

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ÁREA DE INVESTIGACIÓN: TRANSPORTES



TESIS:

**“Simulación del comportamiento vehicular
en curvas circulares y clotoides con
Programa BIM aplicado al diseño
geométrico de la Vía de Interconexión PE
28A - PE 3S”**

ELABORADO POR:

Jhónatan E. León Yance

AYACUCHO - PERÚ

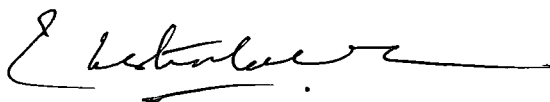
2015

CIV 440
LEO
81

"SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES Y CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A – PE 3S".

RECOMENDADO : 11 DE SETIEMBRE DEL 2015

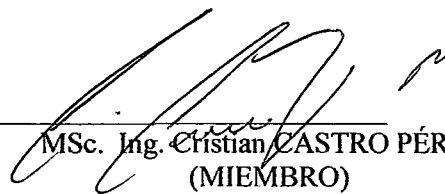
APROBADO : 06 DE OCTUBRE DEL 2015



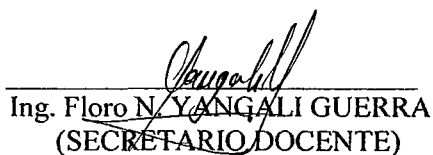
MSc. Ing. Ernesto ESTRADA CÁRDENAS
(PRESIDENTE)



Ing. Moisés N. BARBARAN ORIUNDO
(MIEMBRO)

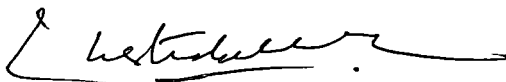


MSc. Ing. Cristian CASTRO PÉREZ
(MIEMBRO)

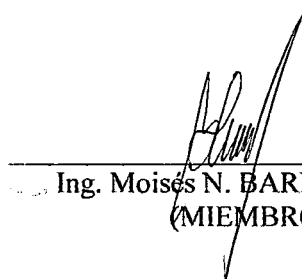


Ing. Floro N. YANGALI GUERRA
(SECRETARIO DOCENTE)

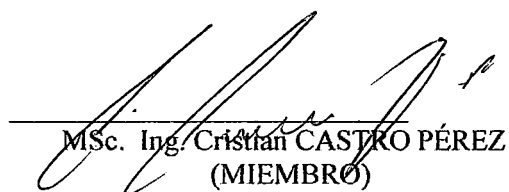
Según el acuerdo constatado en el Acta, levantado el 06 de octubre del 2015, en la Sustentación de Tesis presentado por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil Sr. **Jhónatan Edgar LEÓN YANCE**, con la Tesis Titulado “SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES Y CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A – PE 3S”, fue calificada con la nota de DIECISÉIS (16) por lo que se da la respectiva APROBACIÓN.



MSc. Ing. Ernesto ESTRADA CÁRDENAS
(PRESIDENTE)



Ing. Moisés N. BARBARAN ORIUNDO
(MIEMBRO)



MSc. Ing. Cristian CASTRO PÉREZ
(MIEMBRO)



Ing. Floro N. YANGALI GUERRA
(SECRETARIO DOCENTE)

Dedicatoria

A Dios, por darme siempre una oportunidad de vivir y cumplir con todas mis metas. A mi padre y madre quienes son el aliento de todos mis amaneceres. Y a mis hermanas, con todo mi amor.

Agradecimientos

A. Agradezco a nuestra Alma Mater la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en especial a la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil y a los docentes que a lo largo de cinco años me impartieron sus conocimientos y experiencias.

B. También agradezco a todas las personas que han compartido esperanzas y desvelos, de alguna forma en el se recogen el fruto de sus esfuerzos.

C. Asimismo desco expresar mi mayor agradecimiento y admiración al Ing. Cristian Castro Pérez por la atención, ayuda, dirección y una motivación a la investigación en la Ingeniería de Transportes.

Jhónatan E. León Yance

UNSCH

Ayacucho, Octubre del 2015

Jhónatan Yance

Resumen

Cuántas veces al manejar o ser pasajero de un vehículo tenemos que sentir una incómoda y peligrosa sacudida al ingresar a una curva circular, esto se debe al paso de un radio infinito que posee una recta a un radio determinado o pequeño de una curva circular. Entonces para poder evitar estos cambios bruscos al entrar a una curva circular, la solución es introducir una curva de transición (clotoide) entre la recta y la circunferencia; esto sería genial ya que en esa transición, el radio de curvatura r va disminuyendo suavemente desde el infinito de la recta hasta el radio R de la circunferencia. Todo lo mencionado anteriormente será posible observarlo en cuatro dimensiones gracias a programas BIM como es el AutoCAD Civil 3D y Autodesk 3D Max Desing. El punto de estudio de esta investigación es la vía de interconexión PE 28A - PE 3S, así también se disminuirá el congestionamiento de vehículos de carga pesada y liviana en el transporte urbano de la Ciudad de Ayacucho.

PALABRAS CLAVES:

Curva Circular; Clotoides; Programas BIM; Congestionamiento Vehicular.

Summary

How many times while driving or being a passenger in a vehicle have to feel uncomfortable and dangerous shock when entering a circular curve, this is due to the passage of an infinite radius having a straight to a specific or small radius of a circular curve. So to avoid these sudden when entering a circular curve changes, the solution is to introduce a transition curve (spiral) between the line and the circle; this would be great because in that transition, the radius of curvature r decreases smoothly from the infinite straight to the radius R of the circle. All of the above is possible to observe in four dimensions thanks to BIM programs such as AutoCAD Civil 3D and Autodesk 3D Max Design. The point of this research is the way interconnection 28A PE - PE 3S and congestion heavy and light vehicles in urban transport cargo City Ayacucho will also decrease.

KEY WORDS:

Circular Curve; Spirals; BIM Programs; Traffic Congestion.

Índice

Portada	I
Epígrafe	I
Agradecimientos	II
Resumen	III
Índice General	IV
Índice de Figuras	XI
Índice de Cuadros	XV
Lista de Siglas y Símbolos	XVIII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Motivación de la Investigación	5
1.3. Planteamiento del Problema	6
1.3.1. Planteamiento del Problema Principal	6
1.3.2. Planteamiento del Problema Secundario	6
1.4. Justificación e Importancia	7
1.5. Objetivos	7
1.5.1. Objetivo Principal	7
1.5.2. Objetivos Secundarios	7
1.6. Hipótesis	8
1.6.1. Hipótesis Principal	8
1.6.2. Hipótesis Secundario	8
1.7. Variables e Indicadores	8

1.7.1. Variable Independiente	8
1.7.2. Variable Dependiente	8
1.8. Metodología de Investigación	9
1.8.1. Tipo	9
1.8.2. Nivel	9
1.8.3. Diseño	9
1.8.4. Técnicas e Instrumentos	9
2. ESTADO DEL ARTE	11
2.1. Clasificación de las Carreteras	11
2.1.1. Clasificación por Demanda	11
2.1.1.1. Autopistas de Primera Clase	11
2.1.1.2. Autopistas de Segunda Clase	11
2.1.1.3. Carreteras de Primera Clase	12
2.1.1.4. Carreteras de Segunda Clase	12
2.1.1.5. Carreteras de Tercera Clase	12
2.1.1.6. Trochas Carrozables	12
2.1.2. Clasificación por Orografía	13
2.1.2.1. Terreno Plano (tipo 1)	13
2.1.2.2. Terreno Ondulado (tipo 2)	13
2.1.2.3. Terreno Accidentado (tipo 3)	13
2.1.2.4. Terreno Escarpado (tipo 4)	13
2.2. Criterios y Controles Básicos para el Diseño Geométrico	13
2.2.1. Estudios Preliminares para Efectuar el Diseño Geométrico	13
2.2.1.1. Información General	13
2.2.1.2. Niveles de Estudios Preliminares	14
2.2.1.3. Criterios Básicos	14
2.2.1.4. Clasificación General de los Proyectos Viales	14
2.2.1.5. Ingeniería Básica	15
2.2.2. Vehículos de diseño	19
2.2.2.1. Características Generales	19
2.2.2.2. Vehículos Ligeros	20
2.2.2.3. Vehículos Pesados	21
2.2.3. Características del Tránsito	22
2.2.3.1. Índice Medio Diario Anual (IMDA)	22
2.2.3.2. Volumen Horario de Diseño (VHD)	22

2.2.3.3.	Crecimiento del Tránsito	23
2.2.4.	Velocidad de Diseño	23
2.2.4.1.	Definición	23
2.2.4.2.	Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo	24
2.2.4.3.	Velocidad Específica de los Elementos que Integran el Trazado en Plan- ta y Perfil	25
2.2.4.4.	Velocidad de Marcha	25
2.2.4.5.	Velocidad de Operación	26
2.2.5.	Distancia de Visibilidad	27
2.2.5.1.	Definición	27
2.2.5.2.	Distancia de Visibilidad de Parada	27
2.2.5.3.	Distancia de Visibilidad de Paso o Adelantamiento	28
2.3.	Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Sección Transversal	33
2.3.1.	Generalidades	33
2.3.2.	Diseño Geométrico en Planta	34
2.3.2.1.	Generalidades	34
2.3.2.2.	Consideraciones de Diseño	34
2.3.2.3.	Tramos en Tangente	36
2.3.2.4.	Curvas Circulares	37
2.3.2.5.	Curvas Compuestas	38
2.3.2.6.	Curvas de Vuelta	41
2.3.2.7.	Transición de Peralte	43
2.3.2.8.	Sobreancho	44
2.3.3.	Diseño Geométrico en Perfil	47
2.3.3.1.	Generalidades	47
2.3.3.2.	Consideraciones de Diseño	47
2.3.3.3.	Pendiente	47
2.3.3.4.	Curvas Verticales	50
2.3.4.	Diseño Geométrico de la Sección Transversal	59
2.3.4.1.	Generalidades	59
2.3.4.2.	Elementos de la Sección Transversal	59
2.3.4.3.	Calzada o Superficie de Rodadura	59
2.3.4.4.	Bermas	62
2.3.4.5.	Bombeo	64
2.3.4.6.	Peralte	65

2.3.4.7.	Derecho de Vía o Faja de Dominio	68
2.3.4.8.	Separadores	69
2.3.4.9.	Gálibo	69
2.3.4.10.	Taludes	69
2.3.4.11.	Cunetas	70
2.3.4.12.	Secciones transversales particulares	72
2.4.	Coordinación del Trazo en Planta y Perfil, y Consistencia del Diseño Geométrico	74
2.4.1.	Coordinación del Trazo en Planta y Perfil	74
2.4.1.1.	Generalidades	74
2.4.1.2.	Criterios Generales de Diseño	75
2.4.1.3.	Casos de Coordinación del Trazo en Planta y Perfil	75
2.4.2.	Consistencia del Diseño Geométrico	78
2.4.2.1.	Generalidades	78
2.4.2.2.	Interacción del Diseño en Planta, Perfil y Sección Transversal	79
3.	MODELAMIENTO EN BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)	83
3.1.	Origen del BIM	83
3.2.	Definición del BIM	84
3.2.1.	¿Para qué sirve BIM?	85
3.2.1.1.	Visualización 3D	85
3.2.1.2.	Gestión de Cambios	85
3.2.1.3.	Simulación del Edificio	85
3.2.1.4.	Gestión de Datos	85
3.2.2.	¿Porqué debería cambiar de CAD a BIM?	86
3.3.	Filosofía del BIM	86
3.4.	Requisitos del BIM	87
3.5.	BIM Aplicado a la Ingeniería y Arquitectura	89
3.6.	BIM Aplicado al Diseño Geométrico de Carreteras	91
4.	CURVAS CLOTOIDES	92
4.1.	Curvas de Transición	92
4.1.1.	Ventajas de las Curvas de Transición	94
4.2.	La Clotoide	95
4.2.1.	Uso de la Clotoide	96
4.3.	Elementos de la Clotoide	97
4.4.	Posibilidades de la Aplicación de la Clotoide	100

4.5. Curvas de Transición en Relación a la Velocidad de Diseño	102
4.6. Curvas de Transición en Relación con el Peralte	103
4.7. Longitudes Mínimas de la Espiral de Transición Recomendadas	105
4.7.1. Determinación del Parámetro para una Curva de Transición	105
4.8. Enlaces con Clotoides	107
4.8.1. Curva Espiral-Circular-Espiral	107
4.8.1.1. Elementos	107
4.8.1.2. Cálculo	108
4.8.1.3. Localización	112
4.8.2. Curva Espiral-Espiral	113
4.8.2.1. Elementos	114
4.8.2.2. Cálculo	115
4.8.2.3. Localización	116
4.9. Parámetros de la Clotoide	117
4.9.1. Determinación del Parámetro para una Curva de Transición	117
4.9.2. Parámetros Mínimos y Deseables	118
4.9.3. Radios que Permiten Prescindir de la Curva de Transición	119
4.10. Formulación del Modelo	119
4.11. Solución del Modelo	119
5. DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS CON CURVAS CIRCULARES Y CLO-	
 TOIDES	121
5.1. Características de la Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S	121
5.1.1. Clasificación por Demanda	121
5.1.2. Clasificación por Orografía	123
5.2. Descripción del Equipo	124
5.3. Trabajo de Campo	125
5.4. Software	132
5.5. Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Sección Transversal	133
5.5.1. Diseño Geométrico en Planta	133
5.5.1.1. En Curvas Circulares	133
5.5.1.2. En Curvas Clotoides	140
5.5.2. Diseño Geométrico en Perfil	147
5.5.2.1. En Curvas Circulares	147
5.5.2.2. En Curvas Clotoides	149
5.5.3. Diseño Geométrico de la Sección Transversal	150

5.5.3.1. En Curvas Circulares y Clotoides	150
5.6. Coordinación del Trazo en Planta y Perfil	161
5.6.1. En Curvas Circulares y Clotoides	161
5.7. Simulación del Comportamiento Vehicular	166
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	170
6.1. Resultados del Análisis	170
6.1.1. En Curvas Circulares	170
6.1.2. En Curvas Clotoides	176
6.2. Análisis Comparativo Técnico - Económico	183
6.2.1. Análisis Comparativo Técnico	183
6.2.2. Análisis Comparativo Económico	189
6.3. Conclusiones y Recomendaciones	189
6.3.1. Conclusiones	189
6.3.2. Recomendaciones	191
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	193
I MOVIMIENTO DE TIERRAS: CURVAS CIRCULARES	194
II MOVIMIENTO DE TIERRAS: CURVAS CLOTOIDES	195
III PLANO ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN: CURVAS CIRCULARES Y CLOTOIDES	196
IV PLANO CLAVE: CURVAS CIRCULARES	197
V PLANOS EN PLANTA Y PERFIL: CURVAS CIRCULARES	198
VI PLANO DE SECCIONES TRANSVERSALES: CURVAS CIRCULARES	199

LARES	199
VII PLANO CLAVE: CURVAS CLOTOIDES	200
VIII PLANOS EN PLANTA Y PERFIL: CURVAS CLOTOIDES	201
IX PLANO DE SECCIONES TRANSVERSALES: CURVAS CLOTOIDES	202

Lista de Figuras

1.1. Número de accidentes - Fuente[1]	3
1.2. Accidentes por hora del día - Fuente[1]	3
1.3. Tipología del accidente - Fuente[1]	4
1.4. Siniestro según kilometraje - Fuente[1]	4
2.1. Medidas de un Vehículo Ligero - Fuente[2]	21
2.2. Medidas de un Vehículo Pesado - Fuente[2]	21
2.3. Distancia de Visibilidad de Adelantamiento - Fuente[2]	30
2.4. Simbología de la Curva Circular - Fuente[2]	38
2.5. Configuraciones Recomendables de Curvas Compuestas - Fuente[2]	40
2.6. Curvas de Vuelta - Fuente[2]	42
2.7. Valores de sobreancho en función a “L” del tipo de vehículo de diseño - Fuente[2]	46
2.8. Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas - Fuente[2]	51
2.9. Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas - Fuente[2]	51
2.10. Elementos de la curva vertical simétrica - Fuente[2]	52
2.11. Elementos de la curva vertical asimétrica - Fuente[2]	53
2.12. Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada - Fuente[2]	56
2.13. Longitud mínima de curvas verticales convexas con distancias de visibilidad de paso - Fuente[2]	57
2.14. Longitudes mínimas de curvas verticales cóncavas - Fuente[2]	58
2.15. Sección transversal tipo a media ladera para una autopista en tangente - Fuente[2]	60
2.16. Sección transversal típica a media ladera vía de dos carriles en curva - Fuente[2]	60
2.17. Inclinação transversal de bermas - Fuente[2]	64
2.18. Casos de bombeo - Fuente[2]	65
2.19. Sección transversal típica en tangente - Fuente[2]	70
2.20. Combinaciones en planta y perfil, y su perspectiva - Fuente[2]	74

2.21. Relación entre los elementos de diseño y puntos de inflexión en planta y perfil - Fuente[2]	76
2.22. Coordinación del trazo en planta y perfil en estructuras - Fuente[2]	77
2.23. Rectas largas + curvas cortas - Fuente[3]	77
2.24. Rectas cortas + curvas largas - Fuente[3]	78
2.25. Uso recomendable de curvas verticales cóncavas - Fuente[2]	80
2.26. Curva vertical convexa de mayor longitud que las cóncavas - Fuente[2]	80
2.27. Curvas verticales cóncavas de mayor longitud que la convexa - Fuente[2]	80
2.28. Condiciones forzadas de ubicación de puentes - Fuente[2]	81
2.29. Efectos ópticos por la aparente reducción del ancho de calzada - Fuente[2]	81
2.30. Curvas verticales sucesivas - Fuente[2]	82
4.1. Enlace con clotoide entre alineaciones rectas y curvas - Fuente[4]	92
4.2. Fuerza centrífuga en trazo circular - Fuente[4]	93
4.3. Fuerza centrífuga en trazos con clotoides - Fuente[4]	94
4.4. Efectos de la curva de transición sobre la circular - Fuente[5]	95
4.5. Clotoide o Espiral de Euler - Fuente[5]	96
4.6. Parámetro de la clotoide - Fuente[4]	98
4.7. Términos y símbolos de la clotoide - Fuente[4]	99
4.8. Curva de transición - Fuente[4]	101
4.9. Clotoide de vértice - Fuente[4]	101
4.10. Curva de inflexión - Fuente[4]	101
4.11. Ovoide - Fuente[4]	101
4.12. Serie de clotoides - Fuente[4]	102
4.13. Esquema tridimensional de la transición del peralte - Fuente[6]	104
4.14. Elementos de la curva espiral-circular-espiral - Fuente[5]	107
4.15. Elementos de la curva espiral - Fuente[5]	109
4.16. Elementos de la curva espiral-espiral - Fuente[5]	114
5.1. Mapa Vial Ayacucho - Apurímac - Fuente[2]	122
5.2. GPSMAP 62s	124
5.3. Estación Total Topcon ES-105	125
5.4. Prismas y Bastones Topográficos	125
5.5. Punto de Inicio de la Vía PE 28A - Fuente. Elaboración Propia	126
5.6. Levantamiento Topográfico - Fuente. Elaboración Propia	126
5.7. Trocha de Acceso a la Comunidad de Pacuri (Existente en la Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S) - Fuente. Elaboración Propia	127

5.8. Comunidad de Pacuri - Fuente. Elaboración Propia	127
5.9. Trocha de Acceso a la Comunidad de Accoera (Existente en la Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S) - Fuente. Elaboración Propia	128
5.10. Comunidad de Accoera - Fuente. Elaboración Propia	128
5.11. Puente a Proyectar - Fuente. Elaboración Propia	129
5.12. Alcantarilla a Proyectar - Fuente. Elaboración Propia	129
5.13. Vista Panorámica Quicapata - Fuente. Elaboración Propia	130
5.14. Vista Panorámica Quebrada - Ayacucho - Fuente. Elaboración Propia	130
5.15. Repartición Accoera - Quicapata - Fuente. Elaboración Propia	131
5.16. Terreno Destinado Para Terminal Terrestre de Carga (Quicapata) - Fuente. Elaboración Propia	131
5.17. Final del Tramo de Empalme a la Vía PE 3S - Fuente. Elaboración Propia	132
5.18. Distancia de visibilidad de parada - Fuente[2]	149
5.19. Sección transversal típica de plataforma - Fuente[3]	151
5.20. Inclinación transversal de bermas - Fuente[2]	154
5.21. Sección transversal típica en tangente - Fuente[2]	155
5.22. Sección transversal (en corte) en tangente con banquetas - Fuente. Elaboración Propia .	157
5.23. Sección transversal (en corte) en tangente con muro de contención y banquetas - Fuente. Elaboración Propia	157
5.24. Sección transversal (en corte) en curva con banquetas - Fuente. Elaboración Propia . . .	158
5.25. Sección transversal (en corte) en curva con banquetas en ambos lados - Fuente. Elabo- ración Propia	158
5.26. Sección transversal (en corte y relleno) en tangente sin banquetas - Fuente. Elaboración Propia	158
5.27. Sección transversal de un puente en curva - Fuente. Elaboración Propia	159
5.28. Sección transversal de un puente en tagente - Fuente. Elaboración Propia	159
5.29. Relación entre los elementos de diseño y puntos de inflexión en planta y perfil - Fuente[2]	162
5.30. Coordinación del trazo en planta y perfil en estructuras - Fuente[2]	163
5.31. Rectas largas + curvas cortas - Fuente[3]	163
5.32. Rectas cortas + curvas largas - Fuente[3]	164
5.33. Opción para exportar del AutoCAD Civil 3D al Autodesk 3D Max Design - Fuente. Elaboración Propia	167
5.34. Programa Autodesk 3D Max Design - Fuente. Elaboración Propia	167
5.35. Simulación en curvas circulares - Fuente. Elaboración Propia (Autodesk 3D Max Design)	168
5.36. Simulación en curvas clotoides - Fuente. Elaboración Propia (Autodesk 3D Max Design)	168

6.1. Medición del carril de la vía PE 28A (Lima - Ayacucho) - Fuente. Elaboración Propia .	185
6.2. Medición de berma de la vía PE 28A (Lima - Ayacucho) - Fuente. Elaboración Propia .	186
6.3. Medición de cuneta de la vía PE 28A (Lima - Ayacucho) - Fuente. Elaboración Propia .	186
6.4. Medición del carril de la vía PE 3S (Ayacucho - Cuzco) - Fuente. Elaboración Propia .	187
6.5. Medición de berma de la vía PE 3S (Ayacucho - Cuzco) - Fuente. Elaboración Propia .	188
6.6. Medición de cuneta de la vía PE 3S (Ayacucho - Cuzco) - Fuente. Elaboración Propia .	188

Lista de Tablas

2.1. Rangos de la Velocidad de Diseño en Función a la Clasificación de la Carretera por Demanda y Orografía - Fuente[2]	24
2.2. Velocidades de Marcha Teóricas en Función de la Velocidad de Diseño (km) - Fuente[2] .	26
2.3. Valores de Velocidades Máximas de Operación - Fuente[2]	27
2.4. Distancia de Visibilidad de Parada (metros) - Fuente[2]	29
2.5. Elementos que conforman la distancia de adelantamiento y ejemplos de cálculo - Fuente[2]	31
2.6. Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos - Fuente[2]	32
2.7. Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada para adelantar - Fuente[2]	33
2.8. La Longitud Mínima de Curva (L) - Fuente[2]	35
2.9. Longitudes de Tramos en Tangente - Fuente[2]	36
2.10. Radios Mínimos y Peraltes Máximos para Diseño de Carreteras - Fuente[2]	39
2.11. Radio exterior mínimo correspondiente a un radio interior adoptado - Fuente[2]	43
2.12. Pendientes máximas (%) - Fuente[2]	48
2.13. Anchos mínimos de calzada en tangente - Fuente[2]	61
2.14. Ancho de bermas - Fuente[2]	63
2.15. Valores del bombeo de la calzada - Fuente[2]	64
2.16. Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte - Fuente[2]	66
2.17. Valores de peralte máximo - Fuente[2]	66
2.18. Peralte mínimo - Fuente[2]	66
2.19. Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente - Fuente[2]	67
2.20. Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido - Fuente[2]	68
2.21. Anchos Mínimos de Derecho de Vía - Fuente[2]	68
2.22. Valores referenciales para taludes en corte (relación H:V) - Fuente[2]	71
2.23. Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes) - Fuente[2]	71
2.24. Inclinationes máximas de talud (V:H), interior de la cuneta - Fuente[2]	72
2.25. Dimensiones mínimas y separación máximas de ensanches de plataforma - Fuente[2] . .	73

4.1. Longitud mínima de curva de transición - Fuente[2]	106
4.2. Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo - Fuente[2]	118
4.3. Radios circulares limites que permiten prescindir de la curva de transición - Fuente[2]	119
5.1. Flujo Vehicular Vía Los Libertadores - Fuente[1]	122
5.2. Velocidades de Diseño a Elegir - Fuente[2]	133
5.3. Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras - Fuente[2]	134
5.4. Longitudes de tramos en tangentes - Fuente[2]	135
5.5. Cuadro de elementos de curva circular y tangente - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)	136
5.6. Cuadro de elementos de curva circular y tangente - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)	137
5.7. Cuadro de elementos de curva circular y tangente - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)	138
5.8. Cuadro de elementos de curva circular y tangente - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)	139
5.9. Longitud mínima de curva de transición - Fuente[2]	140
5.10. Cuadro de elementos de curva tipo espiral-circular-espiral, espiral-espiral y tangente - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)	141
5.11. Cuadro de elementos de curva tipo espiral-circular-espiral, espiral-espiral y tangente - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)	142
5.12. Cuadro de elementos de curva tipo espiral-circular-espiral, espiral-espiral y tangente - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)	142
5.13. Cuadro de elementos de curva tipo espiral-circular-espiral, espiral-espiral y tangente - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)	143
5.14. Cuadro de elementos de curva tipo espiral-circular-espiral, espiral-espiral y tangente - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)	143
5.15. Cuadro de elementos de curva tipo espiral-circular-espiral, espiral-espiral y tangente - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)	144
5.16. Cuadro de elementos de curva tipo espiral-circular-espiral, espiral-espiral y tangente - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)	144
5.17. Cuadro de elementos de curva tipo espiral-circular-espiral, espiral-espiral y tangente - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)	145
5.18. Pendientes máximas (%) - Fuente[2]	147
5.19. Cuadro de elementos de curva vertical - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)	148
5.20. Cuadro de elementos de curva vertical - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)	150

5.21. Anchos mínimos de calzada en tangente - Fuente[2]	151
5.22. Ancho de bermas - Fuente[2]	152
5.23. Sobreancho de calzada en curvas - Fuente[2]	153
5.24. Valores del bombeo de la calzada - Fuente[2]	153
5.25. Valores de peralte máximo - Fuente[2]	154
5.26. Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente - Fuente[2]	154
5.27. Valores referenciales para taludes en corte (relación H:V) - Fuente[2]	155
5.28. Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes) - Fuente[2]	156
5.29. Inclinationes máximas de talud (V:H), interior de la cuneta - Fuente[2]	156
5.30. Coordinación de curvas verticales y curvas horizontales circulares - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)	164
5.31. Coordinación de curvas verticales y curvas clotoideas - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)	164
6.1. Muros de contención a proyectar - Fuente. Elaboración Propia	174
6.2. Puentes a proyectar - Fuente. Elaboración Propia	174
6.3. Alcantarillas RIB STEEL a proyectar - Fuente. Elaboración Propia	175
6.4. Muros de contención a proyectar - Fuente. Elaboración Propia	181
6.5. Puentes a proyectar - Fuente. Elaboración Propia	181
6.6. Alcantarillas RIB STEEL a proyectar - Fuente. Elaboración Propia	182
6.7. Análisis comparativo técnico entre curvas circulares y clotoideas - Fuente. Elaboración Propia	183
6.8. Análisis comparativo económico entre curvas circulares y clotoideas - Fuente. Elaboración Propia	189

Lista de Siglas y Símbolos

Δ	Ángulo de Deflexión
α	Parámetro a calibrar
β	Parámetro a calibrar
$\phi(x,t)$	Ángulo de fricción
$\rho(x,t)$	Densidad del material
$\theta(x,t)$	Ángulo de inclinación
<i>BIM</i>	Building Information Modeling
<i>IMDA</i>	Índice Medio Diario Anual
<i>SLUMP</i>	Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú
<i>GPS</i>	Sistema de Posicionamiento Global
<i>UTM</i>	Sistema Universal Transversal de Mercator
<i>EIA</i>	Estudio de Impacto Ambiental
<i>VHD</i>	Volumen Horario de Diseño
<i>km/h</i>	kilómetro/hora
<i>MTC</i>	Ministerio de Transporte y Comunicaciones
<i>PERC</i>	Proyecto Especial Río Cachi
<i>Q</i>	Flujo neto de agua
<i>SIG</i>	Sistema de Información Geográfico
<i>RNE</i>	Reglamento Nacional de Edificaciones
<i>Z</i>	Función objetivo
<i>cap</i>	Capacidad del sistema
<i>esp</i>	Espesor del material
<i>f</i>	Flujo en el sistema
$f(x,t)$	Vector flujo en el sistema
<i>Km</i>	Kilómetro
<i>m</i>	Metro

q	Flujo del agua en estado estacionario
t	Tiempo por unidad de distancia

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

En los primeros ferrocarriles, debido a las bajas velocidades y los grandes radios utilizados en curvas hicieron posible que se ignorara cualquier tipo de transición entre curva y recta. Es a partir del siglo XIX cuando los incrementos de velocidad dan la necesidad de curvas que cambien gradualmente su curvatura. En 1862 Rankine en su obra "Civil Engineering"[4] ya cita algunas curvas que podrían utilizarse, entre ellas una propuesta de 1829 llamada "curva de los senos" de William Gravatt y la curva de ajuste de William Froude de 1842 que aproximaba una curva elástica. La actual ecuación dada por Rankine es la de una curva cúbica o polinómica de grado 3.

