gastos de supervisión

Item	Descripción	Und.	Cant. Descripción	Cant. Unidad	Precio Unitario S/.	Valor Total S/.
I	Mano de Obra					72,250.00
A	Área de Producción					64,750.00
1	Ing. Supervisor de Obra	Mes	5.50	1.00	7,000.00	38,500.00
2	Ing. Asistente de Supervisión	Mes	5.00	1.00	4,000.00	20,000.00
3	Chofer camioneta	Mes	5.00	0.50	2,500.00	6,250.00
B	Área Administrativa					7,500.00
3	Auxiliar Administrativo	Mes	5.00	0.50	3,000.00	7,500.00
II	Vehículos					22,245.76
1	Camioneta 4x2/Producción-Supervisión	Mes	5.00	0.50	8,898.31	22,245.76
III	Vestuario					4,100.00
1	Cascos de Ingeniero	Unid	6.00	1.00	100.00	600.00
2	Varios vestuario	Gbl	1.00	1.00	3,500.00	3,500.00
IV	Equipos y Servicios					2,180.00
1	Cámara fotográfica	Unid	1.00	1.00	700.00	700.00
2	Escritorio y sillas	Jgo	2.00	1.00	600.00	1,200.00
3	Estabilizador	Unid	1.00	1.00	100.00	100.00
4	Pizarra acrílica	Unid	2.00	1.00	90.00	180.00
V	Materiales de Limpieza					750.00
1	Materiales de Limpieza (Supervisión)	Mes	5.00	1.00	150.00	750.00
VI	Comunicaciones					700.00
1	Teléfono	Mes	5.00	1.00	10.00	50.00
2	Servicio de internet	Mes	5.00	1.00	130.00	650.00

Continuación ...

VII	Materiales, Servicios y Equipos de Oficinas					6,525.00
1	Computadoras e Impresoras (Supervisión)	Glb	1.00	1.00	3,500.00	3,500.00
2	Materiales de Oficina (Supervisión)	Mes	5.00	1.00	150.00	750.00
3	Servicio de anillado	Mes	5.00	1.00	70.00	350.00
4	Servicio de copias	Mes	5.00	1.00	85.00	425.00
5	Servicio de alquiler de oficina	Mes	5.00	1.00	300.00	1,500.00
VIII	Control de calidad					6,680.00
1	Diseño de mezclas	Unid	4.00	1.00	400.00	1,600.00
2	pruebas de densidad de campo	Unid	10.00	1.00	90.00	900.00
3	Pruebas de desgaste (ensayo de Abrasión de los ángulos)	Unid	4.00	1.00	120.00	480.00
4	Rotura de briquetas	Unid	30.00	1.00	70.00	2,100.00
5	Estudio de canteras para verificación	Unid	4.00	1.00	400.00	1,600.00
Total de Gastos Generales Variables S/.						115,430.76

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla muestra los gastos de supervisión del proyecto en estudio, se requiere un presupuesto total de 115,430.76 soles y estará distribuido por mano de obra con la suma de 72,250.00 soles el mismo que está a su vez distribuido por mano de obra del área de producción compuesto por la contratación del Ing. Supervisor de Obra, Ing. Asistente de Supervisión y Chofer de camioneta que suman un presupuesto de 64,750.00 soles y el personal del área administrativa compuesto por un auxiliar administrativo que requiere un presupuesto de 7,500 soles. El requerimiento de vehículos está constituido por el alquiler de una camioneta 4x2 para el servicio del personal de producción y Supervisor cuyo monto requerido es de 22,245.76 soles, la partida de equipos y servicios están conformados por el requerimiento de una cámara fotográfica, escritorio y sillas, estabilizador de energía y pizarra acrílica que requiere un presupuesto total de

2,180 soles, el gasto de comunicaciones requiere de un presupuesto de 700 soles, los materiales, servicios y equipos de oficinas requiere la suma de 6,525 soles y los servicios de control d calidad de la obra suma un presupuesto de 6,680 soles.

Utilidad

La utilidad es de 138,821.01 soles y representa el 5% del costo directo cuyo valor es de 2'776,420.27 soles.

IGV

El Impuesto general a las ventas representa 586,539.82 soles y es calculado como el 18% de la suma de los costos directos (2'776,420.27 soles), gastos generales (343,313.29 soles) y la utilidad (138,821.01 soles) que en total suman 3'845,094.39 soles.

Expediente técnico

Es determinado por precio de mercado y está representado por la suma de 130,000.00 soles.

Costo total

Es costo total es la suma de los costos fijos y los costos variables, los resultados del análisis se muestran a continuación.

Tabla 146:
Costo total del proyecto

Item	Descripción	Total
1.0	Total costo directo	2,776,420.27
1.01	Obras provisionales	4,914.93
1.02	Obras preliminares	173,221.41
1.03	Movimiento de tierras	420,442.38
1.04	Pavimentos	725,212.44
1.05	Alcantarillas	672,838.59

Continuación ...

1.06	Badén	16,608.26
1.07	Pontón	194,135.81
1.08	Muro de contención	29,315.64
1.09	Conformación de cunetas	377,774.45
1.10	Señalización	60,675.72
1.11	Mitigación de impacto ambiental	47,729.64
1.12	Seguridad en obra	40,003.78
1.13	Diseño de mezclas y briquetas	5,658.00
1.14	Flete	7,889.22
2.0	Total costo indirecto	1'314,104.88
2.01	Gastos generales (12.37%)	343,313.29
2.02	Utilidad (5%)	138,821.01
2.03	IGV (18%)	586,539.82
2.04	Gastos de supervisión (3%)	115,430.76
2.05	Gastos de expediente técnico	130,000.00
	Presupuesto total (1.0+2.0)	4,090,525.15

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

La tabla muestra el presupuesto total del proyecto de 4'090,525.15 soles que está representado por el costo fijo con la suma de 2'776,420.27 soles conformados por: Obras provisionales, obras preliminares, movimiento de tierras, pavimentos, alcantarillas, badén, pontón, muro de contención, conformación de cunetas, señalización, mitigación de impacto ambiental, seguridad en obra, diseño de mezclas y briquetas y flete terrestre. El costo variable está representado por 1'314,104.88 soles constituido por: Gastos generales (12.37%), utilidad (5%), Impuesto General a las Ventas - IGV (18%), gastos de supervisión (3%) y gastos de expediente técnico.

Tabla 147:

Costo total del proyecto según mano de obra, materiales y equipos

Descripción	Total	%
Total presupuesto de costo directo	2,776,420.27	100%
Mano de obra	683,826.35	22%
Materiales	1,303,296.77	42%
Equipos	789,297.15	35%
Total presupuesto de costo indirecto	1,314,104.88	100%
Gastos generales (12.37%)	343,313.29	26%
Utilidad (5%)	138,821.01	11%
IGV (18%)	586,539.82	45%
Gastos de supervisión (3%)	115,430.76	9%
Gastos de expediente técnico	130,000.00	10%
Presupuesto total de proyecto	4,090.525.15	

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación

El costo total es de 4,090.525.15 soles distribuidos en Mano de obra 683,826.35 soles, Materiales 1,303,296.77 soles y Equipos la suma de 789,297.15 soles.