Entonces los primeros trazados de carreteras y vías férreas encadenaban tramos rectos con arcos de circunferencia; pero cuando los coches y trenes alcanzaron velocidades más altas se producía una incómoda y peligrosa sacudida al entrar en la curva. Los ingenieros comenzaron a buscar una solución, y la encontraron en las matemáticas y la física.

Imagina que tienes que diseñar una autovía o una vía férrea de alta velocidad; seguro que intentarás que haya todas las rectas posibles, pero también tendrás que hacer alguna curva, y como la más sencilla de todas es la circunferencia, lo más fácil sería ir empalmando tramos rectos con arcos de circunferencia.

Parece que así fueron los primeros trazados y como los primeros coches y trenes no iban a mucha velocidad, todo iba normal. Pero la cosa cambió cuando los vehículos fueron capaces de alcanzar velocidades mayores; ya que al entrar en la curva circular se notaba una súbita sacudida.

Así que los ingenieros comenzaron a estudiar qué pasaba y cómo se podía solucionar. La respuesta es fácil de entender y sólo necesitarás dos ingredientes. El primero viene de la matemática o geometría, y es el radio de curvatura. Para una circunferencia, el radio de curvatura es simplemente el radio

de la circunferencia. Para una recta puedes pensar que ésta es una circunferencia muy grande, de radio infinito. Así el radio de curvatura de una recta será infinito. El segundo ingrediente viene de la física, y es la fuerza centrífuga. Entonces según la fórmula de la fuerza centrífuga, por un lado tienes la masa y la velocidad, que en la fórmula aparecen multiplicando; así que cuanto más grandes sean, mayor será la fuerza centrífuga. Por otro lado tienes el radio de curvatura, que en la fórmula aparece dividiendo; así que cuanto más grande sea, menor será la fuerza centrífuga. Entonces ¿qué pasaba en las uniones entre recta y circunferencia?; en esos puntos el radio de curvatura R pasaba de ser infinito a ser un número más o menos pequeño (el radio R de la circunferencia). Así que en el denominador de tu fórmula había un descenso brusco... ¡y por eso se producía un aumento brusco de la fuerza centrífuga!.

¿Qué podemos hacer entonces?. La masa m , multiplicando. Disminuir ésta requeriría adelgazar el vehículo y sus ocupantes, y bien sabemos que no es fácil. La velocidad v , multiplicando (y además al cuadrado). Podrías ir más despacio pero entonces tardarías más y seguro que no nos gusta. El radio de curvatura R , dividiendo. El de la recta es infinito, no lo puedes cambiar; sí podrías aumentar el radio de la circunferencia pero entonces las rectas serían más cortas y seguro que tampoco nos gusta.

Así que tendríamos que pensar en otra posibilidad. Podríamos introducir una curva de transición o clotoides¹ entre la recta y la circunferencia. Además sería genial que, en esa transición, el radio de curvatura r fuera disminuyendo suavemente desde el infinito de la recta hasta el radio R de la circunferencia; eso haría que la fuerza centrífuga cambiara de manera suave, en lugar de hacerlo bruscamente.

Cabe mencionar que durante años *La Vía Los Libertadores Wari* a estado rodeado de accidentes tales como se muestran en las Figuras 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4.

¹También denominada radioide de arcos o espiral de Cornú en honor de Marie Alfred Cornú (Físico Francés: 6 de marzo de 1841-12 de abril de 1902), es una curva tangente al eje de las abcisas en el origen y cuyo radio de curvatura disminuye de manera inversamente proporcional a la distancia recorrida sobre ella. Es por ello que en el punto origen de la curva, el radio es infinito. Además de ser usados en carreteras y vías férreas, las clotoides se utilizan también en circuitos de velocidad y montañas rusas.

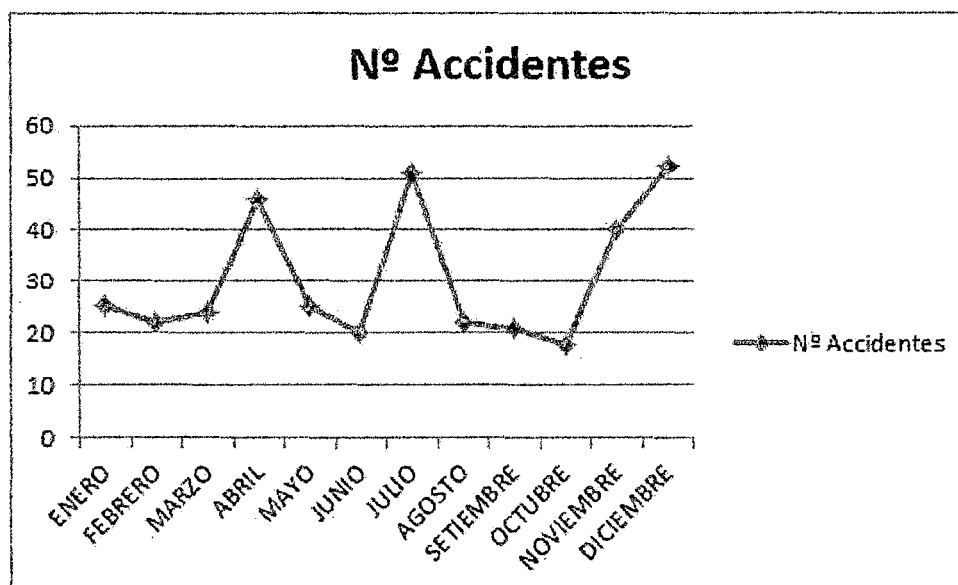


Figura 1.1: Número de accidentes - Fuente[1]

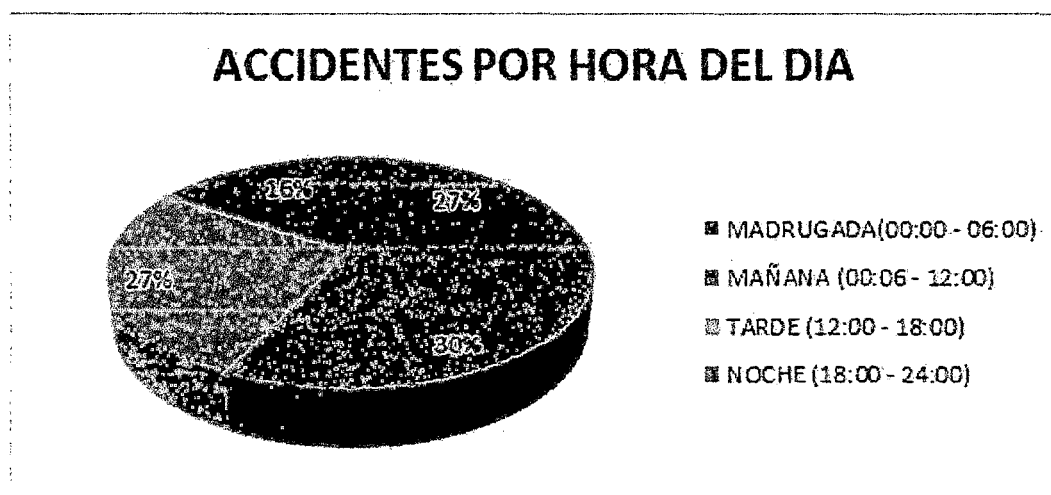


Figura 1.2: Accidentes por hora del día - Fuente[1]

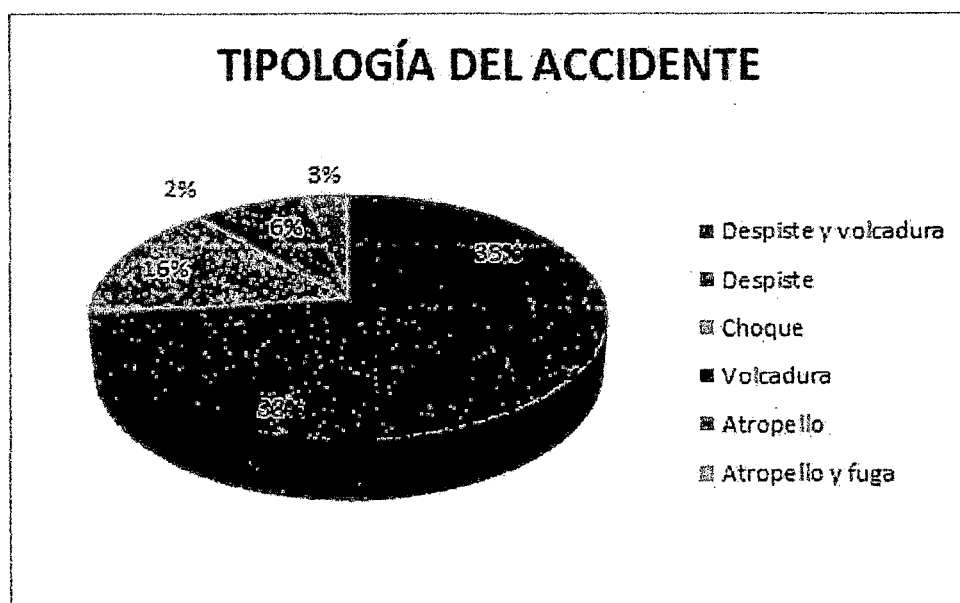


Figura 1.3: Tipología del accidente - Fuente[1]

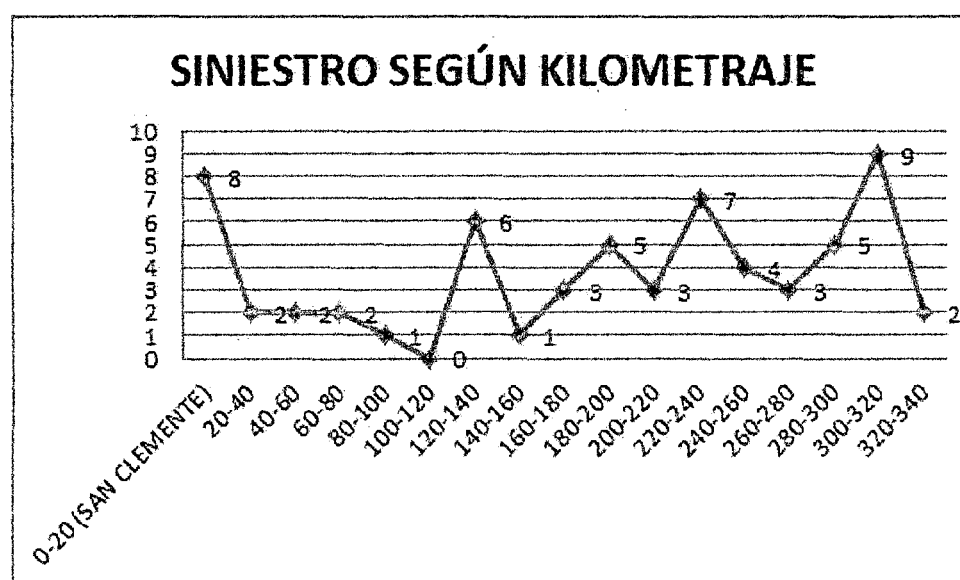


Figura 1.4: Siniestro según kilometraje - Fuente[1]

En la Fig. 1.1 se observa que éstos accidentes tienen picos altos en los meses de abril, julio y diciembre; ya que en esas fechas son meses de feriado largo en el que las personas tienden a viajar más, y por consiguiente mayor son los accidentes que se producen.

En la Fig. 1.2 se observa que éstos accidentes tienden a producirse más en las horas de madrugada; debido al cansancio que puedan tener los conductores al haber conducido durante la noche.

En la Fig. 1.3 se observa que éstos accidentes son producidos más por despiste del vehículo; debido a que existen curvas peligrosas por falta de administración de velocidades, lo cual se podrían evitar incluyendo en su diseño geométrico de la vía con curvas clotoideas.

En la Fig. 1.4 se observa que éstos accidentes tienen picos más altos al inicio y final de *La Vía Los Libertadores Wari*; debido a que al inicio de la carretera Lima - Ayacucho, circulan mayor cantidad de vehículos que se dirigen a diferentes lugares del centro y sur del País, y son más las probabilidades de accidentes a producirse. De la misma manera en los tramos finales de la carretera Lima - Ayacucho, la misma orografía accidentada que presenta la vía, en el que los vehículos al querer mantener velocidades constantes o alcanzar velocidades altas, hace que los conductores pierdan el control del vehículo y por ende el despiste de la misma.

Finalmente, una de las soluciones está en usar *curvas clotoideas* en el diseño geométrico de carreteras, más aún si éstas son vías considerados como Red Nacional.

1.2. Motivación de la Investigación

Podría mencionar muchas motivaciones que dieron lugar a la investigación de este tema, si bien es cierto muchas veces en nuestros viajes terrestres que realizamos ya sea como conductor o pasajero experimentamos situaciones algunas inexplicables pero no difícil de entenderlos. Por ejemplo uno de los conceptos más populares es la *Inercia* que uno experimenta durante el movimiento o reposo del vehículo estando dentro de este. Particularmente desde mi infancia siempre me pregunté de el ¿Por qué? de algunas situaciones que experimentaba durante mis viajes en los vehículos; así siempre me preguntaba: *¿Por qué el vehículo disminuye la velocidad bruscamente al ingresar a una curva?*, *¿Por qué el vehículo invade el carril contrario al ingresar a una curva?* y *¿Por qué sentía una fuerza arrastrándome en sentido contrario al centro de la curva?*, tal vez algunas de estas preguntas se hicieron todos y buscaron respuestas lógicas a estas; pero posiblemente nunca se preguntaron cómo evitar o reducir estos incómodos y peligrosas sacudidas al ingresar a una curva sin alterar la velocidad

del vehículo.

Pues bien, en esta investigación resolveremos todas esas dudas que tal vez todavía algunos lo tienen. También quiero recalcar mi profundo agradecimiento al Ing. Cristian Castro Pérez, por su motivación en la investigación de este tema.

1.3. Planteamiento del Problema

1.3.1. Planteamiento del Problema Principal

La clotoide tiene la propiedad de que su curvatura en cualquier punto es proporcional a la distancia a lo largo de la curva medida desde el origen. Esta propiedad hace que sea útil como curva de transición en el trazado de autopistas o ferrocarriles, puesto que un vehículo que siga dicha curva a velocidad constante tendrá una aceleración angular constante.

Así dicha curva se utiliza para acuerdos planimétricos en trazados de carreteras y, especialmente, ferroviarios, con el fin de evitar discontinuidades en la aceleración centrípeta de los vehículos.

La curva de transición que resulta tiene radio infinito en el punto tangente a la parte recta del trazado, y radio R en el punto de tangencia con la curva circular uniforme, de esta manera el tipo de curva más usual en carreteras es Tramo recto-clotoide-circular-clotoide-tramo recto.

Finalmente, el problema de investigación resumida queda de la siguiente manera:

¿De qué manera afectarán en el comportamiento vehicular el uso de curvas circulares y clotoides con programa BIM² aplicado al diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S?

1.3.2. Planteamiento del Problema Secundario

Presenta otros problemas, tales como:

1. ¿De qué manera afectarán en la velocidad vehicular el uso de curvas circulares y clotoides con programa BIM aplicado al diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S?

²Es un acrónimo de Building Information Modeling (Modelado de Información para la Edificación o Construcción).

2. ¿De qué manera afectarán en la trayectoria vehicular el uso de curvas circulares y clotoides con programa BIM aplicado al diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S?
3. ¿De qué manera afectarán en la circulación de vehículos de carga pesada y liviana en el transporte urbano de la Ciudad de Ayacucho?

1.4. Justificación e Importancia

1. Cuando un vehículo pasa de un alineamiento recto a uno curvo, siente la fuerza lateral actuando sobre el y los pasajeros, así las curvas clotoides se diseñan para que la fuerza centrífuga aparezca de forma gradual y el volante sea accionado de manera uniforme.
2. El crecimiento lineal de las curvas clotoides de transición permite una marcha uniforme y cómoda para el usuario, de tal modo que la fuerza centrífuga aumenta o disminuye en la medida que el vehículo ingresa o abandona la curva horizontal, manteniendo inalterada la velocidad y sin abandonar el eje de su carril.
3. Con la vía de interconexión PE 28A - PE 3S se disminuirá el congestionamiento de vehículos de carga pesada y liviana en el transporte urbano de la Ciudad de Ayacucho.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo Principal

Determinar el comportamiento vehicular en vías nacionales de segunda clase considerando el diseño geométrico en curvas circulares y clotoides, considerando el uso y la sistematización del diseño asistido por computadora (BIM) aplicado al diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S.

1.5.2. Objetivos Secundarios

1. Optimizar el diseño geométrico de las curvas horizontales con un programa basado en una colección de datos de un edificio organizados en una base de datos estructural que se puede consultar fácilmente de forma visual o numérica, de tal forma que el vehículo mantenga su velocidad constante.
2. Analizar el diseño geométrico de las curvas horizontales con un programa basado en una colección de datos de un edificio organizados en una base de datos estructural que se puede consultar fácilmente de forma visual o numérica, de tal forma que el vehículo mantenga su carril o trayectoria, y así reducir los accidentes.

3. Determinar la factibilidad de la construcción de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S, considerando el comportamiento vehicular del transporte urbano de la Ciudad de Ayacucho.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis Principal

Con el uso de las curvas clotoideas en el diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S, la fuerza centrífuga aparece de forma gradual, así el volante es accionado de manera uniforme.

1.6.2. Hipótesis Secundario

1. Con el uso de las curvas clotoideas en el diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S, el vehículo mantiene su velocidad constante que al usar solo las curvas circulares.
2. Con el uso de las curvas clotoideas en el diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S, el vehículo no abandona el eje de su carril o trayectoria que al usar solo las curvas circulares.
3. Al construir a nivel de asfaltado la vía de interconexión PE 28A - PE 3S, se disminuirá el congestionamiento de vehículos de carga pesada y liviana en el transporte urbano de la Ciudad de Ayacucho.

1.7. Variables e Indicadores

1.7.1. Variable Independiente

Se considera como variable independiente a las curvas circulares y clotoideas cuyos indicadores son: la velocidad y flexibilidad que los vehículos puedan tener al pasar por estas curvas.

1.7.2. Variable Dependiente

Se considera como variable dependiente al comportamiento vehicular en el diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S cuyos indicadores son: la rapidez, seguridad y trayectoria que los vehículos puedan tener al pasar por estas curvas.

1.8. Metodología de Investigación

1.8.1. Tipo

1. **Aplicada.**-Es aplicada porque se trata de resolver un problema práctico aplicado al diseño geométrico de carreteras.

1.8.2. Nivel

1. **Exploratoria.**-Es exploratoria porque se trata de resolver un problema muy poco investigado, ya que el diseño geométrico de carreteras con curvas clotoideas poco o nada son utilizados en nuestro país.
2. **Correlacional.**-Es Correlacional porque se va estudiar las relaciones entre variables dependientes e independientes mencionados.
3. **Descriptiva.**-Es Descriptiva porque describen los hechos como son observados, es decir, la fuerza centrífuga de un vehículo al ingresar en una curva es más notorio en una circular que en una clotoide.
4. **Explicativa.**-Es Explicativa porque busca el por qué de los hechos, estableciendo relaciones de causa- efecto que se producen en las curvas circulares y clotoideas.

1.8.3. Diseño

1. **Longitudinal.**-Es longitudinal porque el estudio se hace en un tiempo prolongado viendo la evolución del evento bajo estudio, es decir el estudio realizado tiene dos etapas como son: trabajo de campo (recolección de datos) y trabajo de gabinete (diseño geométrico en planta, perfil, sección transversal y simulación del comportamiento vehicular).

1.8.4. Técnicas e Instrumentos

Se desarrollará el diseño geométrico computarizado en planta, perfil, sección transversal y en tiempo real con programas BIM como es el AutoCAD Civil 3D (diseño) y Autodesk 3D Max Design (simulación) en curvas circulares y clotoideas de la Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S.

Siendo el AutoCAD Civil 3D un programa dinámico nos permitirá disminuir la pérdida de tiempo y recursos en el diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S; en general, el AutoCAD Civil 3D contribuye a reducir el tiempo que se emplea en diseñar, analizar e implementar cambios en

el diseño geométrico de carreteras y ferrocarriles, en el diseño de redes de tubería y alcantarillado.

Para el desarrollo de este proyecto se va a utilizar entre otras bibliografías principalmente el: MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013”, donde menciona el uso de curvas circulares y clotoides en el diseño geométrico de carreteras.

Una vez terminado con el diseño geométrico y simulación, se realizarán las comparaciones respectivas de las variaciones técnico - económico del comportamiento vehicular en curvas circulares y clotoides aplicado al diseño geométrico de la Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S.

CAPÍTULO II

ESTADO DEL ARTE

2.1. Clasificación de las Carreteras

2.1.1. Clasificación por Demanda

Las carreteras del Perú se clasifican, en función a la demanda en:

2.1.1.1. Autopistas de Primera Clase

Son carreteras con IMDA mayor a 6,000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

2.1.1.2. Autopistas de Segunda Clase

Son carreteras con un IMDA entre 6,000 y 4,001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

2.1.1.3. Carreteras de Primera Clase

Son carreteras con un IMDA entre 4,000 y 2,001 veh/día, de con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

2.1.1.4. Carreteras de Segunda Clase

Son carreteras con IMDA entre 2,000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

2.1.1.5. Carreteras de Tercera Clase

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.

Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.

2.1.1.6. Trochas Carrozables

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m.

La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

2.1.2. Clasificación por Orografía

Las carreteras del Perú, en función a la orografía predominante del terreno por donde discurre su trazado, se clasifican en:

2.1.2.1. Terreno Plano (tipo 1)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía menores o iguales al 10 % y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3 %), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazado.

2.1.2.2. Terreno Ondulado (tipo 2)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11 % y 50 % y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3 % y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado.

2.1.2.3. Terreno Accidentado (tipo 3)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51 % y el 100 % y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6 % y 8 %, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazado.

2.1.2.4. Terreno Escarpado (tipo 4)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100 % y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8 %, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazado.

2.2. Criterios y Controles Básicos para el Diseño Geométrico

2.2.1. Estudios Preliminares para Efectuar el Diseño Geométrico

2.2.1.1. Información General

Se recurrirá a fuentes como son los vértices geodésicos, mapas, cartas y cartografía vial, así como fotografías aéreas, ortofotos, etc.

2.2.1.2. Niveles de Estudios Preliminares

Los estudios preliminares (pre inversión) deben dar respuesta, básicamente, a tres interrogantes fundamentales, ellas son:

- Definición preliminar de las características y parámetros de diseño.
- Identificación de rutas posibles.
- Anteproyectos preliminares de las rutas posibles.
- Selección de rutas.

2.2.1.3. Criterios Básicos

1. **Proyecto y Estudio.-** El término “proyecto” incluye las diversas etapas que van desde la concepción de la idea, hasta la materialización de una obra civil, complejo industrial o programa de desarrollo en las más diversas áreas. En consecuencia, el proyecto es el objetivo que motiva las diversas acciones requeridas para poner en servicio una nueva obra vial, o bien recuperar o mejorar una existente.
2. **Estándar de Diseño de una Carretera.-** El estándar de una obra vial, que responde a un diseño acorde con las instrucciones y límites normativos establecidos en el presente, queda determinado por:
 - La Categoría que le corresponde (autopista de primera clase, autopista de segunda clase, carretera de primera clase, carretera de segunda clase y carretera de tercera clase).
 - La velocidad de diseño (V).
 - La sección transversal definida.

2.2.1.4. Clasificación General de los Proyectos Viales

Los proyectos viales para efectos del diseño geométrico se clasifican de la siguiente manera:

1. **Proyectos de Nuevo Trazado.-** Son aquellos que permiten incorporar a la red una nueva obra de infraestructura vial. El caso más claro corresponde al diseño de una carretera no existente, incluyéndose también en esta categoría, aquellos trazados de vías de evitamiento o variantes de longitudes importantes.
2. **Proyectos de Mejoramiento Puntual de Trazado.-** Son aquellos proyectos de rehabilitación, que pueden incluir rectificaciones puntuales de la geometría, destinadas a eliminar puntos

o sectores que afecten la seguridad vial. Dichas rectificaciones no modifican el estándar general de la vía.

3. **Proyectos de Mejoramiento de Trazado.**- Son aquellos proyectos que comprenden el mejoramiento del trazo en planta y/o perfil en longitudes importantes de una vía existente, que pueden efectuarse mediante rectificaciones del eje de la vía o introduciendo variantes en el entorno de ella, o aquellas que comprenden el rediseño general de la geometría y el drenaje de un camino para adecuarla a su nuevo nivel de servicio.

2.2.1.5. Ingeniería Básica

1. **Geodesia y Topografía.**- En todos los trabajos topográficos, se aplicará el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP), que a su vez ha tomado las unidades del Sistema Internacional de Unidades o Sistema Métrico Modernizado.

a. Procedimientos geodésicos para referenciar los trabajos topográficos

Se adopta la incorporación como práctica habitual de trabajo, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), que opera referido a sistemas geodésicos, en particular el conocido como WGS-84¹ (World Geodetic System de 1984).

b. Sistemas geodésicos

Se denomina Sistema Geodésico Oficial, al conjunto conformado por la Red Geodésica Horizontal Oficial y la Red Geodésica Vertical Oficial, que están a cargo del Instituto Geográfico Nacional. Está materializado por puntos localizados dentro del ámbito del territorio nacional, mediante monumentos o marcas, que interconectados permiten la obtención conjunta o por separado de su posición geodésica (coordenadas), altura o del campo de gravedad, enlazados a los sistemas de referencia establecidos.

c. Sistemas globales de referencia

El posicionamiento con GPS, así como cualquier otro sistema satelital, por ejemplo su homólogo ruso GLONASS (Global Navigation Satellite System), requiere sistemas de referencia bien

¹El Sistema de Referencia WGS-84 es un sistema geocéntrico global (mundial) con origen en el centro de masa de la Tierra, cuya figura analítica es el Elipsoide Internacional GRS-80. Al determinar las coordenadas de un punto sobre la superficie de la Tierra mediante GPS, se obtienen las coordenadas cartesianas X, Y, Z y sus equivalentes geodésicas: latitud (ϕ), longitud (λ) y altura elipsoidal (h).

definidos consistentes globales y geocéntricos.

Los más conocidos son:

- El Sistema de Referencia Terrestre Internacional ITRF (International Terrestrial Reference Frame).
- El Sistema Geodésico Mundial 1984 WGS-84 (World Geodetic System 1984).
- SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur).
- Sistemas de referencia sudamericanos.

d. Sistemas de proyección

La proyección transversal de Mercator (TM) es, en sus diferentes versiones, el sistema más utilizado mundialmente. Su empleo resulta especialmente favorable para representar la superficie terrestre de grandes extensiones en dirección norte-sur.

Los más utilizados son:

- La proyección transversal de mercator (TM).
- El sistema universal transversal de mercator (UTM).
- La proyección TM local (LTM).