4.1.2. A Nivel de la variable Y / D

4.1.2.1. Características del diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte (Y1)

Superficie de rodadura

El estudio del ancho de la superficie de rodadura se hace sobre todo con criterio económico; para nuestro proyecto hacemos uso de la tabla 107.

Tabla 148:
Características básicas para la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito

<u>Carretera de BVT</u>	<u>IMD Proyectado</u>	<u>Ancho de calzada (m)</u>	<u>Estructuras y superficie de rodadura alternativas (**)</u>
T3	101 – 200	2 carriles 5.50 – 6.00	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min, 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado.
T2	51 – 100	2 carriles 5.50 – 6.00	Afirmado (material granular natural, grava seleccionada por zarandeo o por chancado) (tamaño máximo 5 cm) perfilado y compactado, min 15 cm.
T1	16 – 50	1 carril (*) o 2 carriles 3.50 – 6.00	Afirmado (tierra) en lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo de 5cm), perfilado y compactado de 15 cm mínimo
T0	< 15	1 carril (*) 3.50 – 4.50	Afirmado (tierra) en lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado de 15 cm mínimo
Trocha carrozable	IMD Indefinido	1 sendero (*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada, perfilado y compactado

(*) Con plazoletas de cruce, adelantamiento o volteo cada 500 – 1000 m; mediante regulación de horas o por días, por sentido de uso.

(**) En caso de no disponer gravas en distancia cercana a la carretera pueden ser estabilizado mediante técnicas de estabilización suelo – cemento o cal o productos químicos u otros.

FUENTE: Elaboración propia en base a Norma peruana para el Diseño de carreteras-MTC y Normas Técnicas para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Interpretación

Tomando en cuenta el valor del Índice Medio Diario – IMD para el tramo I de 12 vehículos anuales y 13 vehículos semanales y para el tramo II de 5 vehículos anuales y 7 vehículos semanales se ubican en la categoría T0 carretera de bajo volumen de tránsito por lo que se plantea un ancho de calzada ente 3.50 a 4.50 metros con plazoletas de cruce cada 500 metros en promedio, las características de la superficie de rodadura será afirmado (tierra) mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado de 15 cm mínimo en todo el recorrido de los tramos I y II de la carretera.

Distancia de visibilidad

Distancia de visibilidad es la longitud continua hacia delante del camino, que es visible al conductor del vehículo. En diseño se consideran dos distancias, la de visibilidad suficiente para detener el vehículo, y la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaje a velocidad inferior, en el mismo sentido, los resultados de diseño se muestran a continuación.

Tabla 149:
Características de las distancias de visibilidad de la carretera Nogalpampa – Cotarma y ramal Inupata – Piscaya.

Descripción	Norma Peruana para Diseño de Carretera (N.P.D.C.)		Norma Técnica de Carreteras de Bajo Volumen de Transito N.T.D.C.NP.B.V.T	
Clasificación de la carretera	Según función	Sistema vecinal	Sub clasificación según CBT	T1
	Según demanda	3ª clase		
Velocidad directriz	30km/h		20 km/h	
Visibilidad de parada	35 m en todo punto del camino		20 m en todo punto de camino	
Visibilidad de paso	110 m en más del 25% de la longitud total		100 m cada cierta distancia	
	Superficie de rodadura	4.0 m	Superficie de rodadura	3.50 m
Anchos de calzada	Berma	0.50 m a cada lado	Berma	0.50 m a cada lado

FUENTE: Elaboración propia en base a Norma peruana para el Diseño de carreteras-MTC y Normas Técnicas para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito.

Interpretación

La tabla se construye tomando en cuenta la velocidad directriz en la zona que para el caso de camionetas resultó 30 km/h, para autos y camiones fue de 25 km/h y 20 km/h respectivamente, por otro lado, según el ancho de calzada la superficie de rodadura determinada mediante la tabla 107 se determina de 3.50 a 4.50 metros, por tanto se plantea una distancia de visibilidad de parada de 35 metros en todo punto del recorrido de la carretera en los tramos Nogalpampa – Cotarma y ramal Inupata – Piscaya, la visibilidad de paso será de 110 metros en más de 4.435 km entre los tramos I y II de la carretera (más del 25% de la longitud total)

Radios de mínimos

Son los radios correspondientes a la condición límite de seguridad contra el deslizamiento y vuelco lateral, para una velocidad directriz y peralte dados.

Lo recomendable es proyectar las curvas con el mayor radio posible. Los radios mínimos, están en función de la velocidad directriz, peralte y relieve del terreno considerando condiciones de clima y tráfico normales; y haciendo el uso de la Norma de diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito y para una velocidad directriz de 30 Km/h corresponde: Radio Mínimo Normal de 30 m y Radio Mínimo Excepcional de 25 m, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 150:
Características de radios mínimos de la carretera Nogalpampa – Cotarma y ramal Inupata – Piscaya.

Descripción	Norma Peruana para Diseño de Carretera (N.P.D.C.)		Norma Técnica de Carreteras de Bajo Volumen de Transito N.T.D.C.NP.B.V.T	
	Según función	Sistema vecinal	Sub clasificación según CBT	T1
Clasificación de la carretera	Según demanda	3ª clase		
Velocidad directriz	30km/h		20 km/h	
Visibilidad de parada	35 m en todo punto del camino		20 m en todo punto de camino	
Visibilidad de paso	110 m en más del 25% de la longitud total		100 m cada cierta distancia	
Radios mínimos	Mínimo normal	30 m	Mínimo 10 m	
	Mínimo excepción	25 m		
Anchos de calzada	Superficie de rodadura	4 m	Superficie de rodadura	3.50 m
	Berma	0.50 m a cada lado	Berma	0.50 m a cada lado

FUENTE: Elaboración propia en base a Norma peruana para el Diseño de carreteras-MTC y Normas Técnicas para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito.

Interpretación

La tabla se construye tomando en cuenta la velocidad directriz en la zona que para el caso de camionetas resultó 30 km/h, para autos y camiones fue de 25 km/h y 20 km/h respectivamente, por otro lado, según el ancho de calzada la superficie de rodadura determinada mediante la tabla 107 se determina de 3.50 a 4.50 metros, según la tabla 108 se determina una distancia de visibilidad de parada de 35 m y visibilidad de paso de 110 m en más de 4.435 km entre los

tramos Nogalpampa – Cotarma y ramal Inupata – Piscaya, por lo que los radios mínimos correspondientes al diseño de la vía será de 30 metros normal y excepcionalmente se aceptará un mínimo de 25 metros.

Pendientes máximas

Tabla 151:
Características de las pendientes en los tramos Nogalpampa – Cotarma y ramal Inupata – Piscaya.

Descripción	Norma Peruana para Diseño de Carretera (N.P.D.C.)		Norma Técnica de Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito N.T.D.C.NP.B.V.T	
Clasificación de la carretera	Según función	Sistema vecinal	Sub clasificación según CBT	T1
Velocidad directriz	Según demanda	3 ^a clase		
Visibilidad de parada	30km/h		20 km/h	
Visibilidad de paso	35 m en todo punto del camino		20 m en todo punto de camino	
	110 m en más del 25% de la longitud total		100 m cada cierta distancia	
Radios mínimos	Mínimo normal	30 m	Mínimo 10 m	
	Mínimo excepción	25 m		
	Máximo normal	6%		
Pendientes	Máximo excepción	12%	Máxima de 12%	
	Mínima	0.50%		
Anchos de calzada	Superficie de rodadura	4 m	Superficie de rodadura	de 3.50 m
	Berma	0.50 m a cada lado	Berma	0.50 m a cada lado
Taludes en corte	Roca suelta	(V:H) – 4:1	Roca suelta	(V:H) – 4:1
	Tierra compacta	(V:H) – 2:1	Tierra compacta	(V:H) – 2:1
	Tierra suelta	(V:H) – 1:1	Tierra suelta	(V:H) – 1:1
Taludes en relleno	Enrocado	(V:H) – 1:1	Enrocado	(V:H) – 1:1
	Terrenos varios	(V:H) – 1:1.5	Terrenos varios	(V:H) – 1:1.5
	Arena	(V:H) – 1:2	Arena	(V:H) – 1:2

FUENTE: Elaboración propia en base a Norma peruana para el Diseño de carreteras-MTC y Normas Técnicas para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Interpretación

La tabla muestra las características de diseño de la carretera en los tramos Nogalpampa – Cotarma y ramal Inupata – Piscaya en cuanto a las pendientes que debe cumplir el diseño en el cual tomando en consideración la velocidad directriz de 30 km/h, visibilidad de parada y de paso de 35 m y 110 m respectivamente, radios mínimos normal y excepcional de 30 m y 25 m respectivamente se plantea

el diseño de la carretera con pendientes máxima normal de 6%, excepcionalmente se aceptará pendientes de hasta 12%.

Adicionalmente se muestran las características de los taludes de corte que para rocas suelta será de 4:1 V:H, para tierra compacta será de 2:1 V:H y para tierra suelta será de 1:1 V:H

Bombeo de la calzada

Es la inclinación transversal de las calzadas; tiene la finalidad de evacuar las aguas pluviales hacia las cunetas o talud de relleno, fundamentalmente para la conservación de la superficie de rodadura.

Tabla 152:
Características de los bombeos de la calzada en los tramos Nogalpampa – Cotarma y ramal Inupata – Piscaya

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación: < 500 mm/año	Precipitación:> 500 mm/año
Pavimento Superior	2,0	2,5
Tratamiento Superficial	2,5 (*)	2,5 – 3,0
Afirmado	3,0 – 3,5 (*)	3,0 – 4,0

(*) En climas definitivamente desérticos se pueden rebajar los bombeos hasta un valor límite de 2%.

FUENTE: Elaboración propia en base a Norma peruana para el Diseño de carreteras-MTC y Normas Técnicas para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Interpretación

Según la tabla se asume un bombeo de 2.5%, para una precipitación mayor a 500 mm/año y para un tipo de superficie con tratamiento superficial, en los tramos en curva el bombeo será sustituido por el peralte.

Derecho de vía

La faja de dominio o derecho de Vía, dentro de la que se encuentra la carretera y sus obras complementarias, se extenderá más allá del borde de los

cortes, del pie de los terraplenes, o del borde más alejado de las obras de drenaje que eventualmente se construyen, según la tabla siguiente.

Tabla 153:
Ancho del derecho de vía para Caminos de Bajo Volumen de Transito.

Descripción	Ancho mínimo absoluto (*)
Carreteras de la red vial nacional	15 m
Carreteras de la red vial departamental o regional	15 m
Carreteras de la res vial vecinal o rural	15 m

(*) 7.50 m a cada lado del eje

FUENTE: Elaboración propia en base a Norma peruana para el Diseño de carreteras-MTC y Normas Técnicas para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito.

Interpretación

En toda la longitud de los tramos de la carretera Nogalpampa – Cotarma y ramal Inupata – Piscaya será de 15 m, a su vez permitirá que en el futuro se realicen ensanches de la vía.

Bermas

A cada lado de la calzada, se proveerán bermas con un ancho mínimo de 0.50 m. Este ancho deberá permanecer libre de todo obstáculo incluyendo señales y guardavías.

En los tramos en tangente las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma, las bermas seguirán la inclinación del pavimento; en los tramos en curva, la berma situada en la parte superior del peralte será en lo posible horizontal o con inclinación igual a la del bombeo en sentido contrario al de la inclinación del peralte de modo que escurra hacia la cuneta y no hacia el pavimento; la berma situada en la parte inferior del peralte seguirá la inclinación de éste.

Peralte

Se denomina peralte a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga.

Tabla 154:
Valores de peralte máximo

Descripción	Peralte Máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Cruce de Áreas Urbanas	6,0 %	4,0 %
Zona rural (Tipo 1, 2 ó 3)*	8,0 %	6,0 %
Zona rural (Tipo 3 ó 4)	12,0 %	8,0 %
Zona rural con peligro de hielo	8,0 %	6,0 %

(*) El tipo corresponde a la clasificación vial según condiciones orográficas.

FUENTE: Elaboración propia en base a Norma peruana para el Diseño de carreteras-MTC y Normas Técnicas para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Interpretación

Con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, que origina peligro de inestabilidad de deslizamiento transversal y de volteo, todas las curvas horizontales deberán ser peraltadas, por tal motivo la plataforma de la carretera deberá inclinarse un cierto ángulo con la horizontal, cumpliendo además la función de evacuar las aguas pluviales hacia las cunetas. El peralte máximo tendrá como valor máximo normal de 8% y como valor excepcional 10%, en casos extremos, se podrá justificar un peralte máximo de hasta 12%.

Transición de peralte.

La determinación de la longitud de transición del peralte se basará en el criterio que considera que las longitudes de transición deben permitir al conductor percibir visualmente la inflexión del trazado que deberá recorrer y, además, permitirle girar el volante con suavidad y seguridad.

Tabla 155:
Longitudes mínimas de transición de bombeo y de transición peralte en función de velocidad directriz y del valor del peralte.

Velocidad directriz (km/h)	Valor del peralte						Transición de bombeo
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
Longitud de transición de peralte (m)*							
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	57	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	32	43	54	65	11
60	12	24	36	48	60	72	12

(*) Longitud de transición basada en la rotación de un carril

FUENTE: Elaboración propia en base a Norma peruana para el Diseño de carreteras-MTC y Normas Técnicas para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Interpretación

Las longitudes mínimas de transición de peralte para una velocidad de 30 km/h y un valor de peralte de 8% y transición de bombeo de 10% se tiene una longitud de transición de peralte de 38 metros.

Sobre ancho

La sección estudiada para una alineación recta es imprescindible aumentarla en curva, exterior e interiormente para conservar la misma capacidad de circulación; exteriormente se utiliza el sobre ancho para mantener el tráfico dentro de la curva e interiormente para asegurar la visibilidad establecida en el camino o carretera.