2. Hidrología, Hidráulica y Drenaje.- Los estudios de hidrología y de hidráulica en el proyecto de obras viales deben proporcionar al proyectista los elementos de diseño necesarios para dimensionar las obras que, técnica, económica y ambientalmente, cumplan con los siguientes fines:

- Cruzar cauces naturales, lo cual determina obras importantes tales como puentes y alcantarillas de gran longitud o altura de terraplén.
- Restituir el drenaje superficial natural, el cual se ve afectado por la construcción de la vía. Ello debe lograrse sin obstruir o represar las aguas y sin causar daño a las propiedades adyacentes.
- Recoger y disponer de las aguas lluvias que se junten sobre la plataforma del camino o que escurran hacia ella, sin causar un peligro al tráfico.
- Eliminar o minimizar la infiltración de agua en los terraplenes o cortes, la que puede afectar las condiciones de estabilidad de la obra básica.

- Asegurar el drenaje subterráneo de la plataforma y base, de modo que no afecten las obras de la superestructura.
- Considerar el impacto ambiental que pueden tener las obras proyectadas.

3. **Geología y Geotecnia.-** Desde las primeras fases del estudio de una obra vial, el proyectista deberá trabajar en forma coordinada con los especialistas en Geología y Geotecnia. En efecto, en la etapa de identificación de rutas posibles, la oportuna detección de zonas conflictivas desde el punto de vista geotécnico, puede justificar el abandono de una ruta, que pudiera parecer atrayente por consideraciones de trazado.

En los diversos niveles de estudio, el ingeniero especialista irá detectando con grados de precisión creciente, aspectos tales como:

- Identificación de sectores específicos con características geotécnicas desfavorables.
- Sectorización de la zona de emplazamiento del trazado, definiendo el perfil estratigráfico pertinente y sus propiedades.
- Todo ello, orientado a establecer la capacidad de soporte del terreno natural, así como los taludes seguros para terraplenes y cortes, asociados a los distintos materiales.
- Condiciones de fundación de estructuras, obras de drenaje y obras complementarias.
- Aspectos de drenaje incidentes en el problema geotécnico.
- Disponibilidad de yacimientos de materiales.

4. **Aspectos Ambientales.-** En el desarrollo de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) u otro instrumento de evaluación, se deberán revisar aquellos aspectos que siempre estarán presentes y que incidirán directamente en el nivel o grado de impacto de una determinada obra.

En primer lugar, interviene el trazado del camino que se estudia, ya que a mayor nivel las exigencias técnicas de la geometría implicarán una menor posibilidad de adecuarse al terreno, aumentando las alturas de corte y terraplén. Por otro lado, un camino de elevado estándar está ligado a un mayor ancho de faja vial, todo lo cual se traduce en un aumento de la probabilidad de generar un impacto de mayor magnitud.

Por otra parte están las características naturales de los terrenos donde se emplazará el camino. Por ejemplo, los rasgos topográficos del terreno condicionarán el grado de deterioro ambiental que puede producir el proyecto de un camino, el que, en general, aumentará en la medida que

el terreno sea más accidentado.

También la geomorfología y geología del terreno condicionarán el grado de impacto ya que, dependiendo de los materiales que estén presentes y la inestabilidad de las laderas, es posible que se activen procesos erosivos en los taludes expuestos o se propicien asentamientos o deslizamientos de masas de materiales que pueden afectar al camino proyectado o a quebradas o cauces cercanos.

Otro aspecto por considerar es el tipo de vegetación natural localizada en la faja del camino, la que al ser eliminada puede perturbar el ecosistema natural en una superficie mayor que la afectada directamente por el camino.

Finalmente se deberán considerar las características socioeconómicas de la zona donde se emplaza el camino, a fin de estudiar el posible efecto que podría provocar el proyecto, en las actividades humanas presentes en el sector.

5. Estudio de Seguridad Vial.- En el apartado de Seguridad vial se tratarán, según corresponda al tipo de proyecto y con el orden de relevancia que se estime conveniente, los aspectos relativos a los siguientes puntos:

- Distancias de visibilidad, parada y adelantamiento.
- Señalización vertical: ubicación, tamaño, visibilidad, nivel de reflexión, coherencia, uniformidad.
- Señalización horizontal: características del material, tipología, coherencia con la señalización vertical.
- Balizamiento: necesidad, adecuación y disposición.
- Otros dispositivos de seguridad: bandas transversales rugosas, pantallas antideslumbrantes, pinturas con resaltos, semáforos, pasos de peatones.
- Zonas de seguridad y sistemas de contención: distancia de seguridad, amortiguadores de impacto, lechos de frenado, barreras, pretiles, tratamientos de márgenes y medianas.
- Ampliación del derecho de vía o faja de dominio respecto a lo considerado, por motivos de Seguridad Vial.

6. Reconocimiento del Terreno.- Esencialmente consistirá en la comprobación y confirmación de los puntos de control seleccionados sobre la carta geográfica. Dependiendo de la extensión y

características del terreno, puede ser aconsejable un primer reconocimiento aéreo, para obtener una adecuada visión de conjunto, o bien para complementar las impresiones obtenidas a partir de las cartas geográficas y/o fotos aéreas.

En síntesis, el proceso de estudio en la fase del reconocimiento es una sucesión de ensayos, pruebas y aproximaciones, en las que se evalúan y ponderan las diversas alternativas, investigando y considerando todas las soluciones posibles. El conocimiento técnico, experiencia y buen criterio, ayudarán a encontrar la solución adecuada.

Según sea la complejidad de los problemas previstos o que se detecten durante el reconocimiento, éste podrá requerir varias visitas y la participación, en mayor o menor grado, de los especialistas en geotecnia, hidrología, estructuras, etc. Se aprovecharán las visitas de campo para obtener datos complementarios de la región, recoger opiniones de los habitantes, prever y anticipar los efectos potenciales, tanto positivos como negativos, que provocaría la construcción del camino por una u otra ruta, y la alteración que podrá sufrir el equilibrio ecológico y el paisaje natural.

7. **Derecho de Vía o Faja de Dominio.**- Teniendo como base, la definición de las características geométricas y categoría de la carretera a intervenir, se definirá la faja del terreno denominada "Derecho de Vía", dentro del cual, se encontrará la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas para futuras obras de ensanche o mejoramiento y zona de seguridad, para las acciones de saneamiento físico legal correspondiente.

2.2.2. Vehículos de diseño

2.2.2.1. Características Generales

Al seleccionar el vehículo de diseño hay que tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía. Normalmente, hay una participación suficiente de vehículos pesados para condicionar las características del proyecto de carretera. Por consiguiente, el vehículo de diseño normal será el vehículo comercial rígido (camiones y/o buses).

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

- El ancho del vehículo adoptado incide en los anchos del carril, calzada, bermas y sobreancho de la sección transversal, el radio mínimo de giro, intersecciones y gálibo.

- La distancia entre los ejes influye en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles.
- La relación de: peso bruto total/potencia, guarda relación con el valor de las pendientes admisibles.

Conforme al Reglamento Nacional de Vehículos, se consideran como vehículos ligeros aquellos correspondientes a las categorías L (vehículos automotores con menos de cuatro ruedas) y M1 (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros con ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor).

Serán considerados como vehículos pesados, los pertenecientes a las categorías M (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros, excepto la M1), N (vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y contruidos para el transporte de mercancías), O (remolques y semirremolques) y S (combinaciones especiales de los M, N y O).

2.2.2.2. Vehículos Ligeros

La longitud y el ancho de los vehículos ligeros no condicionan el proyecto, salvo que se trate de una vía por la que no circulan camiones, situación poco probable en el proyecto de carreteras. A modo de referencia, se citan las dimensiones representativas de vehículos de origen norteamericano, en general mayores que las del resto de los fabricantes de automóviles:

- Ancho: 2,10 m.
- Largo: 5,80 m.

Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- h: altura de los faros delanteros: 0,60 m.
- h1: altura de los ojos del conductor: 1,07 m.
- h2: altura de un obstáculo fijo en la carretera: 0,15 m.
- h4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0,45 m.
- h5: altura del techo de un automóvil: 1,30 m

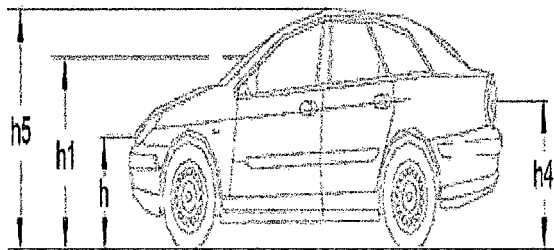


Figura 2.1: Medidas de un Vehículo Ligero - Fuente[2]

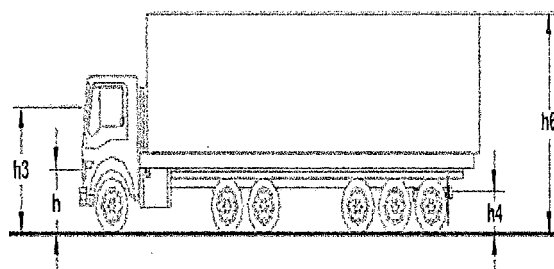


Figura 2.2: Medidas de un Vehículo Pesado - Fuente[2]

2.2.2.3. Vehículos Pesados

Las dimensiones máximas de los vehículos a emplear en la definición geométrica son las establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- h: altura de los faros delanteros: 0,60 m.
- h3: altura de ojos de un conductor de camión o bus, necesaria para la verificación de visibilidad en curvas verticales cóncavas bajo estructuras: 2,50 m.
- h2: altura de un obstáculo fijo en la carretera: 0,15 m.
- h4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0,45 m.
- h6: altura del techo del vehículo pesado: 4,10 m

2.2.3. Características del Tránsito

2.2.3.1. Índice Medio Diario Anual (IMDA)

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. 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 carretera se diseña para un volumen de tránsito, que se determina como demanda diaria promedio a servir hasta el final del período de diseño, calculado como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual.

2.2.3.2. Volumen Horario de Diseño (VHD)

En caminos de alto tránsito, es el VHD, y no el IMDA, lo que determina las características que deben otorgarse al proyecto, para evitar problemas de congestión y determinar condiciones de servicio aceptables. Por lo tanto, una decisión clave para el diseño, consiste en determinar cuál de estos volúmenes de tránsito por hora, debe ser utilizado como base para el diseño.

El volumen horario de proyecto corresponde a un porcentaje entre el 12% y el 18% del IMDA estimado para el año horizonte del proyecto.

A falta de información estadística que permita elaborar el análisis detallado del comportamiento horario actual de una ruta existente o para estimar el VHD, de una nueva ruta, se podrá utilizar la relación empírica extensamente comprobada en caminos de tránsito mixto, que relaciona el IMDA con el VHD:

$$VHD_{año i} = 0.12 \sim 0.18 IMDA_{año i}$$

Coefficientes del orden de 0.12 corresponden por lo general a carreteras de tránsito mixto con variaciones estacionales moderadas.

Coefficientes del orden de 0.18 se asocian a carreteras con variaciones estacionales marcadas, causadas

normalmente por componentes de tipo turístico.

2.2.3.3. Crecimiento del Tránsito

Una carretera debe estar diseñada para soportar el volumen de tráfico que es probable que ocurra en la vida útil del proyecto. Para efectos prácticos, se utiliza como base para el diseño un periodo de veinte años.

La definición geométrica de las nuevas carreteras, o en el caso de mejoras en las ya existentes, no debe basarse únicamente en el volumen de tránsito actual, sino que debe considerar, el volumen previsto que va a utilizar esta instalación en el futuro.

A continuación se establece la metodología para el estudio de la demanda de tránsito:

$$P_f = P_o(1 + T_c)^n$$

Donde:

P_f = tránsito final

P_o = tránsito inicial (año base)

T_c = tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo

n = año a estimarse

La proyección debe también dividirse en dos partes. Una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa de crecimiento de la población y una proyección de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. Ambos índices de crecimiento correspondientes a la región que normalmente cuenta con datos estadísticos de estas tendencias.

2.2.4. Velocidad de Diseño

2.2.4.1. Definición

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.

El proyectista, para garantizar la consistencia de la velocidad, debe identificar a lo largo de la ruta, tramos homogéneos a los que por las condiciones topográficas, se les pueda asignar una misma velocidad.

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											

Tabla 2.1: Rangos de la Velocidad de Diseño en Función a la Clasificación de la Carretera por Demanda y Orografía - Fuente[2]

Esta velocidad, denominada Velocidad de Diseño del tramo homogéneo, es la base para la definición de las características de los elementos geométricos, incluidos en dicho tramo. Para identificar los tramos homogéneos y establecer su Velocidad de Diseño, se debe atender a los siguientes criterios:

1. La longitud mínima de un tramo de carretera, con una velocidad de diseño dada, debe ser de tres (3.0) kilómetros, para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (20 y 50 km/h) y de cuatro (4.0) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento veinte kilómetros por hora (60 y 120 km/h).
2. La diferencia de la Velocidad de Diseño entre tramos adyacentes, no debe ser mayor a veinte kilómetros por hora (20 km/h).

2.2.4.2. Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo

La Velocidad de Diseño está definida 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 Tabla 2.1.

2.2.4.3. Velocidad Específica de los Elementos que Integran el Trazado en Planta y Perfil

La velocidad máxima de un vehículo en un momento dado, está en función principalmente, a las restricciones u oportunidades que ofrezca el trazado de la carretera, el estado de la superficie de la calzada, las condiciones climáticas, la intensidad del tráfico y las características del vehículo.

Para asegurar la mayor homogeneidad posible en la Velocidad Específica de curvas y tangentes, lo que necesariamente se traduce en mayor seguridad para los usuarios, requiere que las Velocidades Específicas de los elementos que integran un tramo homogéneo sean iguales a la Velocidad de Diseño del tramo o no superen esta velocidad en más de veinte kilómetros por hora.

2.2.4.4. Velocidad de Marcha

Denominada también velocidad de cruce, es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, la vía y los dispositivos de control. Es deseable que la velocidad de marcha de una gran parte de los conductores, sea inferior a la velocidad de diseño.

El promedio de la velocidad de marcha en una carretera determinada varía durante el día, dependiendo sobre todo del volumen de tránsito. Por tanto, cuando se hace referencia a una velocidad de marcha, se deberá indicar claramente si esta velocidad representa las horas de mayor demanda, fuera de las horas de mayor demanda, o un promedio para el día. Las horas de mayor demanda y el resto se utilizan en el proyecto y operación, mientras que la velocidad promedio de funcionamiento durante todo un día se utiliza en los análisis económicos.

El efecto del volumen de tránsito en la velocidad de marcha promedio puede ser determinado de la siguiente manera:

- En las autopistas de primera y segunda clase, la velocidad de marcha es relativamente insensible al volumen de tránsito. Sin embargo, cuando éste se aproxima al máximo de la carretera, la velocidad disminuye sustancialmente.
- En las carreteras de primera, segunda y tercera clase, la velocidad disminuye linealmente con el incremento del tránsito, en el rango existente entre cero y la capacidad de la carretera.

Cuando no se disponga de un estudio de campo bajo las condiciones prevalecientes a analizar, se tomarán como valores teóricos, los comprendidos entre el 85 % y el 95 % de la velocidad de diseño, tal

Velocidad de diseño	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0
Velocidad media de marcha	27,0	36,0	45,0	54,0	63,0	72,0	81,0	90,0	99,0	108,0	117,0
Rangos de velocidad media	25,5 @ 28,5	34,0 @ 38,0	42,5 @ 47,5	51,0 @ 57,0	59,5 @ 66,5	68,0 @ 76,0	76,5 @ 85,5	85,0 @ 95,0	93,5 @ 104,5	102,0 @ 114,0	110,5 @ 123,5

Tabla 2.2: Velocidades de Marcha Teóricas en Función de la Velocidad de Diseño (km) - Fuente[2]

como se muestran en la Tabla 2.2.

2.2.4.5. Velocidad de Operación

Es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, en función a la velocidad de diseño, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de ésta con otras vías y con la propiedad adyacente.

Un concepto utilizado para la mejor estimación de la velocidad de operación, es el denominado percentil 85 de la velocidad, que consiste en determinar la velocidad bajo la cual circula el 85% de los vehículos.

Teniendo como base los conceptos antes indicados, así como los criterios y parámetros técnicos de diseño establecidos en el presente Manual, en la Tabla 2.3 se presentan valores de velocidades máximas de operación, en función a la clasificación de la carretera, el tipo de vehículo y las condiciones orográficas.

Notas:

1. Orografía plana (1)
2. Orografía ondulada (2)
3. Orografía accidentada (3)
4. Orografía escarpada (4)

Clasificación de la carretera	Velocidad máxima de operación (km/h)		
	Vehículos ligeros	Vehículos pesados	
		Buses	Camiones (S)
Autopista 1 ^{ra} clase	(1) 130	100	90
	(2) 120	90	80
	(3) 100	80	70
	(4) 90	70	60
Autopista 2 ^{da} clase	(1) 120	90	80
	(2) 120	90	80
	(3) 100	80	70
	(4) 90	70	60
Carretera 1 ^{ra} clase	(1) 100	90	80
	(2) 100	80	70
	(3) 90	70	60
	(4) 80	60	50

Tabla 2.3: Valores de Velocidades Máximas de Operación - Fuente[2]

2.2.5. Distancia de Visibilidad

2.2.5.1. Definición

Es la longitud continua hacia adelante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar. En los proyectos se consideran tres distancias de visibilidad:

- Visibilidad de parada.
- Visibilidad de paso o adelantamiento.
- Visibilidad de cruce con otra vía.

2.2.5.2. Distancia de Visibilidad de Parada

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

La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

D_p : Distancia de parada (m)

V: Velocidad de diseño

t_p : Tiempo de percepción + reacción (s)

- f: Coeficiente de fricción, pavimento húmedo
i: Pendiente longitudinal (tanto por uno)
+i: Subidas respecto al sentido de circulación
-i: Bajadas respecto al sentido de circulación

El primer término de la formula representa la distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción (dtp) y el segundo la distancia recorrida durante el frenado hasta la detención (df).

El tiempo de reacción de frenado, es el intervalo entre el instante en que el conductor reconoce la existencia de un objeto, o peligro sobre la plataforma, adelante y el instante en que realmente aplica los frenos. Así se define que el tiempo de reacción mínimo adecuado será por lo menos de 2 segundos.

La distancia de frenado aproximada de un vehículo, sobre una calzada plana puede determinarse mediante la siguiente fórmula:

$$d = \frac{V^2}{254a}$$

Donde:

d: distancia de frenado en metros

V: Velocidad de diseño en km/h

a: deceleración en m/s² (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo)

Se considera obstáculo aquél de una altura => a 0.15 m, con relación a los ojos de un conductor que está a 1.07 m sobre la rasante de circulación.

En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será => a la distancia de visibilidad de parada. La Tabla 2.4 muestra las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad de diseño y de la pendiente.

2.2.5.3. Distancia de Visibilidad de Paso o Adelantamiento

Es la mínima que debe estar disponible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que viaja a una velocidad menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso. Dichas condiciones de comodidad y seguridad, se dan cuando la diferencia de velocidad entre los vehículos que se desplazan en el mismo sentido es de 15 km/h y el vehículo que

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

Tabla 2.4: Distancia de Visibilidad de Parada (metros) - Fuente[2]

viaja en sentido contrario transita a la velocidad de diseño.

La distancia de visibilidad de adelantamiento debe considerarse únicamente para las carreteras de dos carriles con tránsito en las dos direcciones, donde el adelantamiento se realiza en el carril del sentido opuesto.

La distancia de visibilidad de adelantamiento, de acuerdo con la Figura 2.3, se determina como la suma de cuatro distancias, así:

$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

Donde:

Da: Distancia de visibilidad de adelantamiento, en metros

D1: Distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción, en metros

D2: Distancia recorrida por el vehículo que adelanta durante el tiempo desde que invade el carril de sentido contrario hasta que regresa a sus carril, en metros

D3: Distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra, entre el vehículo que adelanta y el vehículo que viene en sentido contrario, en metros

D4: Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido contrario (estimada en 2/3 de D2), en metros

Se utilizarán como guías para el cálculo de la distancia de visibilidad de adelantamiento la Figura 2.3 y los valores indicados en el Manual AASHTO - 2004 que se presentan en la Tabla 2.5 para cuatro (4)

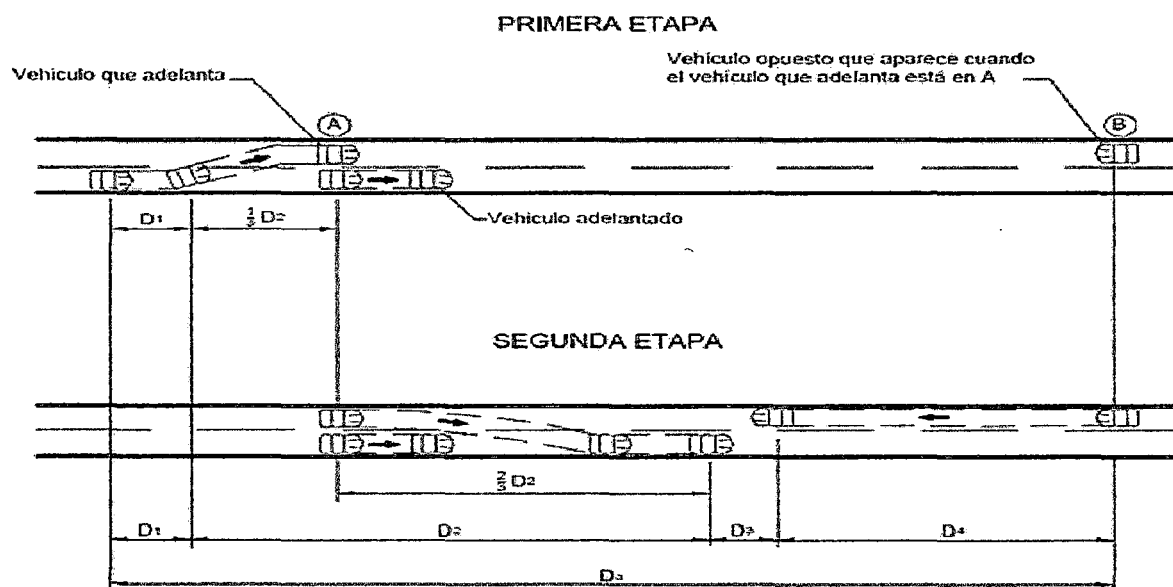


Figura 2.3: Distancia de Visibilidad de Adelantamiento - Fuente[2]

rangos de Velocidad Específica de la tangente.

Por seguridad, la maniobra de adelantamiento se calcula con la velocidad específica de la tangente en la que se efectúa la maniobra.

$$D_1 = 0.278t_1(V - m + \frac{at_1}{2})$$

Donde:

t_1 : Tiempo de maniobra, en segundos

V: Velocidad del vehículo que adelanta, en km/h

a: Promedio de aceleración que el vehículo necesita para iniciar el adelantamiento, en km/h

m: Diferencia de velocidades entre el vehículo que adelanta y el que es adelantado, igual a 15 km/h en todos los casos

El valor de las anteriores variables se indica en la Tabla 2.5 expresado para rangos de velocidades de 50-65, 66-80, 81-95 y 96-110 km/h. En la misma Tabla 2.5 se presentan los ejemplos de cálculo para ilustrar el procedimiento.

$$D_2 = 0.278Vt_2$$

Donde:

V: Velocidad del vehículo que adelanta, en km/h

COMPONENTE DE LA MANIOBRA DE ADELANTAMIENTO	RANGO DE VELOCIDAD ESPECÍFICA DE EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTUA LA MANIOBRA (km/h)			
	50-65	66-80	81-95	96-110
	VELOCIDAD DEL VEHICULO QUE ADELANTA, V(km/h)			
	56.2 ¹	70 ¹	84.5 ¹	99.8 ¹
Maniobra inicial:				
a: Promedio de aceleración (Km/h/s)	2.25	2.3	2.37	2.41
t ₁ : Tiempo (s)	3.6	4	4.3	4.5
d ₁ : Distancia de recorrido en la maniobra (m)	45	66	89	113
Ocupación del carril contrario:				
t ₂ : Tiempo (s)	9.3	10	10.7	11.3
d ₂ : Distancia de recorrido en la maniobra (m)	145	195	251	314
Distancia de seguridad:				
d ₃ : Distancia de recorrido en la maniobra (m)	30	55	75	90
Vehículos en sentido opuesto:				
d ₄ : Distancia de recorrido en la maniobra (m)	97	130	160	209
D ₄ = d ₁ + d ₂ + d ₃ + d ₄	317	446	583	726

Tabla 2.5: Elementos que conforman la distancia de adelantamiento y ejemplos de cálculo - Fuente[2]

t₂: Tiempo empleado por el vehículo en realizar la maniobra para volver a su carril en segundos

El valor de t₂ se indica en la Tabla 2.5.

D₃: Distancia variable entre 30 y 90 m

El valor de esta distancia de seguridad (D₃) para cada rango de velocidades se indica en la Tabla 2.5.

$$D_4 = \frac{2}{3}D_2$$

En la Tabla 2.6 se presentan los valores mínimos recomendados para la distancia de visibilidad de paso o adelantamiento, calculados con los anteriores criterios para carreteras de dos carriles con doble sentido de circulación.

Se debe procurar obtener la máxima longitud posible en que la visibilidad de paso o adelantamiento sea superior a la mínima de la tabla anterior. Por tanto, como norma de diseño, se debe proyectar,

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA ENTRETANGENCIA HORIZONTAL EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO ADELANTADO (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V (km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO D_A (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
20	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

Tabla 2.6: Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos - Fuente[2]

para carreteras de dos carriles con doble sentido de circulación, tramos con distancia de visibilidad de paso o adelantamiento, de manera que en tramos de cinco kilómetros, se tengan varios subtramos de distancia mayor a la mínima especificada, de acuerdo a la velocidad del elemento en que se aplica.

De lo expuesto se deduce que la visibilidad de paso o adelantamiento se requiere sólo en carreteras de dos carriles con doble sentido de circulación.

Para ordenar la circulación en relación con la maniobra de paso o adelantamiento, se pueden definir:

- Una zona de preaviso, dentro de la que no se debe iniciar un adelantamiento, pero sí, se puede completar uno iniciado con anterioridad.
- Una zona de prohibición propiamente dicha, dentro de lo que no se puede invadir el carril contrario.

Las distintas normativas existentes no introducen correcciones a la distancia de adelantamiento por efecto de la pendiente, sin embargo, la capacidad de aceleración es menor que en terreno llano y por ello resulta conveniente considerar un margen de seguridad para pendientes mayores del 6%, según se señala a continuación.

En pendientes mayores del 6% usar distancia de visibilidad de adelantamiento correspondiente a una velocidad de diseño de 10 km/h superior a la del camino en estudio.

Condiciones orográficas	% mínimo	% deseable
Terreno plano Tipo 1	50	> 70
Terreno ondulado Tipo 2	33	> 50
Terreno accidentado Tipo 3	25	> 35
Terreno escarpado Tipo 4	15	> 25

Tabla 2.7: Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada para adelantar - Fuente[2]

Si la velocidad de diseño es 100 km/h, considerar en estos casos una distancia de visibilidad de adelantamiento ≥ 650 m.

Es decir, se adopta para esas situaciones, como valor mínimo de distancia de visibilidad de paso o adelantamiento, el correspondiente a una velocidad de diseño de 10 km/h superior a la del camino en estudio.

Los sectores con visibilidad adecuada para adelantar, deberán distribuirse lo más homogéneamente posible a lo largo del trazado. En un tramo de carretera de longitud superior a 5 km, emplazado en una topografía dada, se procurará que los sectores con visibilidad adecuada para adelantar, respecto del largo total del tramo, se mantengan dentro de los porcentajes que se indican.

2.3. Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Sección Transversal

2.3.1. Generalidades

Los elementos geométricos de una carretera (planta, perfil y sección transversal), deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía.

Lo antes indicado, se logra haciendo que el proyecto sea gobernado por un adecuado valor de velocidad de diseño; y, sobre todo, estableciendo relaciones cómodas entre este valor, la curvatura y el peralte. Se puede considerar entonces que el diseño geométrico propiamente dicho, se inicia cuando se define, dentro de criterios técnico - económico, la velocidad de diseño para cada tramo homogéneo en estudio.