El sobre ancho afectará sólo a la superficie de rodadura y seguirá la misma inclinación del peralte permaneciendo inalteradas las dimensiones y la inclinación de las bermas, debido a que en el proyecto no se contará con espirales de transición, se incrementará el sobre ancho íntegramente al lado interior de las curvas.

La colocación del sobre ancho será gradual a lo largo de la longitud de transición prevista para el peralte. En las N.P.D.C.-MTC, el cálculo del sobre ancho se ha realizado mediante la fórmula americana de la A.A.S.H.O. propuesta por Voshell:

$$S = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{v}{10 * \sqrt{R}}$$

Donde:

S = Sobre ancho en m.

n = Número de vías de tránsito.

R = Radio de la curva en m.

v = Velocidad directriz en Km/h.

L = Distancia entre ejes del vehículo fijada en 6.10 m.

Los cálculos efectuados para los diferentes radios del proyecto se muestran en las tablas siguientes:

Tabla 156:

Calculo de sobre anchos en el tramo I: Nogalpampa – Cotarma

Progresiva	Long.	Radio (m.)	V (Km/h)	s/a calculado (m.)	s/a adoptado (m.)
1+990.10	6.10	30	30	1.813	2
2+414.85	6.10	30	30	1.813	2
2+878.25	6.10	30	30	1.813	2
3+280.00	6.10	30	30	1.813	2
3+638.75	6.10	30	30	1.813	2
3+972.80	6.10	30	30	1.813	2

Continuación ...

4+305.25	6.10	30	30	1.813	2
4+478.90	6.10	30	30	1.813	2
6+070.10	6.10	30	30	1.813	2
6+470.25	6.10	30	30	1.813	2
6+779.45	6.10	30	30	1.813	2
7+812.40	6.10	30	30	1.813	2
9+278.65	6.10	30	30	1.813	2

FUENTE: Elaboración propia.

Interpretación

En el tramo I: Nogalpampa – Cotarma se plantea un total de 13 curvas en las progresivas 1+990.10, 2+414.85, 2+878.25, 3+280.00, 3+638.75, 3+972.80, 4+305.25, 4+478.90, 6+070.10, 6+470.25, 6+779.45, 7+812.40 y 9+278.65 kilómetros y se plantea realizar los sobre anchos en 2 metros tanto exteriormente a fin de conservar la misma capacidad de circulación e interiormente para asegurar la visibilidad establecida en la carretera.

Tabla 157:

Calculo de sobre anchos en el tramo II: ramal Inupata – Piscaya

Progresiva	Long.	Radio (m.)	V (Km/h)	s/a calculado (m.)	s/a adoptado (m.)
0+742.85	6.10	15	20	1.813	2
1+347.80	6.10	15	20	1.813	2
2+516.65	6.10	15	20	1.813	2
2+932.75	6.10	15	20	1.813	2
3+060.50	6.10	15	20	1.813	2

FUENTE: Elaboración propia.

Interpretación

En el tramo II: ramal Inupata – Piscaya se plantea un total de 5 curvas en las progresivas 0+742.85, 1+347.80, 2+516.65, 2+932.75 y 3+060.50 kilómetros y se plantea realizar los sobre anchos en 2 metros tanto exteriormente a fin de conservar la misma capacidad de circulación e interiormente para asegurar la visibilidad establecida en la carretera.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Hipótesis general

Tiene como propósito verificar la afirmación: “Las características del diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte en la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac tiene relación directa con el inventario de la infraestructura vial, las características topográficas de la vía, el comportamiento del tráfico vehicular, las características geotécnicas de la carretera, el comportamiento hidrológico y de drenaje en la unidad hidrográfica y el presupuesto general de implementar el diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte”.

La prueba se realiza para un nivel de significancia de 95%, para lo cual se plantean las siguientes hipótesis estadísticas:

$$H_0: r = 0$$

$$H_1: r \neq 0$$

Siendo:

r: coeficiente de correlación entre las variables

Y: Características de diseño geométrico

X₁: Inventario de infraestructura vial

X₂: Características topográficas de la vía

X₃: Comportamiento del tráfico vehicular

X₄: Características geotécnicas de la carretera

X₅: Comportamiento hidrológico y de drenaje

X₆: Presupuesto general.

Los resultados del análisis se muestran a continuación

Tabla 158:
Resumen del modelo de regresión

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
Dimensión 0 1	,644 ^a	,414	,293	11,68791

a. Variables predictoras: (Constante), X₆, X₅, X₂, X₄, X₁, X₃

En el cuadro apreciamos la idoneidad global del modelo de regresión múltiple puesto que la variable dependiente se relaciona en un 64.4% con las variables predictoras, así también el valor del coeficiente de determinación $R^2 = 0.414$ significa que casi el 50% de las variaciones en el diseño geométrico están determinadas por las variaciones en el Inventario de infraestructura vial, las características topográficas de la vía, el comportamiento del tráfico vehicular, las características geotécnicas de la carretera, el comportamiento hidrológico y de drenaje y el presupuesto general de la obra.

Tabla 159:
Análisis de varianza

ANOVA ^b					
Modelo	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
1					
Regresión	2800,025	6	466,671	3,416	,011 ^a
Residual	3961,611	29	136,607		
Total	6761,636	35			

a. Variables predictoras: (Constante), X₆, X₅, X₂, X₄, X₁, X₃
b. Variable dependiente: Y

El valor de $F = 3.416$ y su correspondiente valor de la significancia = 0.011 reafirman los resultados encontrados en la correlación por tanto afirmamos que existe relación directa altamente significativa entre el diseño geométrico y las variables independientes: Inventario de infraestructura vial, características topográficas de la vía, comportamiento del tráfico vehicular, características geotécnicas de la carretera, comportamiento hidrológico y de drenaje y el presupuesto general de la obra

Tabla 160:
Coeficientes de regresión

Modelo	Coeficientes ^a				
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
(Constante)	-2,711E15	1,790E16		-,152	,881
X1	,070	,224	,048	,312	,757
X2	,000	,000	-,461	3,022	,005
1 X3	-,213	,402	-,094	-,530	,600
X4	-,002	,001	-,424	2,765	,010
X5	,000	,000	,104	,646	,524
X6	662813816,415	4,375E9	,022	,152	,881

a. Variable dependiente: Y

Del cuadro se aprecia que no existe suficiente evidencia muestral, para afirmar que la constante, X₁: Inventario de infraestructura vial, X₃: Comportamiento del tráfico vehicular, X₅: Comportamiento hidrológico y de drenaje y X₆: Presupuesto general influyan significativamente en el diseño geométrico de la vía ya que los estadísticos (t) y sus correspondientes valores de la significancia son mayores al nivel 0.05.

Por otro lado la muestra proporciona evidencia para afirmar que las variables X₂: Características topográficas de la vía y X₄: Características geotécnicas de la carretera inciden significativamente en el diseño geométrico de

la carretera ya que los estadísticos t y sus correspondientes valores de la significancia son menores que 0.05.

4.3. Discusión

X₁: Inventario de infraestructura vial de obras de arte: constituida principalmente por alcantarillas que son estructuras destinadas a proteger los taludes, conducir agua proveniente de precipitaciones, en una longitud de 12+476 km, se verificó 31 obras de arte cuya longitud promedio es de 5.6 metros lineales, hallazgos que coinciden con la definición establecida en el manual de carreteras, hidrología, hidráulica y drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el que se define como alcantarilla a la estructura cuya luz sea menor a 6.0 m y su función es evacuar el flujo superficial proveniente de cursos naturales o artificiales que interceptan la carretera (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014). En cuanto a su sección, son rectangulares construidos principalmente en concreto – madera, piedra mortero y concreto madera dichas definiciones coinciden plenamente con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) que manifiesta que las alcantarillas pueden ser construidas en concreto, mampostería de piedras y maderas.

En cuanto al ancho de calzada el promedio es de 4.748 metros lineales, siendo la longitud que mayormente se repite de 4.50 metros, los hallazgos coinciden con las recomendaciones realizadas por el Huamán Peláez (2014) quien recomienda un ancho de calzada de 4 a 6.5 metros para mantener los cuerpos de aguas artificiales en condiciones favorables de evacuación.

X₂: Características topográficas de la vía: Los planos elaborados para los estudios preliminares son plano en planta en coordenadas UTM a escala 1/ 2 000, la equidistancia entre curvas de nivel es de 2 m, perfil longitudinal, cuya escala vertical es de 1/200 y la escala horizontal es de 1/2000 y secciones transversales cuya escala es de 1/200, dichas características de los planos son concordantes con los planos realizados por (Solier Cabrera, 2010) quien representa perfiles longitudinales de la trocha carrosable Chiara – Río Chicha a escalas de 1/200: 1/2000 V:H

En cuanto a los perfiles longitudinales, se ha realizado para cada kilómetro colocando estacas cada 20 metros, además se consignan las cotas de terreno y cota rasante, la información de altura de corte, altura de relleno, alineamientos, pendientes y tipo de material se describen en cada plano del perfil longitudinal dichas especificaciones son similares a las especificaciones técnicas estipulados por las NPDC-MTC y el Manual de Diseño de carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito, aprobado mediante la resolución Ministerial N° 303-2008-MTC/02 del 04 de Abril del 2008 y los planos representados por (Solier Cabrera, 2010)

X₃: Comportamiento del tráfico vehicular en la vía: Se determinó el IMD, entre 12 a 15 vehículos por día, valor con el que se plantea el diseño geométrico definitivo de la carretera en dicho tramo, se estudió a su vez la variación horaria, diaria y estacional encontrando un comportamiento similar a la estación de Pampa Galera cuya característica de la zona es parecido. Por otro lado, se encontró una velocidad de diseño entre 20 a 30 km/h según el tipo de vehículo, dichos hallazgos son similares a las recomendaciones establecidas por el (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2013) que recomienda velocidades de 20 km/h para carreteras de tercer orden.

X₄: Características geotécnicas de la carretera: Se practicó un análisis granulométrico por medio del análisis mecánico, segregando la muestra íntegra por una serie de mallas, que definen el tamaño de la partícula. En una muestra de 10 calicatas se encontró suelos de grano grueso (más del 50% es retenido en las malla n° 200), por tanto se clasifican como A – 2 – 4 grava, arena arcillosa o limosa, dichos resultados son concordantes con la Clasificación AASHTO, por su parte según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS, la clasificación de los suelos de los tramos en estudio son de tipo SC, arenas arcillosas y mezcla de arena limo.

La humedad óptima del material de la vía en estudio tiene un promedio entre 10.16% a 12% y la densidad seca máxima alcanzada en promedio es de 1.06 toneladas por m³, el ensayo CBR alcanza un promedio de 20.25% dichos

hallazgos son concordantes con las recomendaciones de (Mantilla, 2001) quien manifiesta que los materiales de cantera deben tener valores CBR entre 20% a 40%

X₅: Comportamiento hidrológico y de drenaje en la unidad hidrográfica: el área de la unidad hidrográfica fue calculado mediante el uso de planímetro en 32.60 km² y 27919.521 metros de perímetro, el procedimiento de cálculo es concordante con (Carrasco Reyes, 1992) y (Chereque Morán, s/a) quienes manifiestan que la delimitación de la cuenca se realiza a partir de los puntos más altos (divisoria de aguas o divortium aquarum) y el área se determina con planímetro, los componentes de estudio de la cuenca fueron la curva hipsométrica, pendiente de la cuenca, pendiente del cauce principal, precipitaciones y caudal máximo con los cuales se han determinado el diseño de las obras de arte (alcantarillas, badenes, cunetas y puente) la metodología de cálculo es concordante con las recomendaciones del (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2008), (Carrasco Reyes, 1992), (Chereque Morán, s/a) y (Villon Béjar, 2010) quienes manifiestan que existe una relación directa entre los parámetros de la cuenca (área, pendiente, pendiente del curso principal, precipitación y caudal de escorrentía) y las obras de drenaje a plantear en un diseño de carreteras.

En el estudio de precipitaciones se han determinado la intensidad, duración y frecuencia a partir de los cuales se ha determinado un caudal máximo de 4.914 m³/s, generado por una intensidad de 38.645 mm en un área de 1.306 km², lo cual sirvió como base para el diseño de alcantarillas, dicha metodología es concordante con (Mejía M., 2000) quien manifiesta “para determinar completamente una precipitación es necesario tres parámetros: su duración, su intensidad y su frecuencia”

X₆: Presupuesto general de implementar el diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte: El presupuesto total del proyecto es de 4'090,525.15 soles que está representado por el costo fijo con la suma de 2'776,420.27 soles conformados por: Obras provisionales, obras preliminares,

movimiento de tierras, pavimentos, alcantarillas, badén, pontón, muro de contención, conformación de cunetas, señalización, mitigación de impacto ambiental, seguridad en obra, diseño de mezclas y briquetas y flete terrestre. El costo variable está representado por 1'314,104.88 soles constituido por: Gastos generales (12.37%), utilidad (5%), Impuesto General a las Ventas - IGV (18%), gastos de supervisión (3%) y gastos de expediente técnico, siendo el costo de 314,655.78 soles por kilómetro, dicho valor es cercano al promedio de 301,150.25 soles por kilómetro obtenido por Rojas Pérez (2014), Silva Tarrillo (2017), Peralta Foronda y Yana Martínez (2017) y Palomino Alca (2015).

Y: Características del diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte: el diseño geométrico de la vía se realizó tomando en cuenta las variables X_1 : Inventario de infraestructura vial, X_2 : Características topográficas de la vía, X_3 : Comportamiento del tráfico vehicular, X_4 : Características geotécnicas de la carretera, X_5 : Comportamiento hidrológico y de drenaje y X_6 : Presupuesto general, se encontró una relación directa y significativa entre las variables en estudio satisfaciendo a su vez con las normas y reglamentos establecidos por el (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2013) como una vía de categoría T0 (carretera de bajo volumen de tránsito) con ancho de calzada ente 3.50 a 4.50 metros, plazoletas de cruce cada 500 metros en promedio, superficie de rodadura afirmado en tierra mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado de 15 cm mínimo en todo el recorrido de los tramos I y II de la carretera.