En ese contexto, las presentes normas establecen por lo general valores mínimos, es decir, las menores exigencias de diseño. Deberán usarse las mejores características geométricas dentro de los límites razonables de economía, haciendo lo posible por superar los valores mínimos indicados, utilizándolos sólo cuando el mayor costo de mejores características sea injustificado o prohibitivo.

Valores mínimos o máximos deseables pueden considerarse aquellos que corresponden a una velocidad de 10 km/h superior a la velocidad de diseño adoptada para la carretera que se esté proyectando.

2.3.2. Diseño Geométrico en Planta

2.3.2.1. Generalidades

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

El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible.

La definición del trazado en planta se referirá a un eje, que define un punto en cada sección transversal. En general, salvo en casos suficientemente justificados, se adoptará para la definición del eje:

1. En autopistas

- El centro del separador central, si este fuera de ancho constante o con variación de ancho aproximadamente simétrico.
- El borde interior de la vía a proyectar en el caso de duplicaciones.
- El borde interior de cada vía en cualquier otro caso.

2. En carreteras de vía única

- El centro de la superficie de rodadura.

2.3.2.2. Consideraciones de Diseño

Algunos aspectos a considerar en el diseño en planta:

Carretera red nacional	L (m)
Autopista de primer y segunda clase	6V
Primera, segunda y tercera clase	3V

Tabla 2.8: La Longitud Mínima de Curva (L) - Fuente[2]

- Deben evitarse tramos con alineamientos rectos demasiado largos. Tales tramos son monótonos durante el día, y en la noche aumenta el peligro de deslumbramiento de las luces del vehículo que avanza en sentido opuesto. Es preferible reemplazar grandes alineamientos, por curvas de grandes radios.
- Para las autopistas de primer y segundo nivel, el trazado deberá ser más bien una combinación de curvas de radios amplios y tangentes no extensas.
- En el caso de ángulos de deflexión Δ pequeños, iguales o inferiores a 5 grados, los radios deberán ser suficientemente grandes para proporcionar longitud de curva mínima L obtenida con la fórmula siguiente:

$$\Delta > 30(10 - \Delta), \Delta < 5^\circ$$

(L en metros; Δ en grados)

No se usará nunca ángulos de deflexión menores de 59' (minutos).

V: Velocidad de diseño (km/h)

- No son deseables dos curvas sucesivas en el mismo sentido cuando entre ellas existe un tramo en tangente. Será preferible sustituir por una curva extensa única o, por lo menos, la tangente intermedia por un arco circular, constituyéndose entonces en curva compuesta. Si no es posible adoptar estas medidas, la tangente intermedia deberá ser superior a 500 m. En el caso de carreteras de tercera clase la tangente podrá ser inferior o bien sustituida por una espiral o una transición en espiral dotada de peralte.
- Las curvas sucesivas en sentidos opuestos, dotadas de curvas de transición, deberán tener sus extremos coincidentes o separados por cortas extensiones en tangente.

V (km/h)	L _{mín.s} (m)	L _{mín.o} (m)	L _{máx} (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Tabla 2.9: Longitudes de Tramos en Tangente - Fuente[2]

- En el caso de curvas opuestas sin espiral, la extensión mínima de la tangente intermedia deberá permitir la transición del peralte.

2.3.2.3. Tramos en Tangente

Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, en función a la velocidad de diseño, serán las indicadas en la Tabla 2.9.

Donde:

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

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

L_{máx}: Longitud máxima deseable (m).

V: Velocidad de diseño (km/h).

Las longitudes de tramos en tangente presentada en la Tabla 2.9, están calculadas con las siguientes formulas:

$$L_{\text{mín.s}} = 1.39V$$

$$L_{\text{mín.o}} = 2.78V$$

$$L_{\text{máx}} = 16.70V$$

2.3.2.4. Curvas Circulares

Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.

1. Elementos de la Curva Circular

Los elementos y nomenclatura de las curvas horizontales circulares que a continuación se indican, deben ser utilizadas sin ninguna modificación y son los siguientes:

P.C.: Punto de inicio de la curva

P.I.: Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas

P.T.: Punto de tangencia

E: Distancia a externa (m)

M: Distancia de la ordenada media (m)

R: Longitud del radio de la curva (m) T: Longitud de la subtangente (P.C a P.I. y P.I. a P.T.) (m)

L: Longitud de la curva (m)

L.C: Longitud de la cuerda (m)

Δ : Ángulo de deflexión (o)

p: Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)

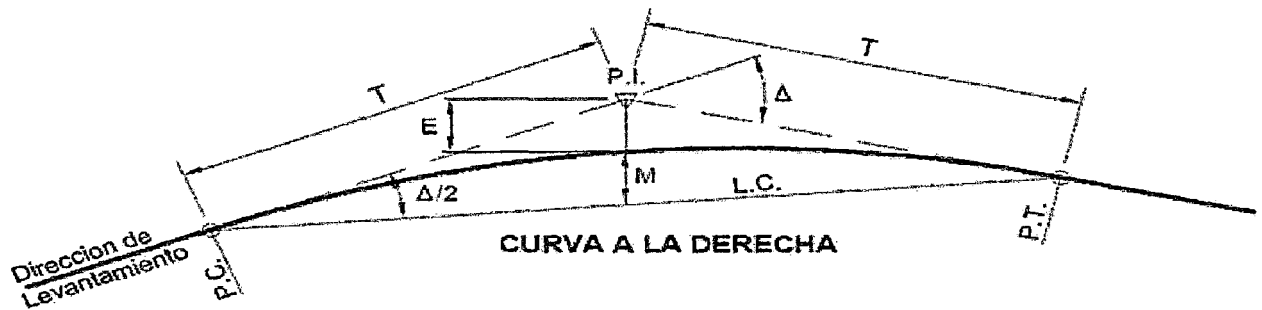
Sa: Sobreancho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva (m)

Nota: Las medidas angulares se expresan en grados sexagesimales.

En la Figura 2.4 se ilustran los indicados elementos y nomenclatura de la curva horizontal circular.

2. Radios Mínimos

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



P.C. = Punto de Inicio de la Curva	
P.I. = Punto de Intersección	
P.T. = Punto de Tangencia	
E = Distancia a Externa (m.)	$T = R \tan \frac{\Delta}{2}$
M = Distancia de la Ordenada Media (m.)	$L.C. = 2 R \sin \frac{\Delta}{2}$
R = Longitud del Radio de la Curva (m.)	$L = 2\pi R \frac{\Delta}{360}$
T = Longitud de la Subtangente (P.C. a P.I. a P.T.) (m.)	$M = R[1 - \cos(\Delta/2)]$
L = Longitud de la Curva (m.)	$E = R[\sec(\Delta/2) - 1]$
L.C. = Longitud de la Cuerda (m.)	
Δ = Angulo de Deflexión	

Figura 2.4: Simbología de la Curva Circular - Fuente[2]

$$R_m = \frac{V^2}{127(P_{m\acute{a}x} + f_{m\acute{a}x})}$$

Donde:

R_m: Radio Mínimo

V: Velocidad de diseno

P_{máx}: Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).

f_{máx}: Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

El resultado de la aplicación de la indicada formula se aprecia en la Tabla 2.10.

En general en el trazo en planta de un tramo homogéneo, para una velocidad de diseno, un radio mínimo y un peralte máximo, como parámetros básicos, debe evitarse el empleo de curvas de radio mínimo; se tratar de usar curvas de radio amplio, reservando el empleo de radios mínimos para las condiciones críticas.

2.3.2.5. Curvas Compuestas

1. Definición

Consisten en dos o más curvas simples de diferente radio, orientadas en la misma dirección, y dispuestas una a continuación de la otra.

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P _{máx} (%)	f _{máx}	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)	Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P _{máx} (%)	f _{máx}	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	30	4,00	0,17	33,7	35	Área rural (plano u ondulado)	30	8,00	0,17	28,3	30
	40	4,00	0,17	60,0	60		40	8,00	0,17	50,4	55
	50	4,00	0,16	98,4	100		50	8,00	0,16	82,0	90
	60	4,00	0,15	149,2	150		60	8,00	0,15	123,2	135
	70	4,00	0,14	214,3	215		70	8,00	0,14	175,4	195
	80	4,00	0,14	280,0	280		80	8,00	0,14	229,1	255
	90	4,00	0,13	375,2	375		90	8,00	0,13	303,7	335
	100	4,00	0,12	495,2	495		100	8,00	0,12	393,7	440
	110	4,00	0,11	1.108,9	635		110	8,00	0,11	501,5	560
	120	4,00	0,19	672,2	675		120	8,00	0,09	667,0	755
	130	4,00	0,08	1.109,9	1.110		130	8,00	0,08	831,7	950
Área rural (con peligro de hielo)	30	6,00	0,17	30,8	30	Área rural (accidentado o escarpado)	30	12,00	0,17	24,4	25
	40	6,00	0,17	54,8	55		40	12,00	0,17	43,4	45
	50	6,00	0,16	89,5	90		50	12,00	0,16	70,3	70
	60	6,00	0,15	135,0	135		60	12,00	0,15	105,0	105
	70	6,00	0,14	192,9	195		70	12,00	0,14	148,4	150
	80	6,00	0,14	252,9	255		80	12,00	0,14	193,8	195
	90	6,00	0,13	437,4	335		90	12,00	0,13	255,1	255
	100	6,00	0,12	560,4	440		100	12,00	0,12	328,1	330
	110	6,00	0,11	755,9	560		110	12,00	0,11	414,2	415
	120	6,00	0,09	950,5	755		120	12,00	0,09	539,9	540
	130	6,00	0,08	1.167,2	950		130	12,00	0,08	665,4	665

Tabla 2.10: Radios Mínimos y Peraltes Máximos para Diseño de Carreteras - Fuente[2]

En general, se evitará el empleo de curvas compuestas, tratando de reemplazarlas por una sola curva. Esta limitación será especialmente observada en el caso de carreteras de Tercera Clase.

2. Configuraciones Recomendables

La Figura 2.5 incluye configuraciones que ayudan a resolver con seguridad y elegancia situaciones de común ocurrencia en el trazado.

a. Curva circular con curva de transición

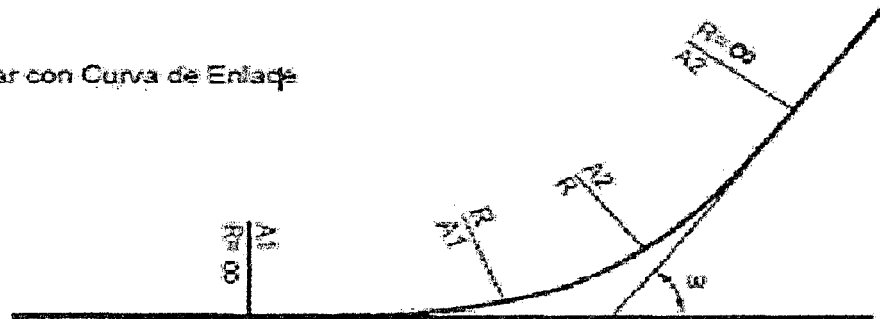
Los parámetros A1 y A2 son normalmente iguales o lo más parecidos posible y no superará el rango señalado en la figura 2.5a. Cuanto más larga sea la recta asociada y más ancha la calzada, mayor debe ser el parámetro, pero siempre $A < R$.

b. Curva de inflexión o curva en "S"

Podrá o no existir un tramo en tangente entre las clotoides de parámetros A1 y A2, los cuales deberán cumplir con las normas generales respecto de la velocidad de diseño y radio enlazado,

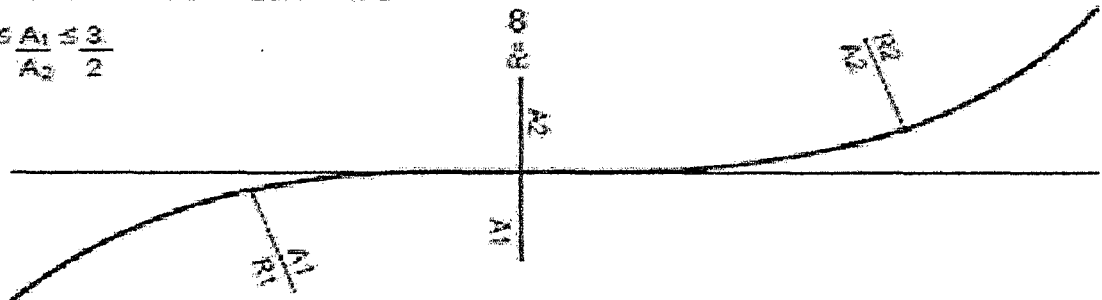
I. Curva Circular con Curva de Enlace

$$\frac{2}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{3}{2}$$



II. Curva de Inflexion o Curva en S

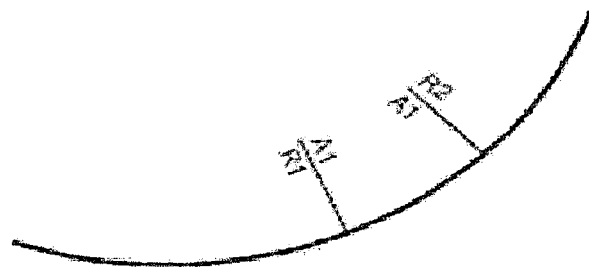
$$\frac{2}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{3}{2}$$



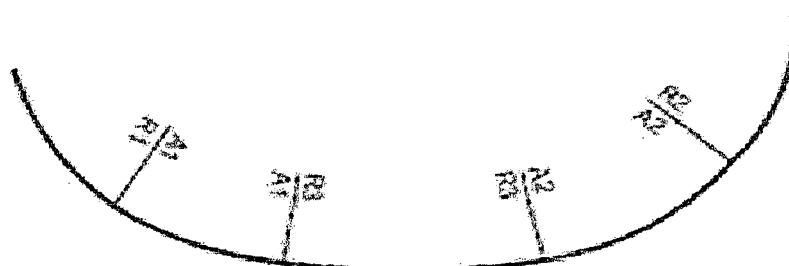
III. Ovoides

$$R_1 > R_2$$

$$\frac{R_1}{3} \leq A_1 \leq R_2$$



IV. Ovoides Doble



$$\frac{R_2}{3} \leq A_1 \leq R_1$$

$$\frac{R_1}{3} \leq A_2 \leq R_2$$

$$\frac{2}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{3}{2}$$

Figura 2.5: Configuraciones Recomendables de Curvas Compuestas - Fuente[2]

pudiendo ser iguales o del mismo orden de magnitud, respetando la relación indicada en la figura 2.5b.

A falta de espacio o dificultad para conseguir una tangencia exacta en el punto de radio infinito, se puede aceptar una leve longitud de traslape de las clotoides, o la generación de un tramo en tangente de ajuste. La longitud de traslape o ajuste no deberá superar:

$$\Delta L_{(m)} = 0.05 \frac{A_1 + A_2}{2}$$

c. Ovoide

Constituye la solución adecuada para enlazar dos curvas circulares del mismo sentido muy próximas entre sí. Para poder aplicar esta configuración es necesario que uno de los círculos sea interior al otro y que no sean concéntricos. Deberán respetarse las relaciones entre parámetros y radio consignados en la Figura 2.5c. La transición de peralte se dará en la clotoide de transición.

d. Ovoide Doble

Si las curvas circulares de igual sentido se cortan o son exteriores, deberán recurrir a un círculo auxiliar R_3'' , dando origen a un doble ovoide para alcanzar la solución deseada. Las relaciones a observar entre el radio y parámetros se indican en la Figura 2.5d.

2.3.2.6. Curvas de Vuelta

Son aquellas curvas que se proyectan sobre una ladera, en terrenos accidentados, con el propósito de obtener o alcanzar una cota mayor, sin sobrepasar las pendientes máximas, y que no es posible lograr mediante trazados alternativos.

Este tipo de curvas no se emplearan en autopistas, en tanto que en carreteras de Primera Clase podrán utilizarse en casos excepcionales justificados técnica y económicamente, debiendo ser 20 m. el radio interior mínimo.

Por lo general, las ramas pueden ser alineamientos rectos con sólo una curva de enlace intermedia, y según el desarrollo de la curva de vuelta, dichos alineamientos pueden ser paralelas entre sí, divergentes, etc. En tal sentido, la curva de vuelta quedará definida por dos arcos circulares de radio

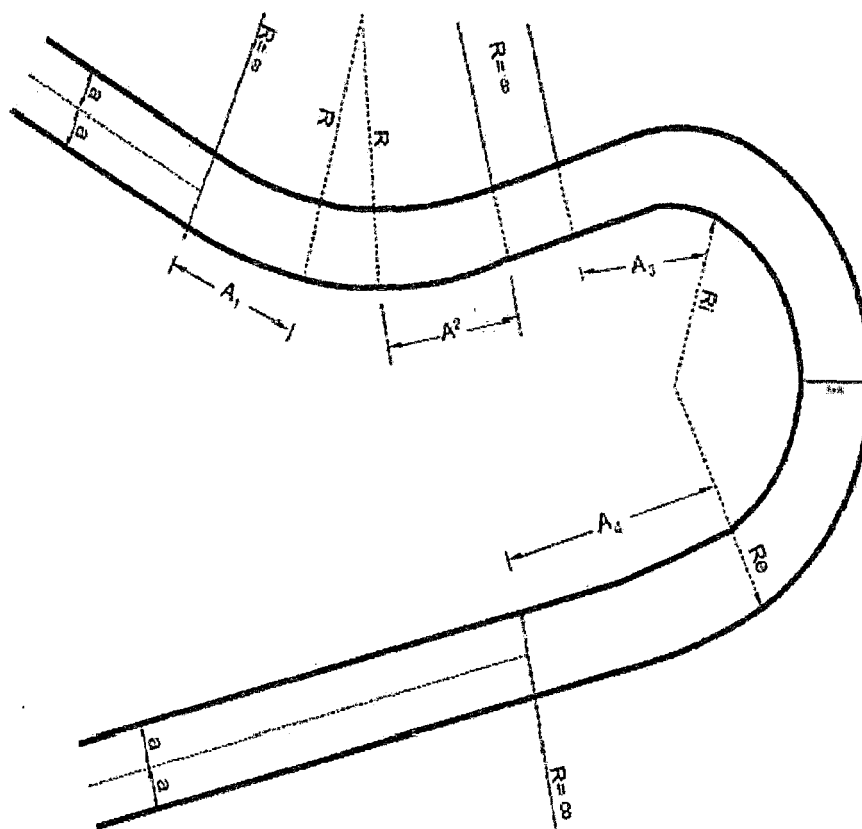


Figura 2.6: Curvas de Vuelta - Fuente[2]

interior “Ri” y radio exterior “Re”.

La Figura 2.6, ilustra un caso en que los alineamientos de entrada y salida de la curva de vuelta, presentan una configuración compleja.

La Tabla 2.11, contiene los valores posibles para “Ri” y “Re” según las maniobras de los vehículos tipo que se indican a continuación:

T2S2: Un camión semirremolque describiendo la curva de retorno. El resto del tránsito espera en la alineación recta. C2: Un camión de 2 ejes puede describir la curva simultáneamente con un vehículo ligero (automóvil o similar). C2 + C2: Dos camiones de dos ejes pueden describir la curva simultáneamente. La tabla considera un ancho de calzada de 6 m. en tangente, en caso de que ella sea superior, Re deberá aumentarse consecuentemente hasta que $Re - Ri = \text{Ancho Normal Calzada}$.

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

Radio interior R_i (m)	Radio Exterior Mínimo R_e (m). según maniobra prevista		
	T2S2	C2	C2+C2
6,0	14,00	15,75	17,50
7,0	14,50	16,50	18,25
8,0	15,25	17,25	19,00
10,0	16,75*	18,75	20,50
12,0	18,25*	20,50	22,25
15,0	21,00*	23,25	24,75
20,0	26,00*	28,00	29,25

Tabla 2.11: Radio exterior mínimo correspondiente a un radio interior adoptado - Fuente[2]

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

2.3.2.7. Transición de Peralte

Siendo el peralte la inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo, la transición de peralte viene a ser la traza del borde de la calzada, en la que se desarrolla el cambio gradual de la pendiente de dicho borde, entre la que corresponde a la zona en tangente, y la que corresponde a la zona peraltada de la curva.

Para efectos de la presente norma, el peralte máximo se calcula con la siguiente fórmula:

$$ip_{\text{máx}} = 1.8 - 0.01V$$

Donde:

$ip_{\text{máx}}$: Máxima inclinación de cualquier borde de la calzada respecto al eje de la vía (%).

V: Velocidad de diseño (km/h).

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

$$L_{\text{mín}} = \frac{p_f - p_i}{ip_{\text{máx}}} B$$

Donde:

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

pf: Peralte final con su signo (%)

pi: Peralte inicial con su signo (%)

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

El desvanecimiento del bombeo, se hará en la alineación recta e inmediatamente antes de la tangente de entrada, en una longitud máxima de cuarenta metros (40 m) en carreteras de calzadas separadas, y en una longitud máxima de veinte metros (20 m), en carreteras de calzada única, y de la siguiente forma:

- Bombeo con dos pendientes. Se mantendrá el bombeo en el lado de plataforma que tiene el mismo sentido que el peralte subsiguiente, desvaneciéndose en el lado con sentido contrario al peralte.
- Bombeo con pendiente única del mismo sentido que el peralte subsiguiente. Se mantendrá el bombeo hasta el inicio de la clotoide.
- Bombeo con pendiente única de sentido contrario al peralte subsiguiente. Se desvanecerá el bombeo de toda la plataforma.

La transición del peralte propiamente dicha se desarrollará en los tramos siguientes:

- Desde el punto de inflexión de la clotoide (peralte nulo) al dos por ciento (2%) en una longitud máxima de cuarenta metros (40 m), para carreteras de vías separadas, y de veinte metros (20 m) para carreteras de vía única.
- Desde el punto de peralte dos por ciento (2%), hasta el peralte correspondiente a la curva circular (punto de tangencia), el peralte aumentará linealmente.

En el caso que la longitud de la curva circular sea menor de treinta metros (30 m), los tramos de transición del peralte, se desplazarán de forma que exista un tramo de treinta metros (30 m) con pendiente transversal constante e igual al peralte correspondiente al radio de curvatura de la curva circular.

2.3.2.8. Sobreancho

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

1. Necesidad del Sobreancho

La necesidad de proporcionar sobreancho en una calzada, se debe a la extensión de la trayectoria de los vehículos y a la mayor dificultad en mantener el vehículo dentro del carril en tramos curvos.

En curvas de radio pequeño y mediano, según sea el tipo de vehículos que circulan habitualmente por la carretera, ésta debe tener un sobreancho con el objeto de asegurar espacios libres adecuados (holguras), entre vehículos que se cruzan en calzadas bidireccionales o que se adelantan en calzadas unidireccionales, y entre los vehículos y los bordes de las calzadas. El sobreancho requerido equivale al aumento del espacio ocupado transversalmente por los vehículos al describir las curvas más las holguras teóricas adoptadas, (valores medios). El sobreancho no podrá darse a costa de una disminución del ancho de la berma.

2. Desarrollo del Sobreancho

Con el fin de disponer de un alineamiento continuo en los bordes de la calzada, el sobreancho debe desarrollarse gradualmente a la entrada y salida de las curvas.

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

Normalmente la longitud para desarrollar el sobreancho será de 40 m. Si la curva de transición es mayor o igual a 40 m, el inicio de la transición se ubicará 40 m, antes del principio de la curva circular. Si la curva de transición es menor de 40 m, el desarrollo del sobreancho se ejecutará en la longitud de la curva de transición disponible.

3. Valores del Sobreancho

El sobreancho variará en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad de diseño y se calculará con la siguiente fórmula:

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

Donde:

Sa: Sobreancho (m)

N: Número de carriles

R: Radio (m)

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

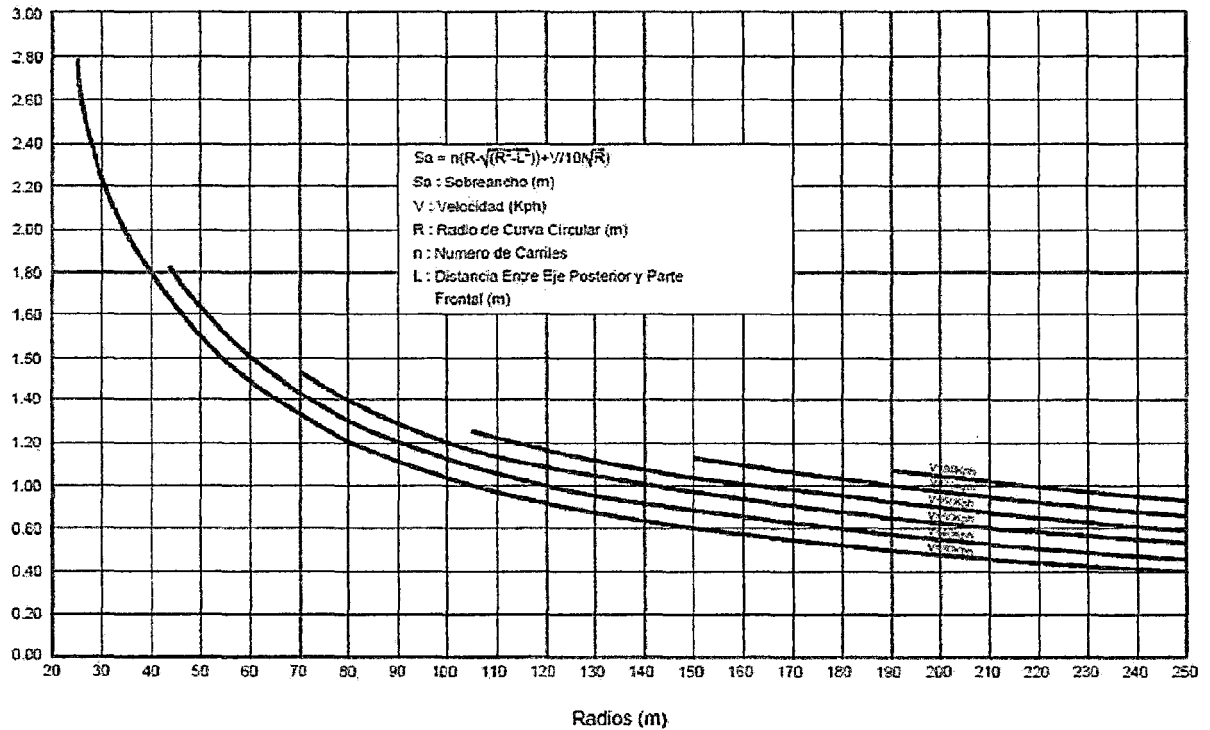


Figura 2.7: Valores de sobreancho en función a “L” del tipo de vehículo de diseño - Fuente[2]

V: Velocidad de diseño (km/h)

El primer término, depende de la geometría y el segundo de consideraciones empíricas, que tienen en cuenta un valor adicional para compensar la mayor dificultad, en calcular distancias transversales en curvas. Debe precisarse, que la inclusión de dicho valor adicional, debe ser evaluado y determinado por el diseñador, para aquellas velocidades que este considere bajas para el tramo en diseño.

La consideración del sobreancho, tanto durante la etapa de proyecto como la de construcción, exige un incremento en el costo y trabajo, compensado solamente por la eficacia de ese aumento en el ancho de la calzada. Por tanto, los valores muy pequeños de sobreancho no deben considerarse.

Se considera apropiado un valor mínimo de 0.40 m de sobreancho para justificar su adopción.

También puede determinarse el sobreancho, empleando la Figura 2.7, en función a “L” del tipo de vehículo de diseño.

2.3.3. Diseño Geométrico en Perfil

2.3.3.1. Generalidades

El diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical, está constituido por una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, a los cuales dichas rectas son tangentes; en cuyo desarrollo, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, en positivas, aquéllas que implican un aumento de cotas y negativas las que producen una disminución de cotas.

2.3.3.2. Consideraciones de Diseño

- En terreno plano, por razones de drenaje, la rasante estará sobre el nivel del terreno.
- En terreno ondulado, por razones de economía, en lo posible la rasante seguirá las inflexiones del terreno.
- En terreno accidentado, en lo posible la rasante deberá adaptarse al terreno, evitando los tramos en contrapendiente, para evitar alargamientos innecesarios.
- En terreno escarpado el perfil estará condicionado por la divisoria de aguas.
- Es deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas, que presenten variaciones graduales de los lineamientos, compatibles con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.
- Deberán evitarse las rasantes de “lomo quebrado” (dos curvas verticales de mismo sentido, unidas por una alineación corta). Si las curvas son convexas se generan largos sectores con visibilidad restringida, y si ellas son cóncavas, la visibilidad del conjunto resulta antiestética y se crean falsas apreciaciones de distancia y curvatura.
- En pendientes que superan la longitud crítica, establecida como deseable para la categoría de carretera en proyecto, se deberá analizar la factibilidad de incluir carriles para tránsito lento.
- En pendientes de bajada, largas y pronunciadas, es conveniente disponer, cuando sea posible, carriles de emergencia que permitan maniobras de frenado.