Para una velocidad directriz entre 20 a 30 km/h se plantea un ancho de calzada entre 3.50 a 4.50 metros, una distancia de visibilidad de parada de 35 metros, distancia de visibilidad de paso de 110 metros, Radio Mínimo Normal de 30 m y Excepcional de 25 m, pendientes máxima normal de 6%, excepcionalmente hasta 12%, bombeo de calzada de 2.5%, para una precipitación mayor a 500 mm, un derecho de vía de 15 m y sobre anchos de 2 metros, cumpliendo satisfactoriamente con las normas establecidas en el (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2013).

CONCLUSIONES

Se ha logrado probar los objetivos e hipótesis planteadas en la investigación y permitirán tener mayores argumentos de la relación existente entre el diseño geométrico de la vía y las variables X_1 : Inventario de infraestructura vial, X_2 : Características topográficas de la vía, X_3 : Comportamiento del tráfico vehicular, X_4 : Características geotécnicas de la carretera, X_5 : Comportamiento hidrológico y de drenaje y X_6 : Presupuesto general, lo cual se traduce en las siguientes conclusiones:

Primera.- Se verificó 31 obras de arte en una longitud de 12+476 km, constituida principalmente por alcantarillas cuya longitud promedio es de 5.6 metros lineales, construidos principalmente en concreto – madera, piedra mortero y concreto madera de sección rectangular. El ancho de calzada promedio es de 4.748 metros lineales, los cuales se encuentran en mal estado de operación.

Segunda.- El levantamiento topográfico permitió la elaboración de planos en planta en coordenadas UTM a escala 1/ 2 000, con curvas de nivel equidistantes cada 2 m, perfil longitudinal a escala vertical 1/200 y horizontal de 1/2000, planos de secciones transversales a escala de 1/200, a su vez que se consigna información cada 20 metros de las cotas de terreno, cota rasante, altura de corte, altura de relleno, alineamientos, pendientes y tipo de material, y permitirá a futuro materializar la ejecución del proyecto.

Tercera.- Se determinó el IMD, entre 12 a 15 vehículos por día y una velocidad de diseño entre 20 a 30 km/h clasificando la vía como una carretera de bajo volumen de tránsito.

Cuarta.- La clasificación de los suelos según la Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transporte – AASHTO es A – 2 – 4 grava, arena arcillosa o limosa, y según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS, son de tipo SC, arenas arcillosas y mezcla de arena limo, con humedad

óptima entre 10.16% a 12% y densidad seca máxima de 1.06 toneladas por m³, el ensayo CBR alcanzó un promedio de 20.25%.

Quinta.- El área de la unidad hidrográfica es de 32.60 km² y 27919.521 metros de perímetro, el caudal máximo es de 4.914 m³/s, generado por una intensidad de 38.645 mm en un área de 1.306 km²

Sexta.- El presupuesto total del proyecto es de 4'090,525.15 soles distribuido en 2'776,420.27 soles el costo fijo y 1'314,104.88 soles el costo variable, el costo por kilómetro es de 314,6555.78 soles.

Sétima.- El diseño geométrico corresponde a una vía de categoría T0 (carretera de bajo volumen de tránsito) con ancho de calzada entre 3.50 a 4.50 metros, plazoletas de cruce cada 500 metros en promedio, superficie de rodadura afirmado en tierra mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado de 15 cm, velocidad directriz entre 20 a 30 km/h, distancia de visibilidad de parada de 35 metros, distancia de visibilidad de paso de 110 metros, Radio Mínimo Normal de 30 m, pendientes máxima normal de 6%, hasta 12%, bombeo de calzada de 2.5% y un derecho de vía de 15 m.

Finalmente, en cumplimiento a la hipótesis general el modelo de regresión múltiple valida la relación existente entre las variables en estudio, demostrando que: casi el 50% de las variaciones en el diseño geométrico están determinadas por las variaciones en el Inventario de infraestructura vial, las características topográficas de la vía, el comportamiento del tráfico vehicular, las características geotécnicas de la carretera, el comportamiento hidrológico y de drenaje y el presupuesto general de la obra, siendo las variables X₂: Características topográficas de la vía y X₄: Características geotécnicas de la carretera los que inciden significativamente en el diseño geométrico de la carretera a un nivel de confianza de 0.05.

RECOMENDACIONES

Se plantea las siguientes recomendaciones:

A las instituciones públicas y privadas se recomienda tomar en consideración los planos, metrados, presupuestos, diseños, etc. A fin de materializar un expediente técnico para la ejecución física financiera del proyecto.

A las universidades e investigadores se recomienda realizar investigaciones de tipo experimental para validar el modelo de relación existente entre el diseño geométrico y las variables de incidencia a partir de los hallazgos en la presente investigación.

A la UTEA, se recomienda difundir los resultados del diseño geométrico de la vía Nogalpampa – Cotarma y ramal Inupata – Piscaya.

BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (20 de Agosto de 2016). Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transporte. Lima, Perú, Perú.
- Aparicio Mijares, F. J. (1987). *Fundamentos de hidrología de superficie*. México: LIMUSA, GRUPO NORIEGA EDITORES.
- ASTM International. (20 de Agosto de 2007). "Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory - Compacted Soils". Lima, Lima, Perú.
- Benavente, K. (12 de Agosto de 2017). *Evaluación actual e inventario de caminos*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/287636725/Capii-Evaluacion-Actual-e-Inventario>
- Bowles, J. E. (1980). *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. Bogotá - Colombia: McGRAW- HILL LATINO AMÉRICA .
- Buzdugan, A. M. (2014). *Técnicas geomáticas aplicadas a la monitorización de fenómenos de inestabilidad de laderas*. Jaén: Universidad de Jaén: Escuela Politecnica Superior de Jaén.
- Camacho Sagástegui, V. J. (16 de Agosto de 2017). *Mejoramiento de la trocha carrozable tramo: San Salvador Cuñish Alto - Cuñish Bajo, 2013*. Obtenido de Universidad Nacional de Cajamarca: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/587>
- Carrasco Reyes, L. V. (1992). *Hidrología básica*. Lima - Perú: A&B S.A.
- Chereque Morán, W. (s/a). *Hidrología para estudiantes de ingeniería civil*. Lima - Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Chuchón Prado, E. (2014). *Hidrología: Análisis de cuencas*. Ayacucho: UNSCH.
- DECRETO SUPREMO N° 058 - 003 - MTC. (15 de Junio de 2003). Obtenido de <http://www.ministerio de transportes y comunicaciones>