2.3.3.3. Pendiente

1. Pendiente mínima

Es conveniente proveer una pendiente mínima del orden de 0.5%, a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales. Se pueden presentar los siguientes casos particulares:

2.3. Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Sección Transversal

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
Vehículos/día	> 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: 20 km/h																	8,00	9,00	10,00	12,00
30 km/h																	8,00	9,00	10,00	12,00
40 km/h																9,00	8,00	9,00	10,00	10,00
50 km/h											7,00	7,00			8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00
60 km/h					6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00
70 km/h			5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	7,00		7,00	7,00	7,00	7,00
80 km/h	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00		6,00	6,00			7,00	7,00	7,00	7,00
90 km/h	4,50	5,00	5,00		5,00	5,00	6,00		5,00	5,00			6,00				6,00	6,00	6,00	6,00
100 km/h	4,50	4,50	4,50		5,00	5,00	6,00		5,00				6,00							
110 km/h	4,00	4,00			4,00															
120 km/h	4,00	4,00			4,00															
130 km/h	3,50																			

Tabla 2.12: Pendientes máximas (%) - Fuente[2]

- Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0.2%.
- Si el bombeo es de 2.5% excepcionalmente podrá adoptarse pendientes iguales a cero.
- Si existen bermas, la pendiente mínima deseable será de 0.5% y la mínima excepcional de 0.35%.
- En zonas de transición de peralte, en que la pendiente transversal se anula, la pendiente mínima deberá ser de 0.5%.

2. Pendiente máxima

Es conveniente considerar las pendientes máximas que están indicadas en la Tabla 2.12, no obstante, se pueden presentar los siguientes casos particulares:

- En zonas de altitud superior a los 3,000 msnm, los valores máximos de la Tabla 2.12, se reducirán en 1% para terrenos accidentados o escarpados.
- En autopistas, las pendientes de bajada podrán superar hasta en un 2% los máximos establecidos en la Tabla 2.12.

Nota.- En caso que se desee pasar de carreteras de Primera o Segunda Clase, a una autopista, las características de éstas se deberán adecuar al orden superior inmediato.

3. Pendientes máximas excepcionales

Excepcionalmente, el valor de la pendiente máxima podrá incrementarse hasta en 1 %, para todos los casos. Deberá justificarse técnica y económicamente la necesidad de dicho incremento.

4. Carriles adicionales

Cuando la pendiente implique una reducción de la velocidad de operación de 25 km/h ó más, debe evaluarse técnica y económicamente la posibilidad de añadir un carril adicional en la vía, en función al volumen de tránsito y porcentaje de camiones.

Para la implementación de los carriles adicionales se tendrá en cuenta los siguientes criterios: En Autopistas: Los carriles adicionales deben ubicarse al lado izquierdo de la calzada (carriles para circulación rápida).

- Carreteras de una calzada: Los carriles adicionales deben ubicarse al lado derecho de la calzada (carriles para circulación lenta).
- En lo que respecta a las dimensiones de los carriles adicionales, estos tendrán el mismo ancho que los de la calzada, evitando proyectar carriles con longitudes menores a 250 m.

Antes del inicio de los carriles adicionales para circulación lenta o rápida, debe existir una transición, con una longitud mínima de 70 m.

El carril adicional para circulación rápida se prolongará a partir de la sección, en la que desaparecen las condiciones que lo hicieron necesario, cuya longitud se calculara con la siguiente formula:

$$L = \frac{6(V + 20)}{5}$$

Donde:

L: Longitud de prolongación (m).

V: Velocidad de diseño (km/h)

A la prolongación anterior le seguirá una transición con una longitud mínima de 120 m y una zona señalizada en una longitud mínima de 200 m.

2.3. Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Sección Transversal

El carril adicional para circulación lenta, se prolongará hasta que el vehículo lento alcance el 85% de la velocidad de diseño, sin que dicho porcentaje pueda sobrepasar los 80 km/h.

A la prolongación anterior, se añadirá una transición con una longitud mínima de 100 m.

El final de un carril adicional para circulación lenta, no deberá coincidir con un tramo de carretera donde exista prohibición de adelantamiento.

2.3.3.4. Curvas Verticales

1. Generalidades

Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor del 1%, para carreteras pavimentadas y del 2% para las demás.

Dichas curvas verticales parabólicas, son definidas por su parámetro de curvatura K , que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal, en metros, para cada 1% de variación en la pendiente, así:

$$K = \frac{L}{A}$$

Donde:

K : Parámetro de curvatura

L : Longitud de la curva vertical

A : Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

2. Tipos de curvas verticales

Las curvas verticales se pueden clasificar por su forma como curvas verticales convexas y cóncavas y de acuerdo con la proporción entre sus ramas que las forman como simétricas y asimétricas. En la Figura 2.8 se indican las curvas verticales convexas y cóncavas y en la Figura 2.9 las curvas verticales simétricas y asimétricas.

La curva vertical simétrica está conformada por dos parábolas de igual longitud, que se unen en la proyección vertical del PIV. La curva vertical recomendada es la parábola cuadrática, cuyos elementos principales y expresiones matemáticas se incluyen a continuación, tal como se

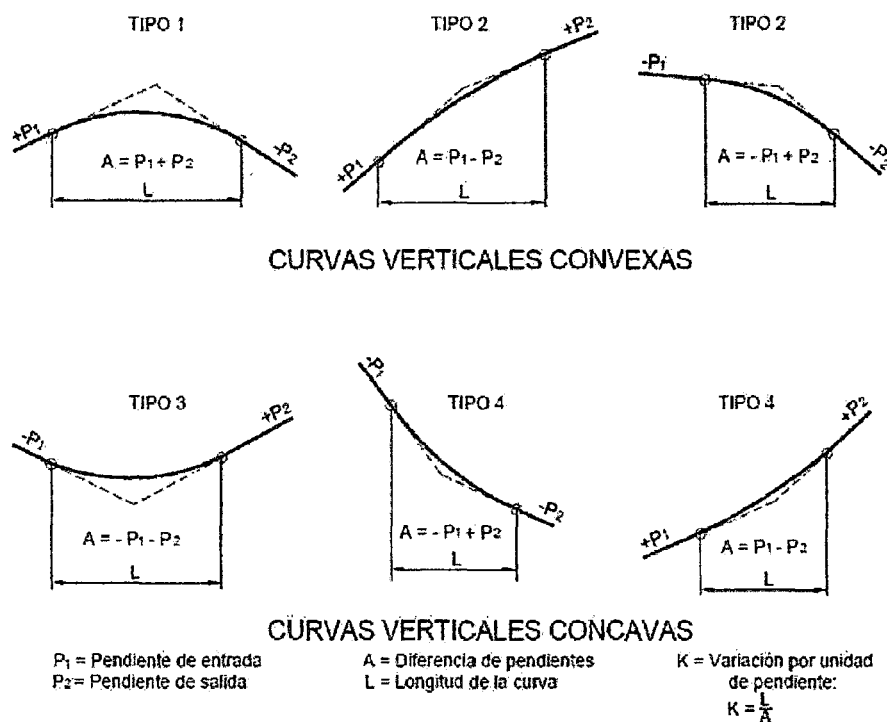
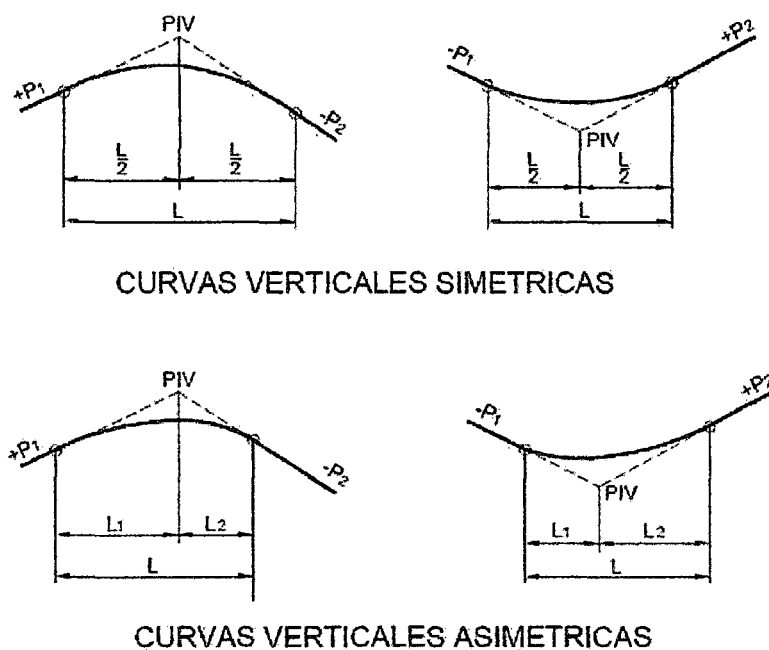


Figura 2.8: Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas - Fuente[2]



L = Longitud de la curva L_1 = Longitud rama de entrada L_2 = Longitud rama de salida

Figura 2.9: Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas - Fuente[2]

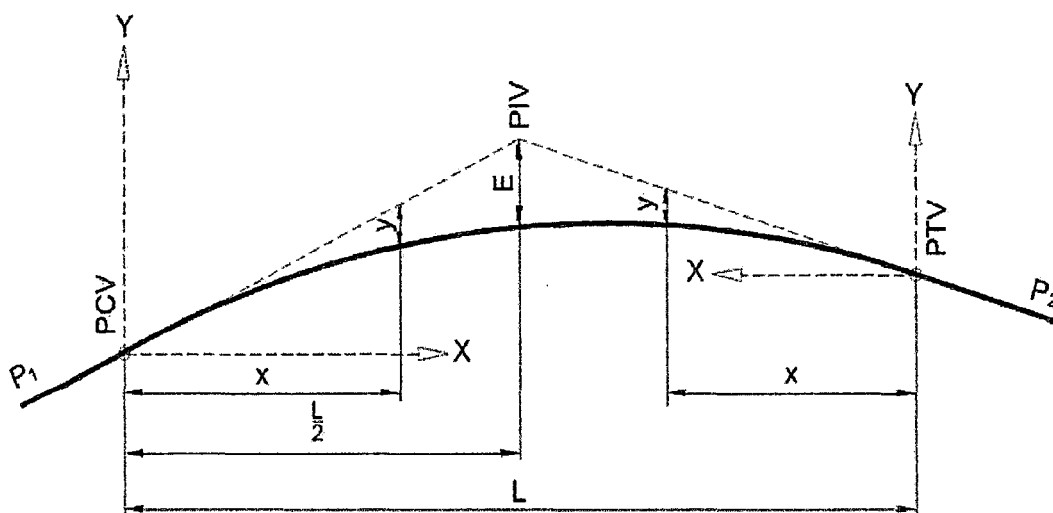


Figura 2.10: Elementos de la curva vertical simétrica - Fuente[2]

aprecia en la Figura 2.10.

Donde:

PCV: Principio de la curva vertical

PIV: Punto de intersección de las tangentes verticales

PTV: Término de la curva vertical

L: Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m)

S1: Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%)

S2: Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%)

A: Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%)

$$A = |S_1 - S_2|$$

E : Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m), se determina con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{AL}{800}$$

X: Distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV

Y: Ordenada vertical en cualquier punto, también llamada corrección de la curva vertical, se calcula mediante la siguiente fórmula:

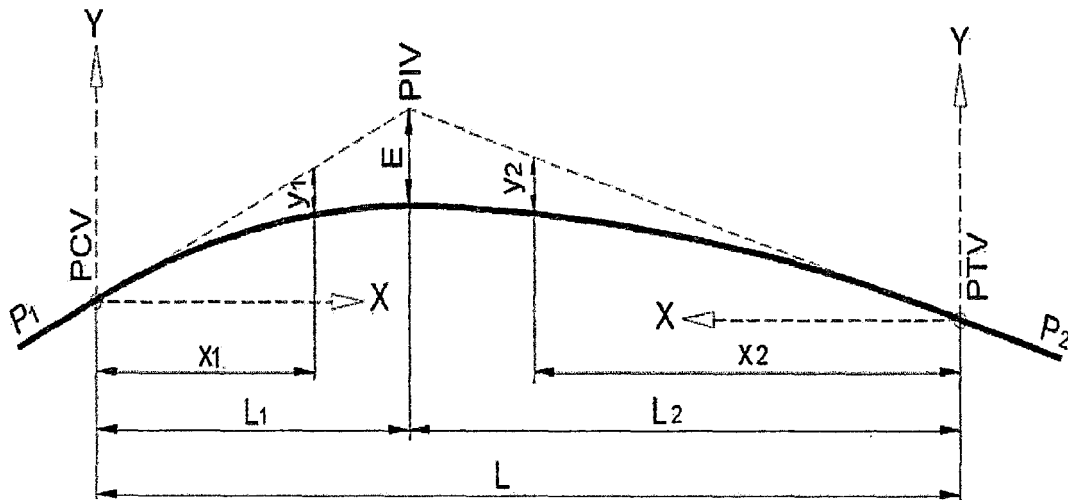


Figura 2.11: Elementos de la curva vertical asimétrica - Fuente[2]

$$y = x^2 \left(\frac{A}{200L} \right)$$

La curva vertical asimétrica está conformada por dos parábolas de diferente longitud (L_1 , L_2) que se unen en la proyección vertical del PIV. Ver Figura 2.11.

Donde:

PCV: Principio de la curva vertical

PIV: Punto de intersección de las tangentes verticales

PTV: Termino de la curva vertical

L: Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m), se cumple:

$L = L_1 + L_2$ y L_1 es diferente a L_2 .

S_1 : Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%)

S_2 : Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%)

L_1 : Longitud de la primera rama, medida por su proyección horizontal en metros (m).

L_2 : Longitud de la segunda rama, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

A: Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%).

$$A = |S_1 - S_2|$$

E : Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m), se determina con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{AL_1L_2}{200(L_1 + L_2)}$$

X1: Distancia horizontal a cualquier punto de la primera rama de la curva medida desde el PCV

X2: Distancia horizontal a cualquier punto de la segunda rama de la curva medida desde el PTV

Y1: Ordenada vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PCV, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$y_1 = E \left(\frac{X_1}{L_1} \right)^2$$

Y2: Ordenada vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PTV, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$y_2 = E \left(\frac{X_2}{L_1} \right)^2$$

3. Longitud de las curvas convexas

La longitud de las curvas verticales convexas, se determina con las siguientes fórmulas:

a. Para contar con la visibilidad de parada (Dp).

Cuando $D_p < L$:

$$L = \frac{AD_p^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

Cuando $D_p > L$:

$$L = 2D_p - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A}$$

Donde para todos los casos:

L: Longitud de la curva vertical (m)

Dp: Distancia de visibilidad de parada (m)

A: Diferencia algebraica de pendientes (%)

h1: Altura del ojo sobre la rasante (m)

h2: Altura del objeto sobre la rasante (m)

La Figura 2.12, presenta los gráficos para resolver las ecuaciones planteadas, para el caso más común con $h_1 = 1.07$ m y $h_2 = 0.15$ m.

b. Para contar con la visibilidad de adelantamiento o paso (D_a)

Cuando $D_a < L$:

$$L = \frac{AD_a^2}{946}$$

Cuando $D_a > L$:

$$L = 2D_a - \frac{946}{A}$$

Donde:

D_a : Distancia de visibilidad de adelantamiento o Paso (m)

L y A : Idem (a)

Se utilizará los valores de longitud de Curva Vertical de la Figura 2.13 para esta condición, asimismo se aplicaran las mismas fórmulas que en (a); utilizándose como $h_2 = 1.30$ m, considerando $h_1 = 1.07$ m.

4. Longitud de las curvas cóncavas

La longitud de las curvas verticales cóncavas, se determina con las siguientes fórmulas:

Cuando $D < L$:

$$L = \frac{AD^2}{120 + 3.5D}$$

Cuando $D > L$:

$$L = 2D - \left(\frac{120 + 3.5D}{A} \right)$$

Donde:

D : Distancia entre el vehículo y el punto donde con un ángulo de 1° , los rayos de luz de los faros, interseca a la rasante.

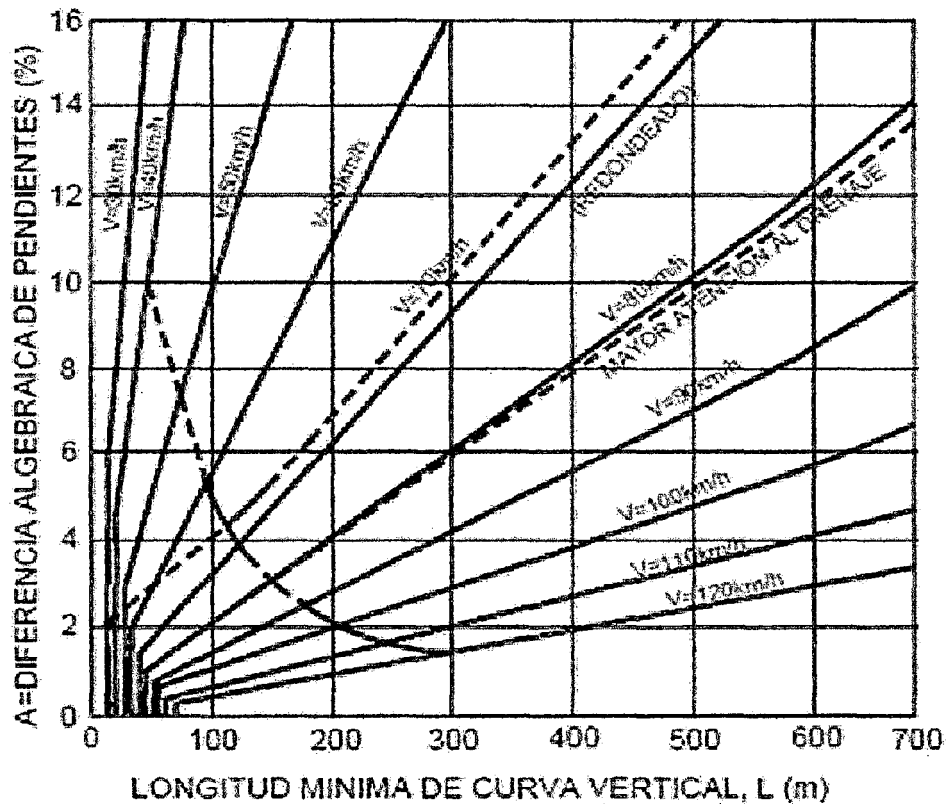
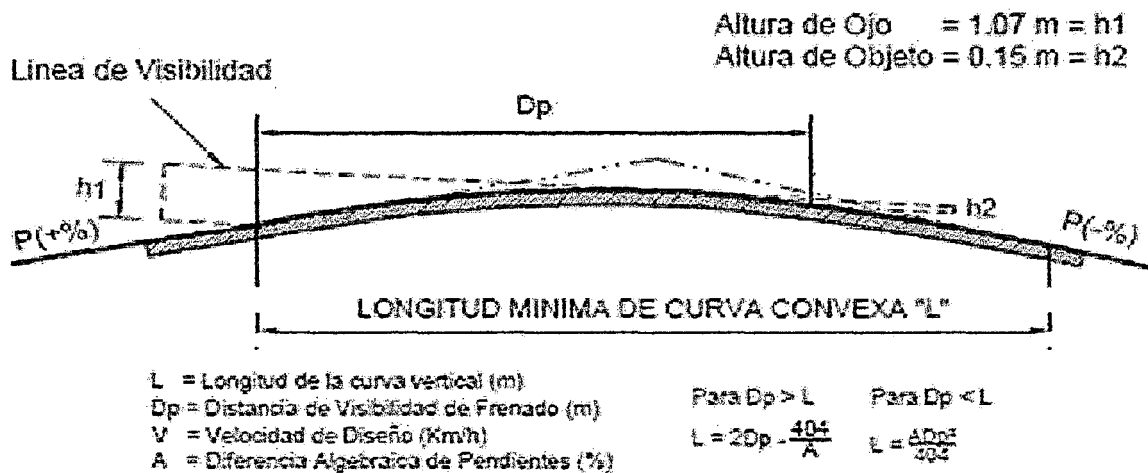
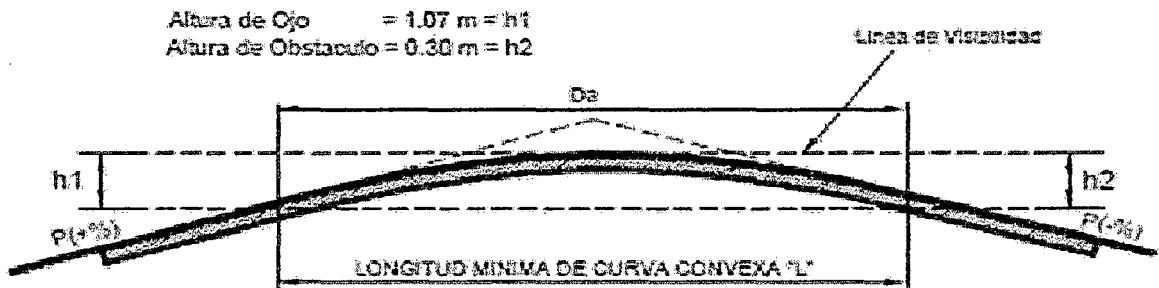


Figura 2.12: Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada
 - Fuente[2]



L = Longitud de la curva vertical (m)
 D = Distancia de Visibilidad de Paso (m)
 V = Velocidad de Diseño (Km/h)
 A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%)

Para $Da > L$ Para $Da < L$

$$L = 2Da - \frac{946}{A} \quad L = \frac{ADa^2}{946}$$

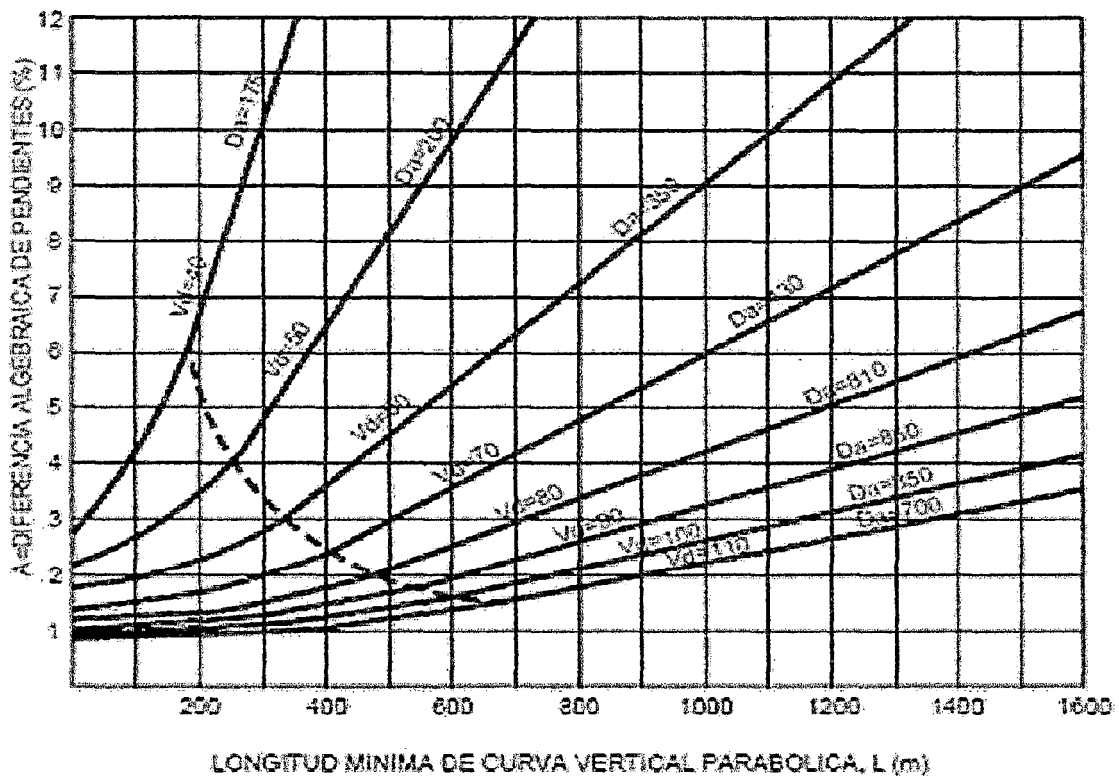
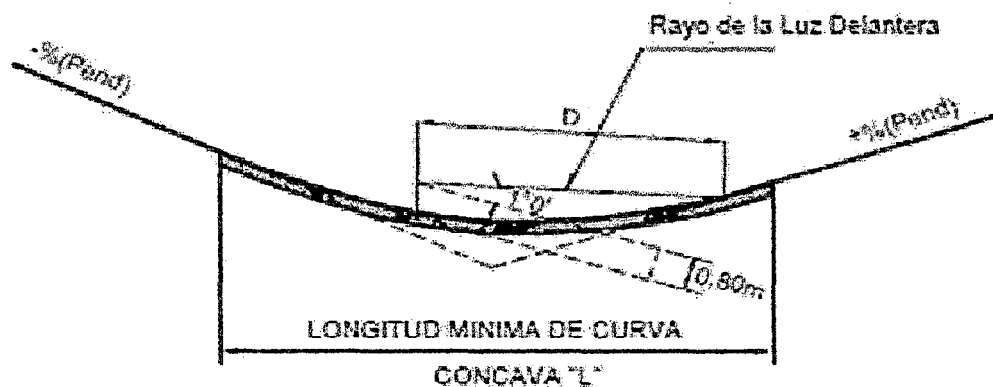


Figura 2.13: Longitud mínima de curvas verticales convexas con distancias de visibilidad de paso - Fuente[2]



L = Longitud de la curva vertical (m)
 D = Distancia desde los Faros a la rasante (m)
 V = Velocidad de Diseño (Km/h)
 A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%)

$D = D_p$

$D_p > L$

$$L = 2D_p \left(\frac{120 + 3.50 D_p}{A} \right)$$

$D_p < L$

$$L = \frac{A D_p^2}{120 + 3.5 D_p}$$

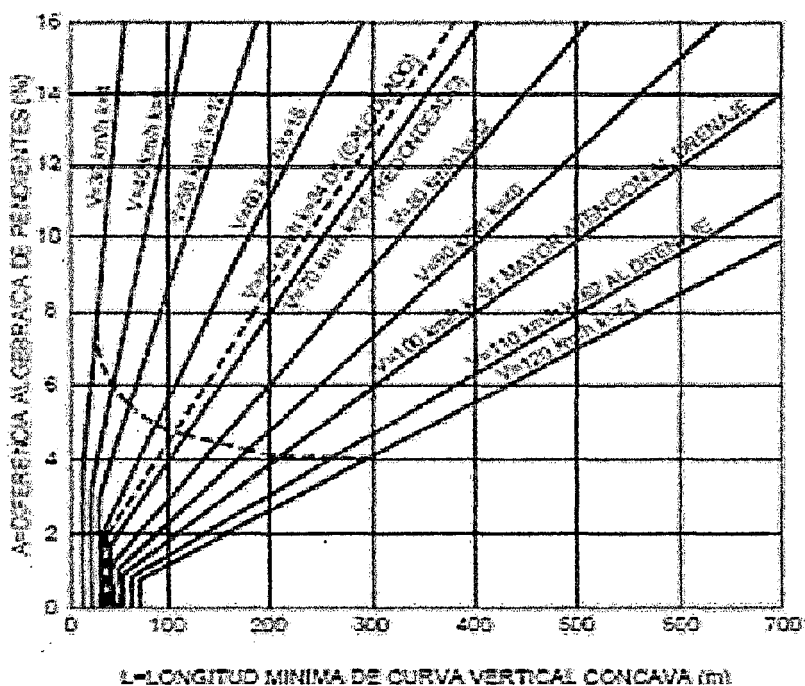


Figura 2.14: Longitudes mínimas de curvas verticales cóncavas - Fuente[2]

Del lado de la seguridad se toma $D = D_p$, cuyos resultados se aprecian en la Figura 2.14.

2.3.4. Diseño Geométrico de la Sección Transversal

2.3.4.1. Generalidades

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

El elemento más importante de la sección transversal es la zona destinada a la superficie de rodadura o calzada, cuyas dimensiones deben permitir el nivel de servicio previsto en el proyecto, sin perjuicio de la importancia de los otros elementos de la sección transversal, tales como bermas, aceras, cunetas, taludes y elementos complementarios.

Constituyen secciones transversales particulares, las correspondientes a los puentes y pontones, túneles, ensanches de plataforma y otros.

2.3.4.2. Elementos de la Sección Transversal

Los elementos que conforman la sección transversal de la carretera son: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios (barreras de seguridad, ductos y cámaras para fibra óptica, guardavías y otros), que se encuentran dentro del Derecho de Vía del proyecto. En las Figuras 2.15 y 2.16, se muestra una sección tipo a media ladera para una autopista en tangente y una carretera de una calzada de dos carriles en curva.

2.3.4.3. Calzada o Superficie de Rodadura

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.

DERECHO DE VIA MAS ZONA DE PROPIEDAD RESTRICTADA

ANCHO DE OBRA ACTUAL

PLATAFORMA

CORONA DE PAVIMENTO

CORONA DE BENTONITE

ZONA DE DRENAJE

BANQUETAS DE CORTE

ZONA DE RESANOS

ZONA DE DRENAJE

ZONA DE RESANOS

ZONA DE DRENAJE

ZONA DE RESANOS

TERRENO NATURAL

BANQUETA

PAV. PAVIMENTO Y-DAMA EN ESTRA

BARRA VIBRO-ESTR

TERRAPLEN

MATERIALES ORGANIZADOS

TIERRA VEGETAL

DUCTOS Y CABLES DE FIBRA OPTICA

Pb(1): Pendiente transversal de la banqueta = 2%
Pendiente longitudinal de banqueta 3% máximo
SAP: Sobreancho Plataforma

2.3. Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Sección Transversal

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Trafico vehiculos/día	> 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																		6,60	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	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																		

Tabla 2.13: Anchos mínimos de calzada en tangente - Fuente[2]

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.

1. Ancho de la calzada en tangente

El ancho de la calzada en tangente, se determinará tomando como base el nivel de servicio deseado al finalizar el período de diseño. En consecuencia, el ancho y número de carriles se determinarán mediante un análisis de capacidad y niveles de servicio.

En la Tabla 2.13, se indican los valores del ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño con relación a la clasificación de la carretera.

Nota:

En la Tabla 2.13, Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3) y Escarpado (4)

2. Ancho de tramos en curva

A los anchos mínimos de calzada en tangente indicados en la Tabla 2.13 se adicionarán los sobreanchos correspondientes a las curvas, de acuerdo a lo establecido en el tópico 2.3.2.8.

2.3.4.4. Bermas

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.

1. Ancho de las bermas

En la Tabla 2.14, se establece el ancho de bermas en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía.

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

2. Inclinación de las bermas

En las vías con pavimento superior, la inclinación de las bermas, se regirá según la Figura 2.17 para las vías a nivel de afirmado, en los tramos en tangente las bermas seguirán la inclinación

2.3. Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Sección Transversal

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 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	0,90	0,50	0,50	
50 km/h											2,60	2,60		2,00	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			
70 km/h			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																		

Tabla 2.14: Ancho de bermas - Fuente[2]

del pavimento. En los tramos en curva se ejecutará el peralte.

En el caso de que la berma se pavimente, será necesario añadir lateralmente a la misma para su adecuado confinamiento, una banda de mínimo 0.5 m de ancho sin pavimentar. A esta banda se le denomina sobreancho de compactación (s.a.c.) y puede permitir la localización de señalización y defensas.

En el caso de las carreteras de bajo tránsito:

- En los tramos en tangentes, las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma.
- La berma situada en el lado inferior del peralte, seguirá la inclinación de éste cuando su valor sea superior a 4%. En caso contrario, la inclinación de la berma será igual al 4%.
- La berma situada en la parte superior del peralte, tendrá en lo posible, una inclinación en sentido contrario al peralte igual a 4%, de modo que escurra hacia la cuneta.

La diferencia algebraica entre las pendientes transversales de la berma superior y la calzada será siempre igual o menor a 7%. Esto significa que cuando la inclinación del peralte es igual a 7%, la sección transversal de la berma será horizontal y cuando el peralte sea mayor a 7% la berma superior quedará con una inclinación hacia la calzada, igual a la del peralte menos 7%.

2.3. Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Sección Transversal

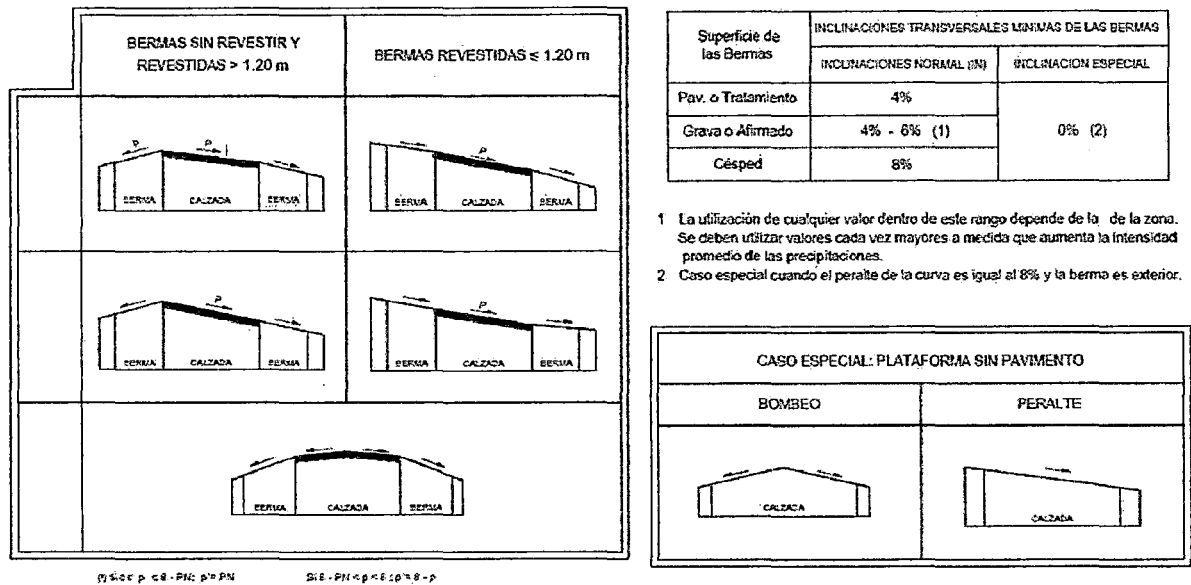


Figura 2.17: Inclinación transversal de bermas - Fuente[2]

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

Tabla 2.15: Valores del bombeo de la calzada - Fuente[2]

2.3.4.5. Bombeo

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

La Tabla 2.15 especifica los valores de bombeo de la calzada. En los casos donde indica rangos, el proyectista definirá el bombeo, teniendo en cuenta el tipo de superficies de rodadura y la precipitación pluvial.

El bombeo puede darse de varias maneras, dependiendo del tipo de carretera y la conveniencia de

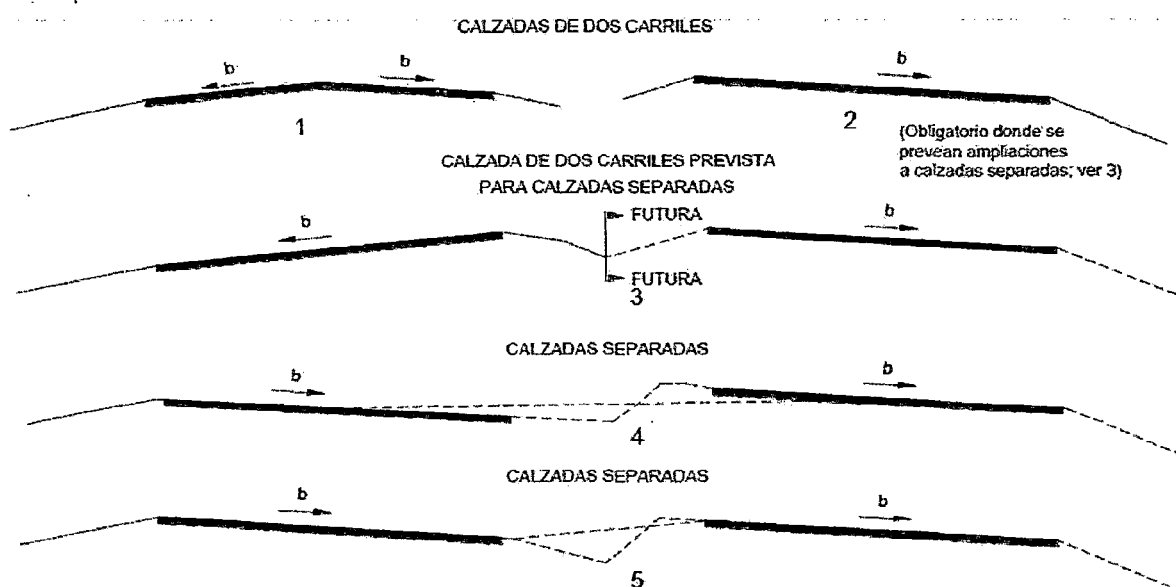


Figura 2.18: Casos de bombeo - Fuente[2]

evacuar adecuadamente las aguas, entre las que se indican:

- La denominada de dos aguas, cuya inclinación parte del centro de la calzada hacia los bordes.
- El bombeo de una sola agua, con uno de los bordes de la calzada por encima del otro. Esta solución es una manera de resolver las pendientes transversales mínimas, especialmente en tramos en tangente de poco desarrollo entre curvas del mismo sentido.

Los casos antes descritos se presentan en la Figura 2.18.

2.3.4.6. Peralte

Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo.

1. Valores del peralte (máximos y mínimos)

Las curvas horizontales deben ser peraltadas; con excepción de los valores establecidos fijados en la Tabla 2.16.

En la Tabla 2.17 se indican los valores máximos del peralte, para las condiciones descritas:

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

Velocidad (km/h)	40	60	80	≥100
Radio (m)	3.500	3.500	3.500	7.500

Tabla 2.16: Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte - Fuente[2]

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Atravesamiento de zonas urbanas	6,0%	4,0%
Zona rural (T. Plano, Ondulado ó Accidentado)	8,0%	6,0%
Zona rural (T. Accidentado ó Escarpado)	12,0	8,0%
Zona rural con peligro de hielo	8,0	6,0%

Tabla 2.17: Valores de peralte máximo - Fuente[2]

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

Donde:

p: Peralte máximo asociado a V

V: Velocidad de diseño (km/h)

R: Radio mínimo absoluto (m)

f: Coeficiente de fricción lateral máximo asociado a V

El peralte mínimo será del 2%, para los radios y velocidades de diseño indicadas en la Tabla 2.18.

Velocidad de diseño km/h	Radio de curvatura
V≥100	5.000 ≤ R < 7.500
40 ≤ V < 100	2.500 ≤ R < 3.500

Tabla 2.18: Peralte mínimo - Fuente[2]

$p < 4,5\%$	$4,5\% < p < 7\%$	$p > 7\%$
0,5 p	0,7 p	0,8 p

Tabla 2.19: Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente - Fuente[2]

2. Transición del bombeo al peralte

En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la calzada, desde el bombeo hasta el peralte correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente a lo largo de la longitud de la Curva de Transición.

Cuando no exista Curva de Transición, se desarrolla una parte en la tangente y otra en la curva. La Tabla 2.19 indica las proporciones del peralte a desarrollar en tangente.

Para pasar del bombeo al peralte en carreteras de calzada única, existen tres procedimientos: El primero consiste en girar la sección sobre el eje de la calzada; el segundo, en girar la sección sobre el borde interior de la calzada; y el tercero, en girar la sección sobre el borde exterior de la calzada. El primer procedimiento es más conveniente, por requerir menor longitud de transición y porque los desniveles de los bordes son uniformes; los otros dos casos se emplean en casos especiales.

En autopistas, el procedimiento depende de los anchos de las calzadas y separador central; en general, pueden considerarse los siguientes: Cuando se gira la sección total de la carretera sobre el eje de simetría; cuando, el separador central se mantiene horizontal y cada calzada se gira sobre el borde contiguo al separador central; y cuando, se giran las dos calzadas en torno al eje de cada una de ellas.

3. Desarrollo del peralte entre curvas sucesivas

Para el desarrollo adecuado de las transiciones de peralte entre dos curvas sucesivas del mismo sentido, deberá existir un tramo mínimo en tangente, de acuerdo a lo establecido en la Tabla 2.20.

Velocidad (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Longitud mín. (m)	40	55	70	85	100	110	125	140	155	170	190

Tabla 2.20: Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido - Fuente[2]

Clasificación	Anchos mínimos (m)
Autopistas Primera Clase	40
Autopistas Segunda Clase	30
Carretera Primera Clase	25
Carretera Segunda Clase	20
Carretera Tercera Clase	16

Tabla 2.21: Anchos Mínimos de Derecho de Vía - Fuente[2]

2.3.4.7. Derecho de Vía o Faja de Dominio

1. Generalidades

Es la faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario.

2. Ancho y Aprobación del Derecho de Vía

Cada autoridad competente establecida en el artículo 4to del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, establece y aprueba mediante resolución del titular, el Derecho de Vía de las carreteras de su competencia en concordancia con las normas aprobadas por el MTC.

La Tabla 2.21 indica los anchos mínimos que debe tener el Derecho de Vía, en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

3. Faja de propiedad restringida

A cada lado del Derecho de Vía habrá una faja de terreno denominada Propiedad Restringida, donde está prohibido ejecutar construcciones permanentes que puedan afectar la seguridad vial a la visibilidad o dificulten posibles ensanches.

El ancho de dicha faja de terreno será de 5,00 m a cada lado del Derecho de Vía, el cual será establecido por resolución del titular de la entidad competente; sin embargo el establecimiento de

dicha faja no tiene carácter obligatorio sino dependerá de las necesidades del proyecto, además no será aplicable a los tramos de carretera que atraviesan zonas urbanas.

2.3.4.8. Separadores

Los separadores son por lo general fajas de terreno paralelas al eje de la carretera, para separar direcciones opuestas de tránsito (separador central) o para separar calzadas del mismo sentido del tránsito. El separador está comprendido entre las bermas o cunetas interiores de ambas calzadas.

En terreno plano u ondulado el ancho del separador suele ser constante, con lo que se mantiene paralelas las dos calzadas. En terreno accidentado, el ancho del separador central es variable.

En Autopistas de Primera Clase el separador central tendrá un ancho mínimo de 6.00 m y en las Autopistas de Segunda Clase, variará de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular. Por lo general los separadores laterales deben tener un ancho menor que el separador central.

2.3.4.9. Gálibo

En carreteras, se denomina Gálibo a la Altura Libre que existe entre la superficie de rodadura y la parte inferior de la superestructura de un puente carretero, ferroviario o peatonal.

En puentes sobre cursos de agua se denomina Altura Libre, y es la que existe entre el nivel máximo de las aguas y la parte inferior de la superestructura de un puente.

Dicho Gálibo para el caso de las carreteras será 5.50 m. como mínimo. Para el caso de los puentes sobre cursos hídricos, la Altura Libre será determinada por el diseño particular de cada Proyecto, que no será menor a 2.50 m.

2.3.4.10. Taludes

El talud es la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplén. 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

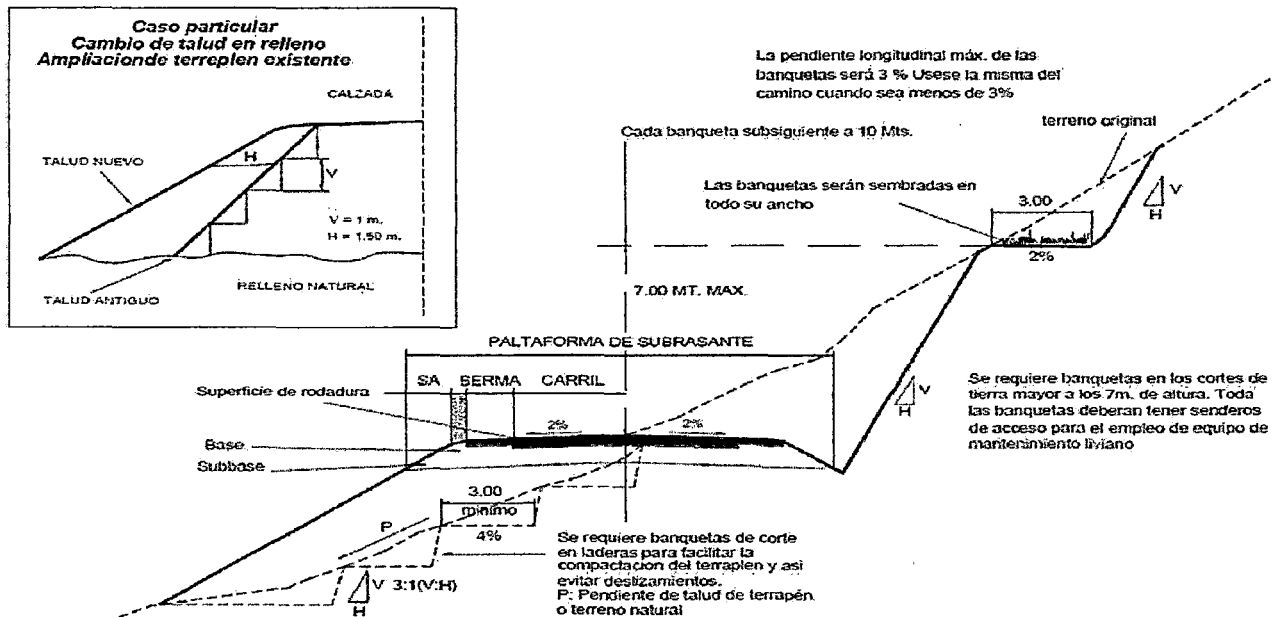


Figura 2.19: Sección transversal típica en tangente - Fuente[2]

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.

La Figura 2.19 ilustra una sección transversal típica en tangente a media ladera, que permite observar hacia el lado derecho, el talud de corte y hacia el lado izquierdo, el talud del terraplén.

La Tabla 2.22, muestra valores referenciales de taludes en zonas de corte.

Los taludes en zonas de relleno (terraplenes), variarán en función de las características del material con el cual está formado. En la Tabla 2.23 se muestra taludes referenciales.

2.3.4.11. Cunetas

Son canales construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y sub-superficiales, procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes, a fin de proteger la estructura del pavimento.

La sección transversal puede ser triangular, trapezoidal, rectangular o de otra geometría que se

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

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

Tabla 2.22: Valores referenciales para taludes en corte (relación H:V) - Fuente[2]

Materiales	Talud (V:H)		
	Altura (m)		
	<5	5-10	>10
Gravas, limo arenoso y arcilla	1:1,5	1:1,75	1:2
Arena	1:2	1:2,25	1:2,5
Enrocado	1:1	1:1,25	1:1,5

Tabla 2.23: Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes) - Fuente[2]

V.D. (Km/h)	I.M.D.A (VEH./DIA)		
	< 750		> 750
≤70	1:2	(°)	1:3
	1:3		
> 70	1:3		1:4

Tabla 2.24: Inclinationes máximas de talud (V:H), interior de la cuneta - Fuente[2]

adapte mejor a la sección transversal de la vía y que prevea la seguridad vial; revestidas o sin revestir; abiertas o cerradas, de acuerdo a los requerimientos del proyecto; en zonas urbanas o donde exista limitaciones de espacio, las cunetas cerradas pueden ser diseñadas formando parte de la berma.

Las dimensiones de las cunetas se deducen a partir de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta su pendiente longitudinal, intensidad de precipitaciones pluviales, área de drenaje y naturaleza del terreno, entre otros.

Los elementos constitutivos de una cuneta son su talud interior, su fondo y su talud exterior. Este último, por lo general coincide con el talud de corte.

Las pendientes longitudinales mínimas absolutas serán 0.2%, para cunetas revestidas y 0.5% para cunetas sin revestir.

2.3.4.12. Secciones transversales particulares

Comprende a los puentes, túneles, ensanche de plataforma y otros.

Sin perjuicio de otras limitaciones más restrictivas, no se podrá diseñar ningún tipo de intersecciones a nivel o desnivel, ni modificación del número de carriles, en los doscientos cincuenta metros (250 m) antes del inicio y después del final de un tramo afectado por una sección transversal particular, cuyos casos se describe a continuación.

1. Puentes

La sección transversal de los puentes, mantendrá la sección típica de diseño de la carretera en la cual se encuentra el puente. Dicha sección comprende también las bermas.

Los puentes además deberán estar dotados de veredas, cuyo inicio será a partir del borde

Orografía	Dimensiones mínimas		Separación máxima a cada lado (m)		
	Ancho (m)	Largo (m)	Carretera de Primera Clase	Carretera de Segunda Clase	Carretera de Tercera Clase
Plano	3,0	30,0	1.000	1.500	2.000
Ondulado	3,0	30,0	1.000	1.500	2.000
Accidentado	3,0	25,0	2.000	2.500	2.500
Escarpado	2,5	25,0	2.000	2.500	2.500

Tabla 2.25: Dimensiones mínimas y separación máximas de ensanches de plataforma - Fuente[2]

exterior de las bermas y tendrán un ancho mínimo 0.75 m.

2. Túneles

La sección transversal está constituida por la bóveda del túnel, la cual debe mantener la sección típica de diseño de la carretera en la cual se encuentra el túnel, incluyendo bermas, cunetas, veredas y otros, según corresponda.

Las veredas de los túneles deben estar separadas de la berma por medio de barreras, por seguridad vial.

3. Ensanche de plataforma

En las carreteras donde las bermas tengan anchos menores a 2.60 m, se deberá prever como medida de seguridad vial, áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera (en forma alternada), destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias. Los ensanches deben diseñarse contemplando transiciones de ingreso y salida.

Las dimensiones mínimas y separación máximas de ensanches de plataforma, se muestran en la Tabla 2.25.

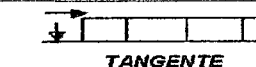
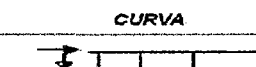
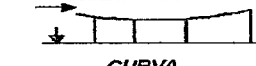
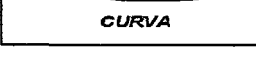
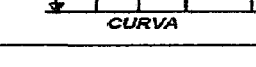
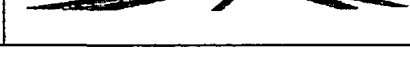
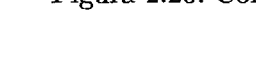
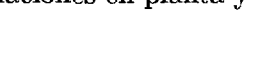
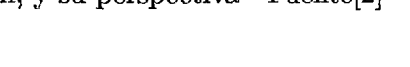
PLANTA	PERFIL	PERSPECTIVA
 TANGENTE	 TANGENTE	
 TANGENTE	 CURVA	
 TANGENTE	 CURVA	
 CURVA	 TANGENTE	
 CURVA	 CURVA	
 CURVA	 CURVA	

Figura 2.20: Combinaciones en planta y perfil, y su perspectiva - Fuente[2]

2.4. Coordinación del Trazo en Planta y Perfil, y Consistencia del Diseño Geométrico

2.4.1. Coordinación del Trazo en Planta y Perfil

2.4.1.1. Generalidades

Las normas precedentes tiene por objeto lograr un diseño geométrico de buena calidad, es decir con niveles adecuados de visibilidad, comodidad y seguridad, lo cual conlleva a una correcta elección de los elementos en planta y perfil, que configuran el trazado. No obstante, la norma aplicada por separado al diseño en planta y perfil, no asegura un buen diseño, puesto que por ejemplo, cambios sucesivos en el perfil longitudinal no combinados con la curvatura horizontal pueden conllevar a una serie de depresiones no visibles al conductor del vehículo. Por ello, es necesario estudiar sus efectos combinados, aplicando criterios de compatibilización y funcionamiento.

La superposición de los elementos del trazado en planta y perfil, unidos a las características transversales de la carretera, constituye una visión tridimensional o espacial, denominada también perspectiva. En la Figura 2.20, se muestra combinaciones de los elementos verticales y horizontales del trazado, con su correspondiente apariencia en perspectiva.

2.4.1.2. Criterios Generales de Diseño

Para conseguir una adecuada coordinación de los elementos del trazado en planta y perfil, se tendrá en consideración los siguientes criterios generales:

1. Los puntos de tangencia de toda curva vertical, en coincidencia con una curva horizontal, estarán situados dentro de la clotoide en planta y lo más próximos al punto de radio infinito. En general los puntos de inflexión en planta y perfil deben aproximadamente coincidir y ser iguales en cantidad a lo largo de un tramo.
2. Debe cumplirse la siguiente relación:

$$5A \leq \frac{L}{R} \leq 10A$$

Donde:

L: Longitud de curva vertical (m)

A: Valor absoluto de la diferencia algebraica de pendientes (tanto x 1)

R: Radio de curva circular en planta (m)

3. En carreteras con velocidad de diseño igual o menor a 60 km/h, debe cumplirse las siguiente condición:

$$L = \frac{100AR}{p}$$

Donde:

p :Peralte correspondiente a la curva circular (%)

L, A y R :Ídem, numeral anterior (2)

2.4.1.3. Casos de Coordinación del Trazo en Planta y Perfil

A continuación se presentan casos recomendables y no deseables de coordinación de los elementos del trazado en planta y perfil:

1. En la Figura 2.21, se aprecian la relación entre los elementos de diseño y los puntos de inflexión, del diseño en planta y perfil. En (a), los puntos de inflexión en planta y perfil deben aproximadamente coincidir y ser iguales en cantidad a lo largo de un tramo; en (b), en las curvas verticales convexas deberá verse con antelación un tramo de curva en planta correspondiente a unos 3,2º de giro, o sea, la clotoide entera si $A = R/3$; en (c) y (d), la sucesión de curvas

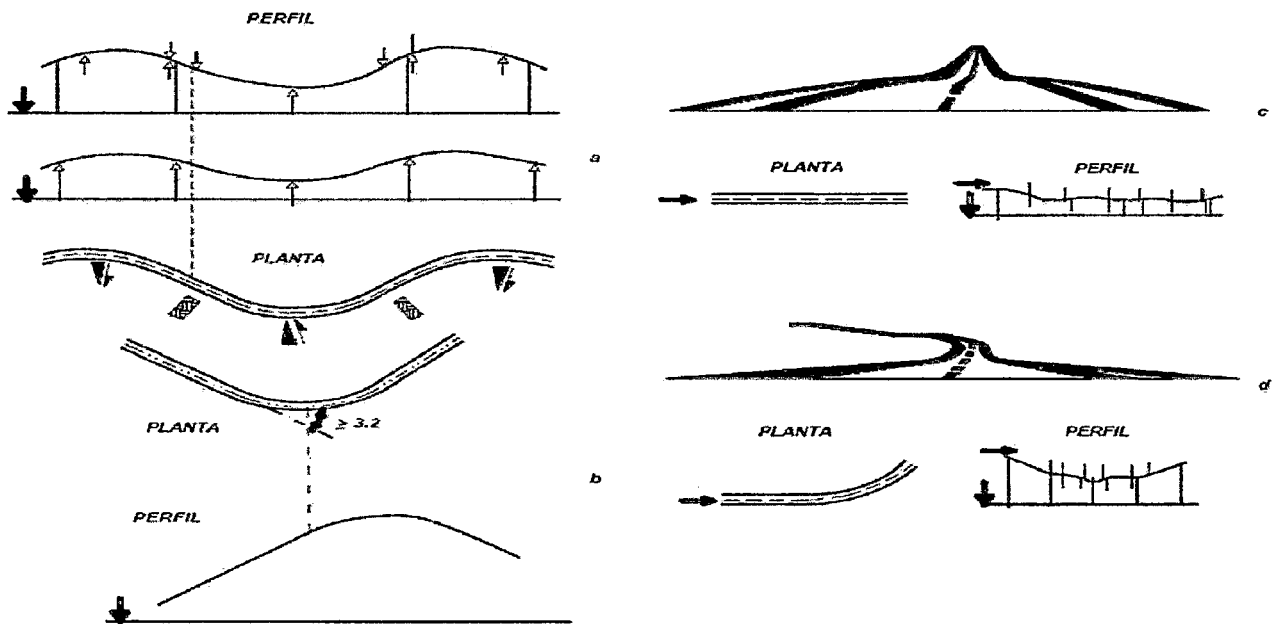


Figura 2.21: Relación entre los elementos de diseño y puntos de inflexión en planta y perfil - Fuente[2]

verticales en tramos en tangente o en curva, permite una visión del trazado como un tobogán, lo cual por ser anticstético debe evitarse.