- DIMACO. (12 de Junio de 2017). *Ancho de calzada*. (M. Aquino Ortiz, Editor)
Obtenido de ARQHYS: <http://www.arqhys.com/articulos/ancho-calzada.html>
- Gonzalo Jimenez, C. (2007). *Topografía para ingenieros civiles*. Armenia:
Universidad del Quindío.
- Hernandez Sampiere, R. (2006). *Metodología de la investigación*. Mexico: Edit.
McGraw-Hill.
- Huamán Peláez, S. R., & Yataco Saravia, F. D. (2014). *Perfil para el mejoramiento del camino vecinal integrados desde Malingas, Pueblo Libre, Monteverde Bajo, las Salinas hasta Convento del distrito de Tambogrande - Provincia de Piura (Tesis de pregrado)*. Piura: Universidad Ricardo Palma.
- Idrogo Vásquez, F. (16 de Agosto de 2017). *Universidad Nacional de Cajamarca - Repositorio Institucional*. Obtenido de Mejoramiento de la carretera cruce La Libertad - Nuevo Oriente - Masintranca. Tramo II desde Nuevo Oriente hasta Masintranca. Distrito de Chalarmarca. Provincia de Chota. región Cajamarca, 2014: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/602>
- Kerlinger, F. N., & Lee, H. B. (2002). *Investigación del comportamiento: Métodos de investigación en ciencias sociales*. México: McGraw-Hill Interamericana editores.
- Macías Rivera, M. E. (2011). *Diseño de pavimento rígido para la vía Baba - La Estrella, Cantón Baba provincia de Los Ríos*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil - Ecuador.
- Mantilla, F. (2001). *Guía técnica mecánica de suelos*. Ambato - Ecuador:
Universidad Técnica de Ambato.
- Márquez, J. J. (2006). *Mecánica de suelos y estudios geotécnicos en obras de ingeniería*. s/e.

- Mba Lozano, E., & Tabares Gonzáles, R. (2005). *Diagnóstico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en la fase I de la vía acceso al barrio Ciudadela Del Café - Vía La Badea*. Manizales - Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ingeniería y arquitectura.
- Mejía M., J. A. (2000). *Hidrología aplicada*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Mendoza Dueñas, J. (2012). *Topografía, técnicas modernas*. Lima: MSc. Ing. Jorge Medoza Dueñas.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2008). *Manual de carreteras hidrología, hidráulica y drenaje*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2013). *Manual de carreteras, diseño geométrico DG - 2013*. Lima: Viceministerio de transportes, Dirección general de caminos y ferrocarriles.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras Hidrología, hidráulica y drenajes*. Lima: Viceministro de Transportes: Dirección Nacional de Caminos y Ferrocarriles.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2016). *Manual de ensayo de materiales: Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor modificado)*. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- MTC E 110 - 2000. (20 de Agosto de 2000). Manual de ensayo de materiales (EM 2000). Lima, Lima, Perú. Obtenido de Determinación del límite líquido de los suelos.
- MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE POMACOCHA. (2015). *Construcción y mejoramiento del camino vecinal Pomacocha Soras, tramo Ppomacocha*

Rio Chicha, distrito de Pomacocha, provincia de Andahuaylas - Apurímac.
Andahuaylas, Apurímac: s/e.

Nuñez Porras, L., & Ubillus Limo, J. M. (2011). *Mantenimiento periódico de la carretera EMP. PE-1N (Piura) Santa Ana - Tambogrande, tramo: Piura - La Obrilla.* Piura: PRO VIAS NACIONAL, Región Piura.

Nuñez Huamán, X. E. (2015). *Análisis de la estabilización del material de cantera Km 02 + 700 de la ruta CU-123 San Jerónimo Mayubamba, con la adición de estabilizante iónico (Tesis pregrado).* Cusco: UAC - TESIS.

Palomino Alca, V. C. (2015). *Mejoramiento de la trocha carrozable Pillpintopampa - Totorá, en el distrito de Cotaruse, Provincia de Aymaraes - Apurímac.* Cotaruse, Aymaraes - Apurímac: s/e.

Peralta Foronda, R., & Yana Martínez, J. C. (16 de Agosto de 2017). *Estudio geológico, geodinámico y geotécnico para el mejoramiento del tramo carretero Huarocondo Pomatale - Pachar.* Obtenido de Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco: <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/2376>

Pérez Tusa, O. R. (2015). *Las condiciones de la vía La Libertad - San Jorge, del Cantón Patate, provincia de Tungurahua y su influencia en la calidad de vida de los habitantes del sector (Tesis pregrado).* Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

Rojas Pérez, E. D. (16 de Agosto de 2014). *Rehabilitación y mejoramiento de la carretera - Chungur Ninabamba, Tramo II desde el Tingo hasta Nanabamba.* Obtenido de Universidad Nacional de Cajamarca - Repositorio Institucional: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/466>

SCRIBD. (17 de Agosto de 2017). *Orientación de fotografías aéreas .* Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/26860810/Orientacion-de-Fotografias-Aereas-y-Lineas-de-Vuelo-Semejantes>

- Silva Tarrillo, J. L. (16 de Agosto de 2017). *Mejoramiento de la carretera cruce la Libertad- Nuevo Oriente- Masintranca, tramo 1 desde cruce la libertad hasta nuevo oriente, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca*. Obtenido de Universidad Nacional de Cajamarca - Repositorio Institucional: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/472>
- Silvera Ludeña, R. (2012). *Metodología para identificar, formular y dimensionar proyectos de carreteras a nivel departamental, 2012 (Tesis de posgrado)* . Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Solier Cabrera, E. (2010). *Construcción de Trocha Carrozable Chiara – Río Chicha-Conexión Chilcayocc-Sucre; del Distrito de Chiara, Provincia de Andahuaylas, Región Apurímac*. Andahuaylas, Apurímac: s/e.
- SUCS. (20 de Agosto de 2017). Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Lima, Lima, Perú.
- Tim Brzezinski, A. C. (19 de Agosto de 2017). *Concepto de pendiente*. Obtenido de Geogebra: <https://www.geogebra.org/m/wmGn9JAW>
- Villa Gallegos, R. (2015). *Ampliación de un tramo carretero en el estado de Querétaro*. Querétaro: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Villon Béjar, M. (2010). *Hidrología*. Costa Rica.
- Zapata Ocampo, O. D. (2003). *Fundamentos de fotogrametría para imágenes de contacto y digitales*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas.
- Zegarra Russo, J. (s/a). *Costos y presupuestos en edificación*. Lima - Perú: CAPECO.