2. En lo relacionado a combinaciones no deseables, deben evitarse las siguientes situaciones en carreteras de una calzada :

- Alineación única en planta (tangente o curva) que contenga una curva vertical cóncava o convexa corta.
- Curva vertical convexa en coincidencia con un punto de inflexión en planta
- Tangente en planta con curvas convexa y cóncava consecutivas.
- Tangente seguida de curva en planta en correspondencia con curvas convexa y cóncava.
- Alineamiento en curva, de desarrollo corto, que contenga una curva cóncava corta.
- Conjunto de alineamientos en planta, en donde puede percibirse dos curvas verticales cóncavas o dos curvas verticales convexas simultáneamente.
- Curva horizontal de radio mínimo, proxima al punto mas bajo de una curva vertical cóncava que conecte rasantes de pronunciadas pendientes.

3. En la Figuras 2.22, muestra casos de coordinación del trazo en planta y perfil en estructuras.

En (a), se muestra un efecto no deseable y que sin embargo se presenta de forma frecuente;

2.4. Coordinación del Trazo en Planta y Perfil, y Consistencia del Diseño Geométrico

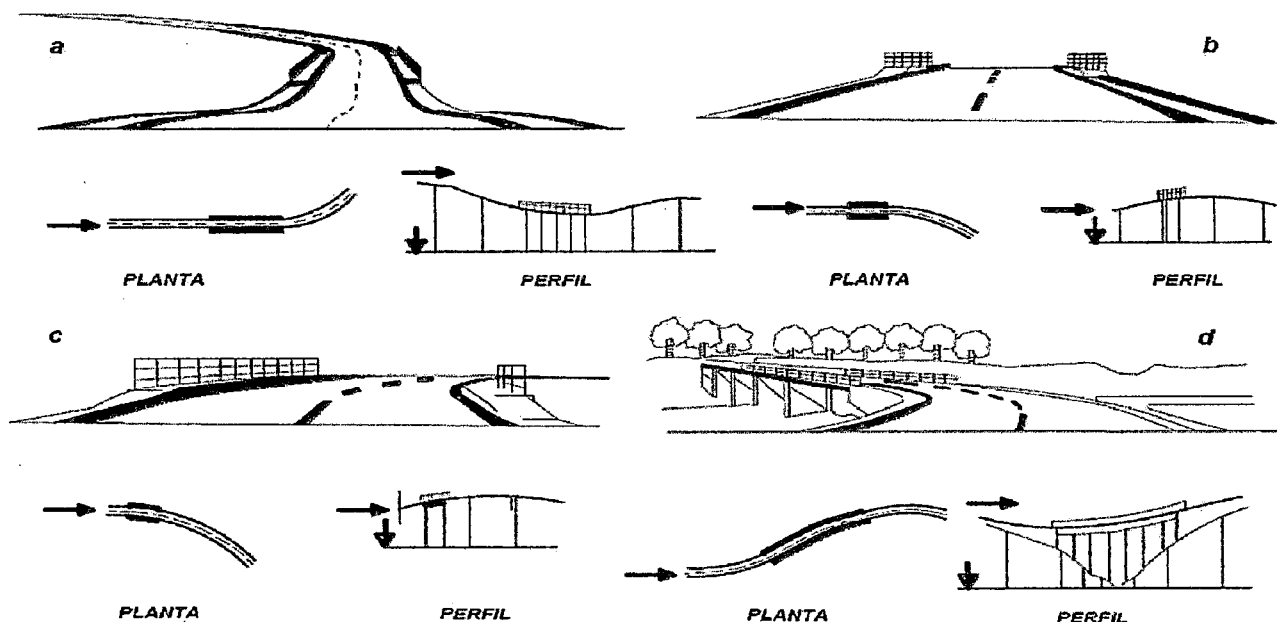


Figura 2.22: Coordinación del trazo en planta y perfil en estructuras - Fuente[2]

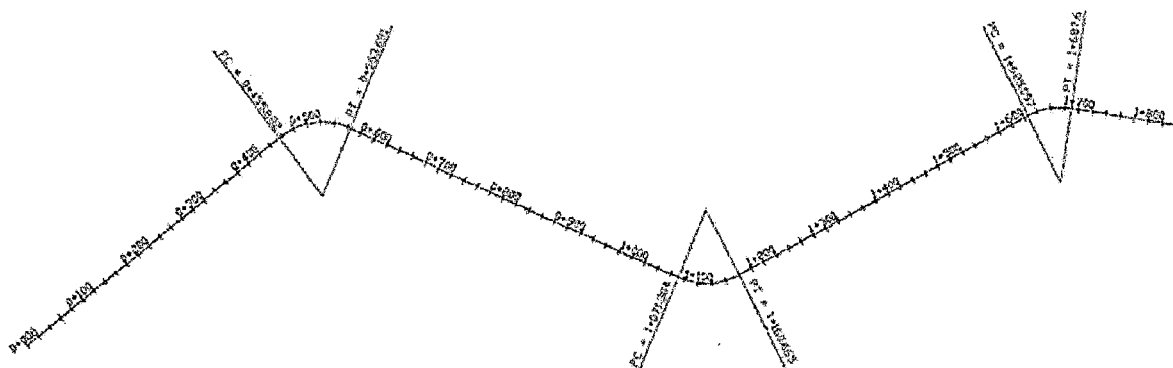


Figura 2.23: Rectas largas + curvas cortas - Fuente[3]

en (b), se muestra que las estructuras no deben ser situadas al comienzo de una curva vertical u horizontal, porque dificultan la visibilidad del camino; en (c), se aprecia que es preferible ubicarlas en zonas de curvatura franca y en (d), se aprecia que en lo posible debe contar con una buena visibilidad previa.

- En la Figura 2.23, el alineamiento es visualmente discontinuo. Puede tolerarse si es que desea dar distancias de sobre paso a la en calzadas de 2 carriles no divididas.

Si:

$$\frac{\sum L_{Curvas}}{\sum L_{Rectas}} \leq 0.10$$

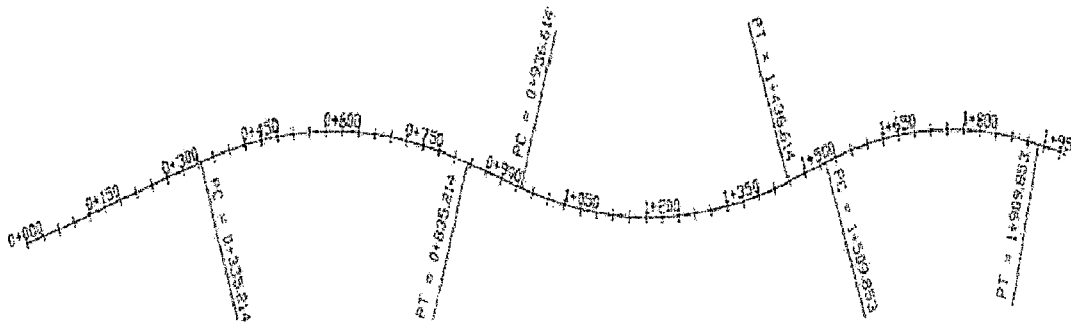


Figura 2.24: Rectas cortas + curvas largas - Fuente[3]

EL trazado es discontinuo y puede ocasionar accidentes, ya que el conductor experimenta cambios bruscos en el alineamiento.

5. En la Figura 2.24, Puede darse sobre todo en calzadas divididas.

Si:

$$\frac{\sum L_{Curvas}}{\sum L_{Rectas}} \leq 0.75$$

Este tipo de trazado puede alentar al conductor a acelerar en los tramos tangentes y ocasionar accidentes.

2.4.2. Consistencia del Diseño Geométrico

2.4.2.1. Generalidades

El diseño de una carretera, pese a ser abordado de forma separada en planta, perfil y en sección transversal, tiene como producto final una franja tridimensional, en la cual la totalidad de sus elementos generarán un conjunto único de interacción con los usuarios, y determinarán las condiciones reales de operación.

La consistencia del diseño geométrico de una carretera, se entiende como la relación de homogeneidad de sus características geométricas y las condiciones de seguridad que espera encontrar el conductor de un vehículo que circula por ella.

La aplicación de las normas contenidas en el presente Manual, debe dar como resultado un diseño que cumpla con las siguientes condiciones:

- Que el conductor pueda distinguir la superficie de rodadura, así como eventuales obstáculos, a una distancia suficiente que le permita reaccionar adecuadamente.
- Que el conductor pueda apreciar de manera oportuna, puntos particulares tales como intersecciones, confluencias, bifurcaciones, puentes, túneles, etc.
- Tener una percepción continua de la evolución del trazado, evitando confusiones generadas por interrupciones en la geometría, que podrían llevar a respuestas erróneas a los conductores.
- Que el conjunto resultante del proceso de diseño, tenga las mejores condiciones de seguridad vial y el menor impacto ambiental, posibles.

2.4.2.2. Interacción del Diseño en Planta, Perfil y Sección Transversal

A continuación se presentan algunos criterios generales, para lograr un diseño geométrico que contenga una adecuada interacción entre el diseño en planta, perfil y sección transversal:

1. Combinaciones recomendables

- Se debe buscar la coincidencia de curvas horizontales y verticales, siempre que los valores de diseño para cada una, no se encuentren muy cercanos o exactamente en los mínimos permitidos. Lo anterior tiende a aumentar la ocurrencia de tramos con visibilidad de adelantamiento y mejorar las condiciones de drenaje, entre otras. Cuando se realice esta superposición empleando curvas convexas, se debe permitir que los conductores identifiquen la presencia y magnitud de la curva horizontal antes de generarse el cambio de pendiente longitudinal, es decir, se debe limitar la longitud de la curva vertical convexa según el tipo de curva horizontal, de la siguiente manera:
 - Si la curva es espiral - circular - espiral, el desarrollo de la curva vertical deberá realizarse dentro del tramo circular central.
 - Si se emplea una curva espiral - espiral, el desarrollo de la curva vertical deberá permitir al conductor apreciar más de la mitad de la longitud de la curva horizontal.
 - Si la curva es circular simple, el desarrollo de la curva vertical se deberá realizar en una longitud inferior a la de la horizontal.
 - Si se emplean curvas circulares compuestas, la longitud de la curva vertical deberá permitir al conductor apreciar por lo menos dos curvas simples consecutivas.
- En terrenos planos, deben sustituirse los tramos en tangente de gran longitud, por curvas horizontales de gran dimensión, buscando disminuir el efecto de monotonía, causada por alineamientos muy largos, así como el deslumbramiento durante la noche.

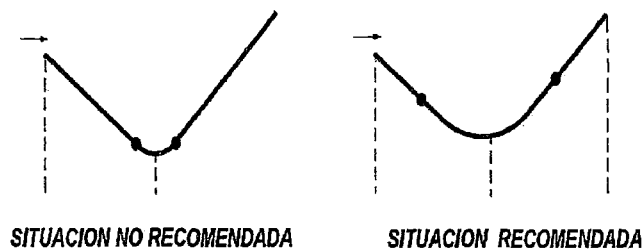


Figura 2.25: Uso recomendable de curvas verticales cóncavas - Fuente[2]

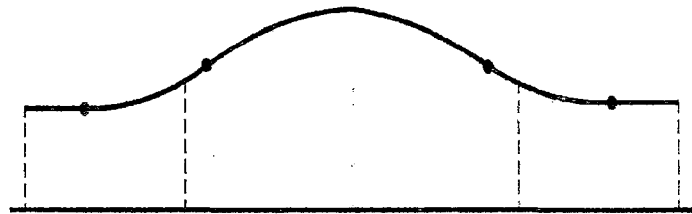


Figura 2.26: Curva vertical convexa de mayor longitud que las cóncavas - Fuente[2]

- El uso de curvas verticales cóncavas es recomendable, siempre que se encuentren acorde con la longitud del tramo de pendiente constante, requiriéndose mayores longitudes de curva entre mayor sea la longitud de las pendientes adyacentes. Ver Figura 2.25.
- En sectores de la carretera donde el terreno presente ondulaciones acentuadas, se deben emplear curvas verticales convexas de mayor longitud que las cóncavas, buscando con esto mejorar las condiciones de visibilidad en las partes altas. Ver Figura 2.26.
- En terrenos planos o con ondulaciones bajas, se deben emplear longitudes mayores para las curvas verticales cóncavas que para las convexas, buscando aprovechar las condiciones de visibilidad de las primeras. Ver Figura 2.27.
- Los puentes no deben entorpecer las condiciones de operación de la carretera para lo cual se debe procurar que:
 - Su ubicación no genere condiciones geométricas forzadas. Ver Figura 2.28.
 - Su sección transversal no debe generar efectos ópticos indeseables, como por ejemplo la disminución aparente del ancho de calzada. Ver Figura 2.29.

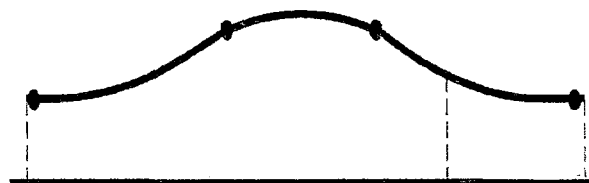


Figura 2.27: Curvas verticales cóncavas de mayor longitud que la convexa - Fuente[2]

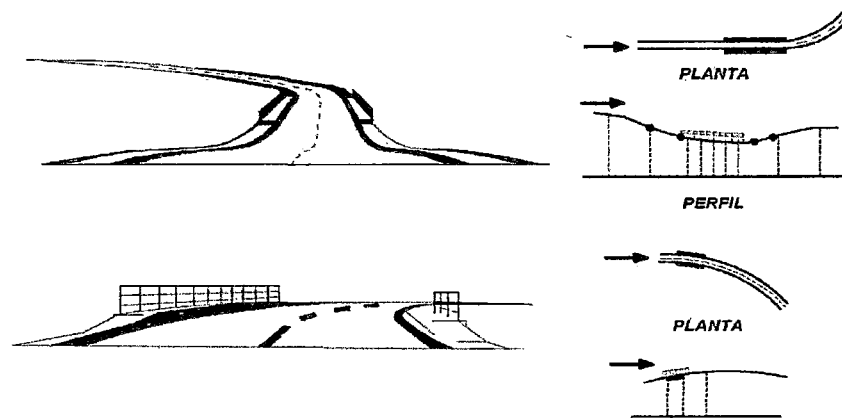


Figura 2.28: Condiciones forzadas de ubicación de puentes - Fuente[2]

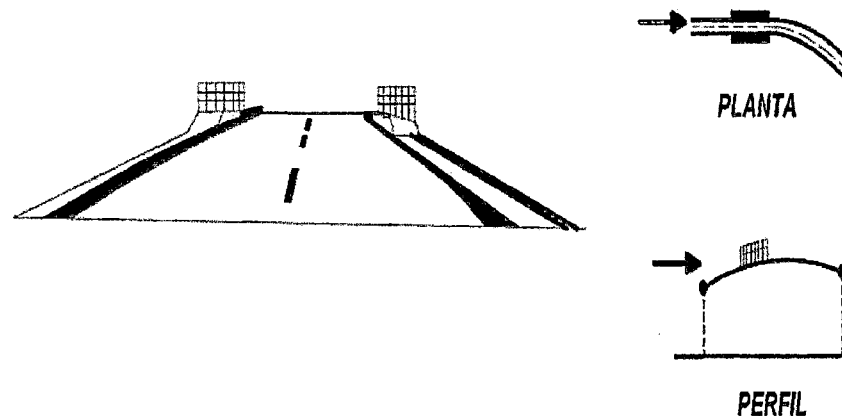


Figura 2.29: Efectos ópticos por la aparente reducción del ancho de calzada - Fuente[2]

- El trazado debe permitir a los conductores su identificación oportuna, evitando el efecto “sorpresa”.
- Las obras de drenaje, deben evitar al máximo las concentraciones de agua en la vía, las cuales generan disminución en la velocidad de los vehículos, y en casos críticos accidentes por el fenómeno de “hidroplaneo”.
- En lo posible, las obras de drenaje no deben ubicarse dentro de curvas horizontales de radios cercanos al mínimo, por el efecto restrictivo que generan sobre los conductores y que los obliga a realizar operaciones súbitas de frenado.
- El diseño de las cunetas, debe permitir la conducción de las aguas superficiales sin que su geometría (sección transversal), se constituya en un riesgo para los vehículos en caso de despiste y ocasional volcamiento, ante el evento que algún vehículo traspase el borde exterior de la berma.
- En zonas de cruce de peatones, se debe tener precaución en que las aguas de escorrentía

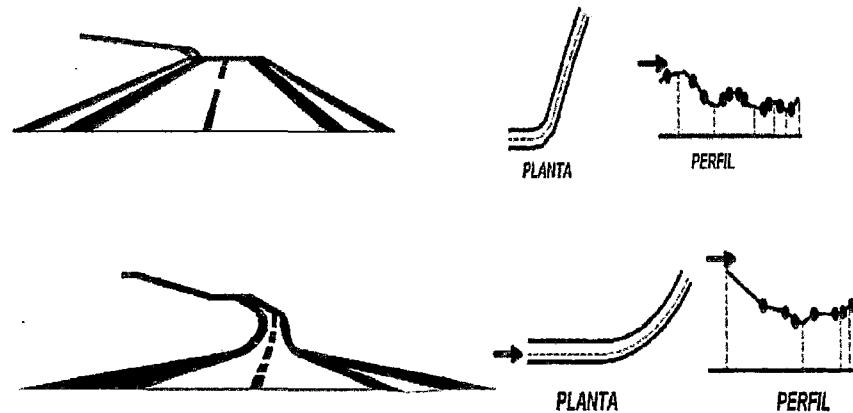


Figura 2.30: Curvas verticales sucesivas - Fuente[2]

no afecten el paso de estos.

- Tener especial cuidado en los sitios de descarga de las estructuras de drenaje, a fin de evitar efectos de erosión y otros daños.

2. Combinaciones no recomendables

En el diseño deben evitarse las siguientes combinaciones en planta, perfil y sección transversal:

- Tangentes de gran longitud seguidos de curvas horizontales de radios mínimos.
- Tangentes de gran longitud a expensas de pendientes fuertes.
- Pendientes bajas a expensas de desarrollos en planta muy extensos.
- Combinaciones que conduzcan a la pérdida de trazado entendiéndose por esta, a la aparente desaparición visual de la vía y su súbita reaparición, a una distancia inferior a la requerida para recuperar el control del vehículo.
- En terrenos planos y ondulados, la sucesión de curvas verticales y de corta longitud produce el efecto de pérdida de trazado y de disminución de los tramos de adelantamiento, mas aun, cuando se suman curvas en planta sucesivas; como se ve en Figura 2.30.

MODELAMIENTO EN BIM

(BUILDING INFORMATION MODELING)

3.1. Origen del BIM

Encontramos varios puntos vista sobre el origen de este concepto. La empresa pionera en la aplicación del concepto BIM fue la empresa húngara Graphisoft¹, la cual lo implementó bajo el nombre de Virtual Building (Edificio Virtual) desde 1984 en su programa ArchiCAD[7], reconocido como el primer software de CAD para computadora personal capaz de crear tanto dibujos en 2D como 3D; Autodesk² comenzó utilizar el concepto BIM desde 2002 cuando compró la compañía texana Revit Technology Corporation³ por 133 millones de dólares[7]; mientras que otros postulan que fue el profesor Charles M. Eastman⁴, del Georgia Tech Institute of Technology, el primero en difundir el concepto de Modelo de Información de Edificación, como un sinónimo de BIM, a inicios de los setenta en numerosos libros y artículos académicos. Sin embargo, parece haber un consenso generalizado acerca de que Jerry Laiserin fue quien lo popularizó como un término común para la representación digital de procesos de construcción, con el objetivo de intercambiar e interoperacionalizar información en formato digital. Esta capacidad hoy es ofrecida por diferentes proveedores tecnológicos

¹Desarrolla Building Information Modeling productos de software para arquitectos, interioristas y planificadores, con sede en Budapest, Hungría. Graphisoft tiene filiales en Alemania, Estados Unidos, Reino Unido, España, Japón y oficinas de representación en Rusia y Singapur.

²Es una compañía dedicada al software de diseño en 2D y 3D para las industrias de manufacturas, infraestructuras, construcción, medios y entretenimiento y datos transmitidos vía inalámbrica. Fue fundada en 1982 por John Walker (programador) y otros doce cofundadores. A lo largo de su historia, ha tenido varias sedes, como por ejemplo en el condado de Marin (California). Su sede se encuentra actualmente en San Rafael (California).

³Su historia se remonta a 1997 cuando un grupo de programadores que había trabajado en el programa Pro-Engineer decidió unirse para crear un programa paramétrico para arquitectura, para ello fundaron Revit Technology Corporation que lanzó "Revit" con el eslogan "Revise Instantly" (cambios actualizados instantáneamente en todos los espacios del dibujo).

⁴Es un profesor en las Facultades de Arquitectura y Ciencias de la Computación en el Instituto de Tecnología de Georgia. Es especialista en las áreas de construcción de modelado de información, el modelado de sólidos y paramétrico, las bases de datos de ingeniería, y modelos de productos y la interoperabilidad

como: Nemetschek, Sigma Design, Autodesk, StruCad de AceCad Software, Bentley Systems⁵, Graphisoft, ACCA software, sds/2 por Design Data (líder en ingeniería de detalle), CADDetails, entre otros.

Por otra parte, el concepto de BIM, en el área de la arquitectura y la construcción, presenta varias opciones en cuanto a plataformas y software para su implementación.

En 1978 se presentó la primera versión de Sigma Graphics, desarrollado por Sigma Design International, de Alexandria, Louisiana, el cual posteriormente se denominó ARRIS CAD en el año de 1984[7]: un entorno completamente dedicado a la arquitectura y la construcción. Este software originalmente fue desarrollado para entornos multitarea tales como UNIX⁶/XENIX⁷ y actualmente trabaja bajo sistemas operativos de Windows.

3.2. Definición del BIM

Algunos dicen que BIM es un tipo de software. Otros dicen que BIM es el modelo 3D virtual de los edificios. Otros dicen que BIM es un proceso o que BIM no es más que una colección de datos de un edificio organizados en una base de datos estructural que se puede consultar fácilmente de forma visual o numérica. Es seguro afirmar que BIM es todo lo que se dice anteriormente y algunas cosas más... Vamos a ver BIM explicado en términos generales[8]. Cuando algo se convierte en BIM empieza con un modelo digital 3D del edificio. Este modelo no es más que pura geometría y algunas texturas colocadas sobre él para su visualización. Un verdadero modelo BIM consiste en los equivalentes virtuales de los elementos constructivos y piezas que se utilizan para construir el edificio. Estos elementos tienen todas las características físicas y lógicas de sus componentes reales. Estos elementos inteligentes son el prototipo digital de los elementos físicos del edificio, como son los muros, pilares, ventanas, puertas, escaleras, etc. que nos permiten simular el edificio y entender su comportamiento en un entorno computarizado antes de que se inicie su construcción real. Sin embargo, con la llegada de las tecnologías móviles, como los iPhones/iPads y la aceptación del uso del BIM ha ido más allá del cerrado círculo de los profesionales. Los clientes, los propietarios de los edificios y los operarios cada

⁵Keith A. Bentley y su hermano Barry J. Bentley fundaron Bentley Systems en 1984. Es una empresa especializada en software para el ciclo de vida de infra-estructuras (diseño, evaluación, optimización, simulación, planificación, construcción y operación). Los productos de la empresa son utilizados en la Ingeniería de Construcción (arquitectura, edificación, carreteras y puentes), Sistema de Información Geográfica (cartografía, Ingeniería geotécnica, Catastro), redes de utilidad (ferrovías, alcantarillado, redes de fibras ópticas) o en el mantenimiento de grandes infraestructuras (por ejemplo una autovía o un aeropuerto).

⁶Es un sistema operativo portable, multitarea y multiusuario; desarrollado, en principio, en 1969, por un grupo de empleados de los laboratorios Bell de AT&T, entre los que figuran Ken Thompson, Dennis Ritchie y Douglas McIlroy.

⁷Era un sistema operativo tipo UNIX desarrollado por Microsoft. Microsoft lo llamó así debido a que no tenía licencia para utilizar el nombre "UNIX". Es un sistema obsoleto, sin embargo ocupa poco espacio de disco y es rápido.

vez tienen más acceso a los modelos BIM a través de sus dispositivos móviles, incluso sin tener que instalar ninguna aplicación BIM para ello. Este hecho va a suponer la adopción de BIM en el siguiente nivel y por lo tanto, usted como profesional, no puede continuar ignorando por más tiempo el concepto BIM.

3.2.1. ¿Para qué sirve BIM?

3.2.1.1. Visualización 3D

Aunque puede haber varias metas diferentes para la creación de un modelo construido BIM que pueden diferir tanto en su enfoque, alcance, complejidad, nivel de detalle y la profundidad de la información incorporada al modelo 3D, por supuesto, el uso más trivial de un modelo BIM es para realizar bonitas visualizaciones del edificio que se va a construir. Esto es bueno tanto para ayudar a su decisión de diseño mediante la comparación de diferentes alternativas de diseño como para “vender” su diseño a su cliente o incluso a la comunidad local, que podría tener un voto sobre el proyecto del edificio.

3.2.1.2. Gestión de Cambios

Puesto que los datos se almacenan en un lugar central en un modelo BIM cualquier modificación del diseño del edificio se replicará automáticamente en cada vista, tales como planos de planta, secciones y alzados. Esto no sólo ayuda a la creación de la documentación de forma más rápida sino que también proporciona la garantía de calidad rigurosa en la coordinación automática de los diferentes puntos de vista.

3.2.1.3. Simulación del Edificio

Los modelos BIM no solo contienen datos arquitectónicos sino también toda la información interna del edificio, incluyendo todos los datos de ingeniería como las estructuras de carga, todos los conductos y tuberías de los sistemas e incluso la información sobre sostenibilidad, permitiéndonos realizar simulaciones de las características del edificio por adelantado.

3.2.1.4. Gestión de Datos

BIM contiene información que no se ve representada en los planos. La información sobre el calendario, por ejemplo, clarifica los recursos humanos necesarios, la coordinación y todo lo que pueda afectar a la agenda del proyecto. El coste es también la parte del BIM que nos permite saber el presupuesto estimado del proyecto en cada fase del tiempo durante el cual se ejecuta.

3.2.2. ¿Porqué debería cambiar de CAD a BIM?

BIM y CAD representan dos aproximaciones fundamentalmente diferentes al diseño arquitectónico y su documentación. Las aplicaciones de CAD (Computer Aided Design) imitan el tradicional proceso de “papel y lápiz” con dibujos electrónicos de dos dimensiones creados desde elementos gráficos 2D como líneas, tramas y textos, etc. Los dibujos de CAD, de forma similar a los dibujos en papel, son creados de forma independiente por lo que cada cambio en el diseño debe revisarse y modificarse manualmente en cada uno de ellos. Las aplicaciones BIM (Building Information Modeling) imitan el proceso real de construcción. En lugar de crear dibujos con líneas 2D se construyen los edificios de forma virtual modelándolos con elementos reales de construcción, como muros, ventanas, forjados, cubiertas, etc. Esto permite a los arquitectos diseñar edificios de la misma forma en que son construidos. Como todos los datos están guardados en el modelo virtual central, los cambios en el diseño son automáticamente detectados y realizados en todos los dibujos individuales generados desde el modelo. Con esta aproximación integrada del modelo, BIM no solo ofrece un significativo incremento en la productividad sino que sirve como base para unos diseños mejor coordinados y para un proceso de construcción basado en el modelo. Mientras que el cambio desde CAD a BIM está ya justificado con los beneficios obtenidos durante la fase de diseño, BIM todavía ofrece más beneficios durante la construcción y operativa de los edificios.

3.3. Filosofía del BIM

Recordemos la resistencia que hubo ante los primeros sistemas de CAD 2D. Luego llegaron los sistemas de modelado 3D y todavía generaron más refunfuños. Esta misma resistencia al cambio se produce con las soluciones BIM.