ANEXOS

Matriz de consistencia

Base de datos

Prueba de laboratorio

Planos

Presupuesto

Programación de obras

Evaluación de impacto ambiental

Ingeniería de seguridad

Panel fotográfico

Anexo 1: Matriz de consistencia

TITULO: "MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DEL CAMINO VECINAL TRAMO NOGALPAMPA-COTARMA-PISCAYA, DISTRITO DE PICHIRHUA, PROVINCIA ABANCAY, REGION APURIMAC"

Planteamiento del problema	Hipótesis	Objetivos	Variables	Indicadores	Ítems	Método
<p>Problema General</p> <p>¿Cuáles son las características técnicas, topográficas, geotécnicas e hidrológicas necesarias para el mejoramiento y rehabilitación del camino vecinal tramo Nogalpampa-Cotarma-Piscaya, distrito Pichirhua, provincia Abancay, departamento de Apurímac?</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>Las características del diseño geométrico definitivo permite el mejoramiento y rehabilitación de la carretera y obras de arte en la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac a su vez tiene relación directa con el inventario de la infraestructura vial, las características topográficas de la vía, el comportamiento del tráfico vehicular, las características geotécnicas de la carretera, el comportamiento hidrológico y de drenaje en la unidad hidrográfica y el presupuesto general de implementar el diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte.</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Describir las características técnicas, topográficas, geotécnicas e hidrológicas necesarias con fines de realizar el diseño geométrico definitivo que permite el mejoramiento y rehabilitación del camino vecinal tramo Nogalpampa-Cotarma-Piscaya, distrito Pichirhua, provincia Abancay, departamento de Apurímac.</p>	<p>Variables Independientes</p> <p>X₁: Inventario de infraestructura vial</p> <p>X₂: Características topográficas de la vía</p> <p>X₃: Comportamiento del tráfico vehicular</p> <p>X₄: Características geotécnicas de la carretera</p> <p>X₅: Comportamiento hidrológico y de drenaje</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de obras de arte • Longitud • Sección típica y material de construcción • Ancho de calzada • Estado de conservación • Trazo de poligonal • Perfiles longitudinales • Sección transversales • Pendientes • Alineamientos • Índice medio diario • Variación horaria • Variación diaria • Variación estacional • Velocidad de diseño • Carga máxima de diseño • Granulometría • Límites de consistencia • Compactación (Proctor modificado) • Peso específico • Estudio de canteras • Área de la unidad hidrográfica • Curva hipsométrica • Pendiente media de la cuenca • Pendiente del cauce principal • Precipitaciones • Caudal máximo • Diseño de obras de arte • Alcantarillas 	<p>Nominal</p> <p>Km</p> <p>Km</p> <p>M</p> <p>Nominal</p> <p>Km</p> <p>Km</p> <p>Km</p> <p>m/m</p> <p>Km</p> <p>Vehículos/día</p> <p>Vehículos/hora</p> <p>Vehículos/día</p> <p>Tipo de vehículos/estación</p> <p>m/s</p> <p>Tn/m</p> <p>%</p> <p>%</p> <p>%</p> <p>Toneladas/m³</p> <p>Global</p> <p>Km²</p> <p>y=f(x); y = área, x = altitud</p> <p>m/m</p> <p>m/m</p> <p>mm/año</p> <p>m³/s</p> <p>Unidades m, m², m³</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>Descriptiva, transversal, cuantitativa y básica</p> <p>Línea de Investigación</p> <p>Transportes y Materiales de Construcción.</p> <p>Diseño de investigación</p> <p>Corresponde a un diseño no experimental en el que los fenómenos en estudio son observados tal como se dan en el contexto natural para después analizarlos (Kerlinger y Lee, 2002), el diseño de investigación fue transeccional descriptivo en el que se recolectan datos y se describe las categorías, conceptos y características</p> <p>Población:</p> <p>Constituido por la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya, de acuerdo al D.S. N° 011-2016-MTC, que es un camino vecinal asignada para el tramo: Nogalpampa – Cotarma con el código AP-654, con Trayectoria: Emp. AP-653 - Cotarma y para el tramo: Ramal inupata – Piscaya con el código AP-655 con trayectoria: Emp. AP-654 - Piscaya, ubicada en la Carretera Nazca – Chalhuanca – Abancay – Cusco (Ruta nacional N° 026. La carretera tiene un total de 17+739 Km. Y su codificación de acuerdo al MTC en el diagrama vial es AP-654, AP-655.</p>

			X6: Presupuesto general.	<ul style="list-style-type: none"> •Badenes •Cunetas •Puente •Metrado •Costo directo •Costo indirecto •Costo total 	S/. S/. S/. S/.	<p>Muestra: Constituida por dos tramos bien definidos: Tramo 1: Nogalpampa (km 0+000) – Cotarma (Km 12+476) con obras de arte y drenaje deterioradas, especialmente cunetas laterales y alcantarillas colmatadas y obstruidas, plataforma deteriorada. Tramo 2: Ramal Inupata (km 0+00) – Piscaya (km 5+263), sin tratamiento superficial, sin obras de drenaje: como cunetas, alcantarillas y badenes, con presencia de anegamientos e insuficiente sección transversal (vía menor a 3.0 m).</p> <p>Muestreo: Fue no probabilístico mediante el método intencional o de conveniencia ya que se ha realizado un esfuerzo deliberado de obtener calicatas "representativas" de las vías que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya,</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>¿Cuál es el inventario de la infraestructura vial para el mejoramiento y rehabilitación de la carretera que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac?</p> <p>¿Cómo son las características topográficas que permite el mejoramiento y rehabilitación de la vía en los tramos Nogalpampa – Cotarma y ramal Iñupata – Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac?</p> <p>¿Cómo es el comportamiento del tráfico vehicular para el mejoramiento y rehabilitación de la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac?</p> <p>¿Cómo son las características geotécnicas que permiten el mejoramiento y rehabilitación de la carretera que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac?</p> <p>¿Cómo es el comportamiento hidrológico y de drenaje en la unidad hidrográfica del ámbito de influencia que permite el mejoramiento y rehabilitación de la vía que une las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac?</p> <p>¿Cuál es el presupuesto general de implementar el diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte para el mejoramiento y rehabilitación de la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac?</p> <p>¿Cuáles son las características del diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte para el mejoramiento y rehabilitación de la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac?</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>No cuenta porque es un estudio descriptivo</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>Realizar el inventario de la infraestructura vial para el mejoramiento y rehabilitación de la carretera que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac.</p> <p>Describir las características topográficas para el mejoramiento y rehabilitación de la vía en los tramos Nogalpampa – Cotarma y ramal Iñupata – Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac.</p> <p>Determinar el comportamiento del tráfico vehicular para el mejoramiento y rehabilitación de la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac.</p> <p>Describir las características geotécnicas para el mejoramiento y rehabilitación de la carretera que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac.</p> <p>Describir el comportamiento hidrológico y de drenaje en la unidad hidrográfica del ámbito de influencia para el mejoramiento y rehabilitación de la vía que une las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac.</p> <p>Determinar el presupuesto general de implementar el diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte para el mejoramiento y rehabilitación de la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac.</p> <p>Describir las características del diseño geométrico definitivo de la carretera y obras de arte para el mejoramiento y rehabilitación de la vía que une a las comunidades de Cotarma y Piscaya del distrito de Pichirhua departamento de Apurímac.</p>	<p>Variable Dependiente</p> <p>Y1: Características del Diseño Geométrico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie rodadura de M • Distancia de visibilidad de M • Radios mínimos M • Pendientes máximas % • Bombeo de la calzada % • Derecho de vía m • Bermas m • Peralte % • Sobre ancho m 		