Como BIM representa un nuevo enfoque para el diseño de edificios (no sólo la implementación de una nueva tecnología de apoyo), las empresas deberían prestar atención a la composición del equipo de transición. El equipo debería estar formado por individuos ágiles y abiertos al cambio, que comprendieran la visión global y actuaran como evangelizadores de BIM.

BIM representa un nuevo enfoque para el diseño de edificios que cambiará la dinámica funcional de las empresas de diseño. Por consiguiente, la transición a BIM requiere un análisis en profundidad sobre cuál es la mejor manera de organizar una oficina en torno a BIM.

BIM significa cambios: cambios en la forma de trabajar, cambios en las necesidades de personal y la organización de los proyectos, y cambios en la manera en que la empresa utiliza la información

contenida en el modelo de edificio.

No renuncie a la formación en BIM. Hay diversas opciones de formación que pueden atenuar su coste. La pérdida de productividad será algo pasajero. La formación práctica contribuirá a mantener la productividad de su empresa a la vez que se aprende a utilizar el nuevo sistema. “Es triste ver a un Arquitecto diseñando en CAD, qué pérdida de talento y energía, Revit es una herramienta apasionante; o que un Ingeniero Civil esté diseñando carreteras en AutoCAD Land Desktop pudiendo hacerlo en AutoCAD Civil 3D. En conclusión se espera que todos empiecen a diseñar en una dimensión totalmente nueva.”[9]

BIM puede ofrecer unos beneficios empresariales extraordinarios, pero para ello es necesario abandonar las formas tradicionales de trabajar. La transición de la tecnología basada en CAD a la tecnología de CAD de objetos puede ser un cambio gradual o evolutivo. Pasar a la tecnología de modelado de información de edificios es un cambio mucho más importante, por lo que requiere una cuidadosa planificación, dotación de personal y formación para su implementación.

3.4. Requisitos del BIM

Aunque existen diversas soluciones de diseño basadas en el modelo disponibles en el mercado, es importante tener en cuenta que no todas pueden cumplir completamente los requerimientos para ser una solución BIM verdadera[10]. Las siguientes preguntas le ayudarán a juzgar si ciertas soluciones tienen todas las características que le permiten ser una verdadera y completa solución BIM que destaque sobre las demás:

1. ¿Cuál es la “profundidad” soportada del modelo BIM?

De manera óptima, el modelo BIM debe ser capaz de cubrir todas las necesidades durante todo el ciclo de vida del proyecto de construcción. Hay varios niveles y profundidades para crear modelos de edificios en 3D, empezando por los modelos de comunicación utilizados para el diseño esquemático a través de modelos 3D creados con fines de visualización hasta los modelos de información inteligente “reales” de la construcción. Mientras que los modelos creados para la visualización no contienen más que la geometría 3D y descripciones de los materiales necesarios para la presentación realista del edificio, los modelos reales de BIM, además de la geometría, también contienen una gran cantidad de información adicional necesaria para coordinar, documentar, listar y gestionar el edificio basándose en su modelo BIM inteligente.

2. ¿Cubre la solución BIM el flujo de trabajo completo?

Como se indica anteriormente, los modelos BIM “reales” deberían incorporar toda la información necesaria para crear todas las entregas necesarias durante el ciclo de vida del proyecto de

construcción. Esto también indica que la herramienta de creación BIM debería cubrir completamente el flujo de trabajo BIM sin tener que estar cambiando de herramienta y/o de flujos de trabajo en mitad del proyecto. Por lo tanto, es una cuestión vital si el diseño, la documentación, la realización y el funcionamiento del edificio es soportado por la herramienta BIM, empezando por el diseño conceptual hasta el desarrollo de la documentación del diseño de la construcción, la administración y gestión de la construcción y, finalmente, la gestión de instalaciones.

3. **¿A qué nivel soporta la solución BIM la interoperabilidad?**

Adicionalmente a ser compatible con el resto del mundo a nivel binario (compatibilidad de archivos) las herramientas BIM también necesitan ser compatibles entre sí a nivel de procesos o de flujos de trabajo. Esto es especialmente necesario en el caso de equipos de diseño interdisciplinarios que necesitan colaborar en diferentes aspectos del diseño del mismo edificio. Al seleccionar su herramienta BIM es crítico saber de qué manera su herramienta BIM soporta los estándares abiertos y flujos de trabajo abiertos que permiten la coordinación con los consultores, sin tener en cuenta el tipo o versión de su aplicación de diseño (herramienta BIM).

4. **¿Soporta la solución BIM la colaboración basada en el modelo a tiempo real?**

El diseño constructivo es un proceso de equipo en la mayoría de los casos. Por lo tanto debería también ser un proceso BIM. Sin embargo esto no es un hecho, ya que los modelos BIM están mucho más estrechamente integrados que los proyectos tradicionales de CAD basados en dibujos. Compartir el diseño en BIM requiere un enfoque totalmente nuevo que involucra a servidores BIM activos que ofrecen un acceso a tiempo real de forma paralela para todo el equipo de trabajo. Cuando seleccione su herramienta BIM es una pregunta de vital importancia saber de qué forma está diseñado el modelo BIM y el proceso para ser creado, de cara a que sea capaz de soportar el trabajo de diseño compartido en tiempo real para equipos y proyectos de cualquier tamaño.

5. **¿Tiene la solución BIM suficiente rendimiento como para soportar proyectos grandes/complejos?**

Como decíamos anteriormente, los modelos BIM están mucho más estrechamente integrados que los proyectos tradicionales de CAD basados en dibujos. Esto implica necesariamente que el tamaño del proyecto tiene un crecimiento exponencial con relación a los requisitos de rendimiento. La forma en que una solución BIM puede soportar este crecimiento depende de varios factores, incluyendo su habilidad de aprovechar las últimas mejoras de hardware y la manera que tiene de manejar el modelo. Cuando seleccione su herramienta BIM debe preguntar sobretodo cual es el tamaño máximo soportado/recomendado del proyecto y de qué forma son soportados los últimos avances en tecnología como los 64 bits y los multiprocesadores de forma conjunta y al mismo tiempo por la aplicación BIM.

6. ¿Soporta la solución BIM los estándares locales y ofrece contenido local suficiente?

Los proyectos de edificación no son piezas de diseño únicas, pero la forma en que son diseñadas varía según el país. Los proveedores de soluciones BIM Globales soportan el concepto de “local” a diferentes niveles. La traducción del idioma no es realmente “localizar” la aplicación, solamente es traducir sus nomenclaturas. Cuando seleccione su herramienta BIM debe interesarse por saber y comprobar de qué forma la solución BIM soporta los estándares de diseño locales y si tiene contenidos locales como elementos constructivos inteligentes, plantillas de listados y esquemas locales y grupos de atributos que siguen los estándares locales.

3.5. BIM Aplicado a la Ingeniería y Arquitectura

Todo tiene un momento. El BIM tiene muchísimos años de existencia, siendo ArchiCAD uno de sus primeros programas. Sin embargo el momento es ahora, y no hace 20 años. Cuando nacieron las redes sociales, como por ejemplo MySpace, tuvo su pequeña cuota de mercado, pero nunca triunfó de manera masiva como ocurrió con Facebook. Pocos años de diferencia pero una nació en el momento justo, y puso de moda las redes sociales.

El BIM está viviendo su momento de esplendor. No cabe duda, y el culpable de ello es Revit. Sé que afirmando esto tendré muchas voces en contra pero lo cierto es que si bien el resto de programas como AllPlan, ArchiCAD siempre han tenido una cuota de mercado fiel, es Revit el que ha hecho que los usuarios de AutoCAD cambiaran. Y si hablamos del programa que más usuarios tiene en el mundo y consigue que un porcentaje mínimo se pase a Revit, estaremos ante el programa más usado en BIM en poco tiempo. Actualmente es el más popular, sin dudas. ¿Pero es mejor? Se lo preguntaría a Esther Maldonado en Madrid, que ha tenido la oportunidad de trabajar con ArchiCAD, AllPlan y Revit y seguramente su respuesta es que todos funcionan muy bien, y que ninguno destaca técnicamente frente a los demás. Sin embargo, Revit, tiene algunos PLUS que lo hacen el software con mayor proyección. En primer lugar que si bien sus usuarios son fieles a ultranza, lo cierto es el hecho de tener 3 áreas diferenciadas en Architecture, Structure y MEP con las posibilidades que permite de evolucionar o llevar la geometría a otros programas específicos para realizar tareas de las más variopintas, parece ir en el camino del éxito indiscutido. Ser de Autodesk, ayuda a encontrar modelos de negocio más sencillo y las puertas se le abren fácilmente.

En 2002, Autodesk compró un software de modelado paramétrico relacionado, llamado Revit, que pertenecía a la empresa basada en Massachusetts llamada Revit Technologies por un importe \$133 millones de dólares.[11]

El 4 de octubre de 2005, Autodesk anunció su intención de adquirir Alias StudioTools que concretó el 10 de enero de 2006, por la suma de 197 millones de dólares[11]. StudioTools cambió su nombre por el de Autodesk AliasStudio⁸.

Desde estudios conceptuales hasta la documentación de construcción más detallada, el software Revit Architecture de Autodesk, ayuda a arquitectos y diseñadores a regresar a los orígenes: el diseño de edificios sin la interferencia del software.

El software Revit Structure de Autodesk, combina un modelo físico con un modelo analítico, lo que ayuda a los ingenieros a ahorrar tiempo mediante la creación de un único modelo de construcción para diferentes tipos de análisis y para todos los documentos de construcción.

Con esto surge una nueva realidad. Una realidad donde se pasa de dibujar planos, a construir modelos virtuales. Modelos que reflejan lo que va a ocurrir en la realidad. Por ejemplo, el desagüe de la ducha, estará físicamente en el lugar que se supone que estará en obra, y cuando se realice el modelo de instalaciones (MEP) el desagüe tendrá que estar pegado al punto de salida de la ducha. No existe la posibilidad de mentir.

El software Revit MEP de Autodesk ofrece un entorno unificado para el diseño, la ingeniería, el análisis y la documentación en mecánica, electricidad y fontanería. Los ingenieros mecánicos, eléctricos y de fontanería pueden ahora trabajar directamente en el contexto del modelo del edificio.

Con el software Autodesk 3ds Max, los arquitectos y diseñadores pueden crear fácilmente asombrosas visualizaciones fotorealistas de diseños de edificios.

GRAPHISOFT inició la revolución BIM con ArchiCAD, el primer software BIM de la industria para los arquitectos. GRAPHISOFT continúa liderando la industria con soluciones innovadoras como el revolucionario BIM Server, el primer entorno BIM de colaboración en tiempo real totalmente integrado del mundo, EcoDesigner, la primera aplicación completamente integrada del modelo energético del edificio del mundo y GRAPHISOFT BIMx, el entorno de presentación interactivo BIM líder mundial, disponible también para iPad/iPhone y dispositivos Android. Además de estas herramientas BIM genuinas, GRAPHISOFT ofrece una amplia colección de productos y soluciones para ampliar las capacidades de sus herramientas BIM.

⁸Autodesk Alias se utiliza a menudo para el diseño y el estilo de la automoción, naval, aviones, equipos deportivos, caja de la electrónica, juguete de los niños, y los mercados de accesorios de moda.

3.6. BIM Aplicado al Diseño Geométrico de Carreteras

Una comunicación clara y concisa entre arquitectos, ingenieros, profesionales de la construcción, gerentes de instalaciones y propietarios es la clave del éxito de cualquier proyecto. Para poder leer la misma página hay que leer el mismo libro o, en caso de la construcción, usar el mismo modelo. Las soluciones de software de modelado de información para la edificación (BIM) de Autodesk proporcionan a los equipos herramientas para hacer que la información esté siempre coordinada, actualizada y accesible en un entorno integrado.

Las soluciones de software de modelado de información para la edificación (Building Information Modeling o BIM) de Autodesk introducen una nueva forma de trabajar basada en la creación y el uso de información coherente y coordinada, lo que permite una toma de decisiones más rápida, una mejor documentación y la posibilidad de predecir las prestaciones incluso antes de empezar a excavar.

Mediante la conexión de las personas y los procesos en un entorno bajo demanda basado en web, las soluciones de gestión de proyectos en colaboración de Autodesk le ofrecen visibilidad en tiempo real del estado de sus proyectos y le ayudan a perfeccionar el flujo de trabajo para que sea organizado y eficiente.

AutoCAD Civil 3D es una solución de diseño y documentación para ingeniería civil que admite flujos de trabajo de Modelado de Información de Edificios. Con AutoCAD Civil 3D, los profesionales en infraestructuras pueden comprender mejor el rendimiento de sus proyectos, mantener datos y procesos más consistentes, y responder más rápidamente al cambio.[11]

Con el software Autodesk 3ds Max Design, los ingenieros pueden crear fácilmente asombrosas visualizaciones fotorealistas de diseños de carreteras y obras de arte[11].

CAPÍTULO IV

CURVAS CLOTOIDES

4.1. Curvas de Transición

Las curvas de transición (también llamadas “espirales de transición” o “clotoides”) para los ferrocarriles y carreteras son curvas que proporcionan un cambio de curvatura gradual desde un tramo recto a uno circular. Tales curvas de adaptación resultan de gran necesidad en carreteras y ferrocarriles de velocidad elevada, desde el punto de vista de la comodidad, y para conseguir gradualmente el peralte del carril exterior en las curvas.

El uso de las curvas de transición tiene las mismas ventajas generales que para los ferrocarriles, más el coeficiente de seguridad, es decir, se proporciona una zona de transición, reduciendo así la tendencia a desviarse de la faja lógica de tráfico. En una forma más simple, se utiliza como enlace entre alineaciones rectas y curvas circulares, con el propósito de suavizar gradualmente el encuentro de una curva de radio infinito, como es la recta, con una curva circular de radio determinado (Fig. 4.1).

La fuerza centrífuga se define mediante la expresión:

$$F_c = \frac{Mv^2}{R}$$

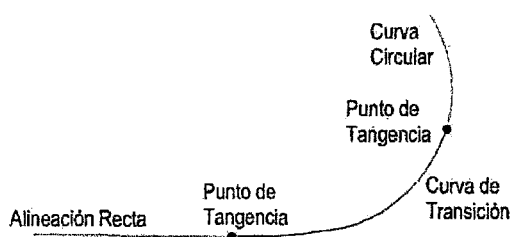


Figura 4.1: Enlace con clotoide entre alineaciones rectas y curvas - Fuente[4]

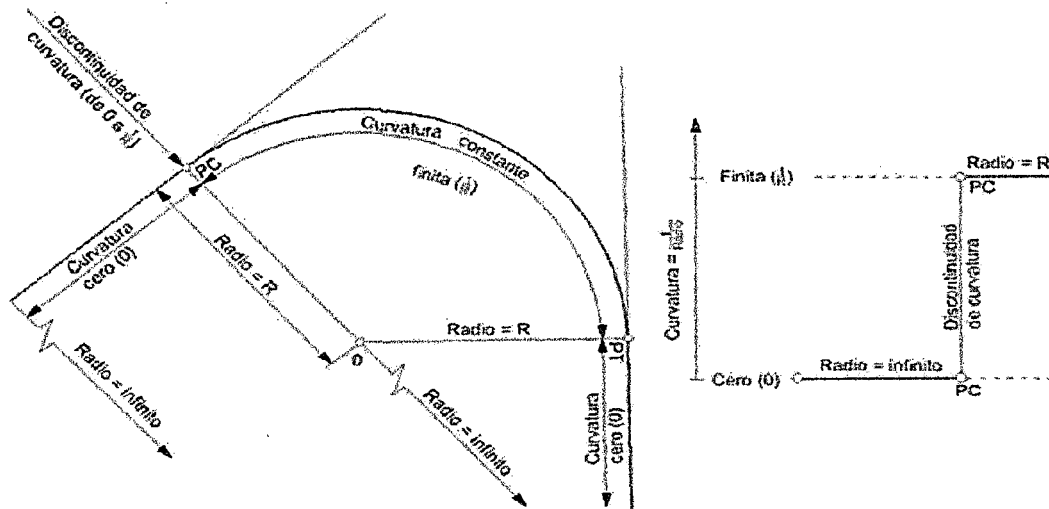


Figura 4.2: Fuerza centrífuga en trazo circular - Fuente[4]

Donde:

M: Masa del móvil

v: Velocidad de dicho móvil

R: Radio de la curva circular

F_c es igual a cero en un tramo recto, pero al entrar en una curva adquiere de pronto un valor determinado, lo cual hace que un vehículo corra el riesgo de salirse a la entrada de la curva, si no reduce la velocidad con lo cual disminuiría el valor de F_c , como puede verse en la ecuación anterior y figura 4.2.

Desde el punto de vista del conductor, cuando un vehículo que circula por un tramo recto de carretera llega a uno circular, el conductor debe girar el volante para colocara la rueda conductora en un nuevo ángulo, que depende del radio de la curva. Este movimiento no se puede hacer instantáneamente, sino en un intervalo de tiempo medible, creando así una necesidad de curva de transición cuya longitud es igual a *velocidad $\times$ tiempo*.

Cuando un vehículo recorre una curva de transición para pasar de recta a curva, se va ejerciendo una presión constante y creciente sobre el giro del volante y al mismo tiempo se va desacelerando de forma gradual (figura 4.3).

El alineamiento horizontal con curvas circulares simples queda compuesto por tramos rectos enlazados por arcos circulares. Un tramo recto, o en tangente, presenta un radio de curvatura infinito, mientras que un arco circular presenta un radio de curvatura constante, lo que significa que en el PC y PT

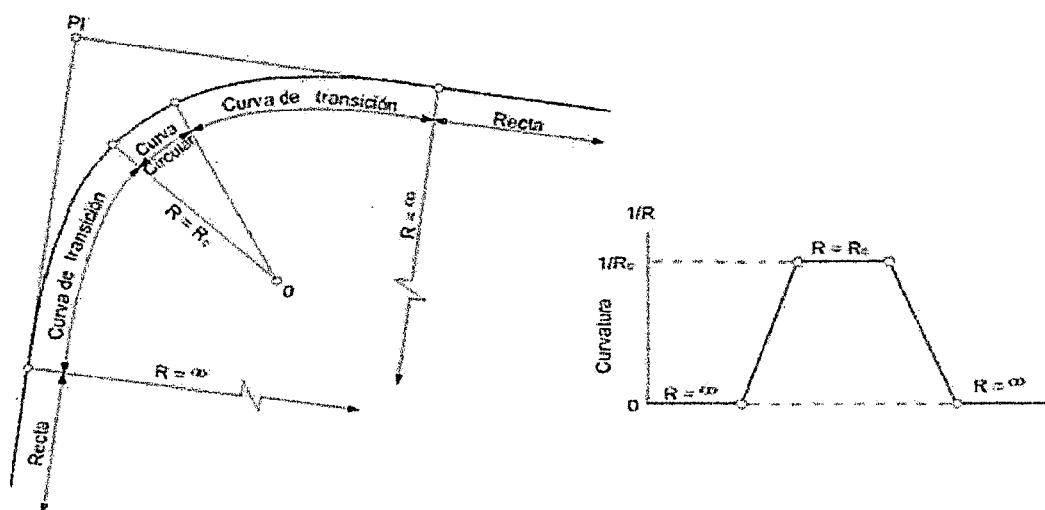


Figura 4.3: Fuerza centrífuga en trazos con clotoides - Fuente[4]

de una curva circular se presenta un cambio brusco y puntual de curvatura, lo que ocasiona a su vez una variación inmediata en la fuerza centrífuga. Lo anterior obliga a los conductores a describir una trayectoria errónea durante un tramo de vía, principalmente a la entrada y salida de las curvas, mientras asimila el cambio de dicha fuerza centrífuga.

4.1.1. Ventajas de las Curvas de Transición

- Permiten un cambio de curvatura gradual y cómodo entre un elemento con un radio de curvatura infinito (recta) y un elemento con radio de curvatura constante (arco circular). Cuando se emplea solo línea y arcos, este cambio se realiza de una manera puntual, lo que ocasiona incomodidad e inseguridad en los conductores.
- Brindan una mejor apariencia en la carretera.
- Incrementan la visibilidad.
- Facilitan el cambio en el ancho de calzada de curvas donde, de acuerdo con su radio principalmente, se requiere un ancho adicional, que se denomina sobreancho.
- Permiten reemplazar largas tangentes por curvas cómodas y seguras, sin alargar mucho la longitud de la vía y sin afectar la visibilidad.
- Se evita la necesidad de entretangencia entre dos curvas de sentido contrario.
- Permiten ajustar el trazado de la vía a la trayectoria recorrida por los vehículos en las curvas, evitando que estas invadan el carril contrario. En general, cuando los vehículos circulan por una curva tienden a desplazarse hacia el centro de esta. Si se observa la Figura 4.4, donde se

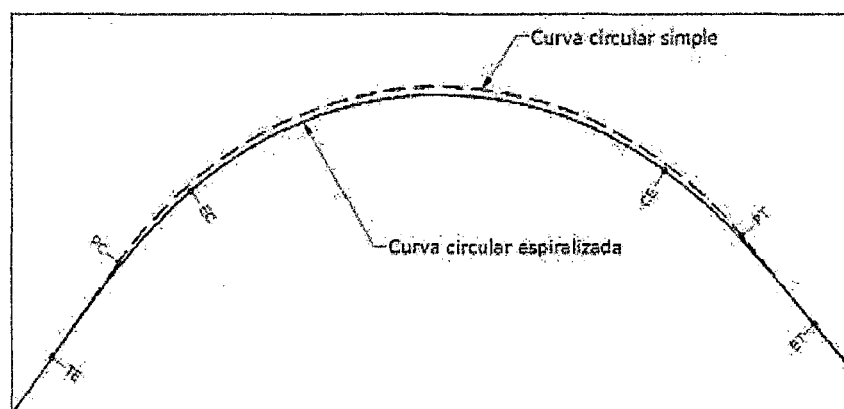


Figura 4.4: Efectos de la curva de transición sobre la circular - Fuente[5]

superponen dos curvas con el mismo radio y deflexión, una circular simple y otra circular pero con espirales de transición a la entrada y a la salida, se tiene que las espirales desplazan la curva circular hacia centro. El desplazamiento del PC de la curva circular simple con respecto a la prolongación de la curva circular con espirales se denomina disloque.

- Permiten desarrollar la transición del peralte de forma tal que en cualquier punto el valor del peralte corresponda al requerido por la curvatura en ese punto específico. El cambio de pendiente transversal de la calzada entre un tramo recto, es decir el bombeo, y un arco circular, o sea el peralte, debe hacerse de forma gradual y constante, lo que obliga a usar una transición. En las curvas circulares simples se produce cierto grado de incomodidad cuando la transición del peralte se realiza en su totalidad por fuera de esta, debido a que en una recta no se requiere peralte; cuando se desarrolla por dentro, se genera inseguridad debido a que a la entrada y a la salida de la curva se está suministrando un valor de peralte inferior al requerido. Hay que considerar, además, que esta solución en muchas ocasiones no es posible, debido a que la longitud de la curva circular es relativamente corta. Si se combinan las dos soluciones, se genera cierto grado de incomodidad e inseguridad, así sea en menor proporción.

4.2. La Clotoide

Conocida también como espiral de Cornú y espiral de Arquímedes, es la curva de transición más utilizada en el diseño de vías. Corresponde a una curva plana que se desarrolla a partir de un punto, alrededor del cual da vueltas y del que se aleja cada vez más, al tiempo que disminuye su radio. Para el diseño geométrico de vías se utiliza solo la parte inicial (Figura 4.5).

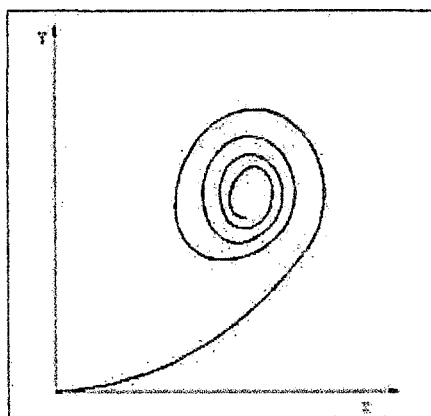


Figura 4.5: Clotoide o Espiral de Euler - Fuente[5]

4.2.1. Uso de la Clotoide

Las clotoides se usan generalmente en vías principales, rurales y urbanas, donde se presentan velocidades relativamente altas. En vías terciarias y en la mayoría de las vías urbanas no son necesarias, debido a que presentan velocidades bajas y no se requiere el cambio de curvatura gradual. En los proyectos es usual que se diseñen unos ejes con curvas espiralizadas y otros sin ellas; por ejemplo, mientras que en un intercambio vial las vías principales requieren de su uso porque presentan las velocidades más altas, las vías de enlaces tienen las velocidades más bajas, por lo que normalmente están diseñadas sólo con curvas circulares simples.

Lo que no es usual, y además es poco recomendable, es que en un mismo eje unas curvas se diseñen con espirales de transición y otras no. En general, cuando se usan espirales de transición se recomienda que ninguna curva prescinda de estas.

Anteriormente, el valor del disloque se tenía como parámetro para determinar el uso de la espiral de transición. Cuando el disloque es muy pequeño indica que la trayectoria que describe la curva aún con las espirales de transición, por lo que no sería necesario su uso. Inicialmente se adoptó un valor límite de 0.91 m (una yarda), pero luego se redujo a 0.30 m (un pie), un valor muy bajo, que hace necesario que prácticamente todas las curvas requieran de espirales cuando su uso está sujeto a este parámetro.

Un vehículo no puede efectuar, sin una cierta transición, el cambio de dirección necesario para recorrer un arco de círculo. La ausencia de o la inadecuada curva de transición fuerza al conductor a reducir la velocidad, lo que puede llevarle a cortar la curva. La única manera de conseguir una marcha regular y cómoda se realiza empleando curvas de transición adecuadas, requisito especialmente bien cumplido por la clotoide, gracias al crecimiento lineal de sus curvaturas. Pues en un cambio

de dirección, permaneciendo constante la velocidad y con presiones uniformemente crecientes en el volante, el camino del vehículo corresponde exactamente a un arco de clotoide. En consecuencia la aplicación de arcos de clotoides representa el tipo más uniforme de transición entre dos elementos del trazado, independientemente de que se trate de unir una recta con un círculo, dos rectas de direcciones diferentes, o dos círculos de radios diferentes.

Tampoco debe subestimarse el efecto psicológico sobre la marcha, resultante de las condiciones de perspectiva. Por ejemplo, la unión de una recta con un círculo, sin la interposición de un arco de transición, aparece como un codo, más o menos marcado, según la magnitud del radio del círculo. Semejante interrupción tiende a impedirle al conductor mirar más allá de dicha interrupción y así le obliga a que reduzca velocidad debido ante la aparente dificultad. Por el contrario, el empleo de la clotoide como arco de transición ofrece a un camino una apariencia continua. Por otra parte, la clotoide permite adaptarse fácilmente al contorno de la topografía, especialmente en terreno montañoso. Tal mejor adaptación al terreno tiene por consecuencia menor movimiento de tierras, lo que supone una considerable ventaja constructiva y la reducción sustancial en el coste de la misma. La clotoide permite un trazado de bondad extraordinaria, cuya flexibilidad es totalmente superior a la que proporcionan los arcos circulares. Las alineaciones rectas de gran longitud resultan rígidas, alteran la perspectiva perturbando la línea de flujo y disminuyen la atención del conductor.

La clotoide tiene especial importancia en la construcción de ferrocarriles, pues no debe olvidarse que el ferrocarril, de tan distinto modo que los vehículos de carretera, el vehículo ferroviario es guiado por los rieles. En el paso de recta a arco circular debe estar garantizado el paulatino aumento de la curvatura, ya que en otro caso, la súbita aparición de la fuerza centrífuga al empezar la curva, podría dar lugar a sacudidas de consideración. Puesto que la fuerza centrífuga es proporcional a la curvatura, al crecer esta linealmente en la clotoide, queda igualmente asegurado el aumento lineal de dicha fuerza. Por consiguiente, también en la construcción de ferrocarriles, el empleo de la clotoide como curva de transición, da lugar a condiciones de marcha dinámicamente muy favorables.

La clotoide también es de importancia en las vías fluviales. La variación uniformemente continua de la curvatura de las líneas de corriente, proporciona buenas condiciones hidrodinámicas a la misma. Al mismo tiempo, se reduce considerablemente el peligro de erosión de las márgenes.

4.3. Elementos de la Clotoide

La ecuación de la clotoide (Euler) está dada por:

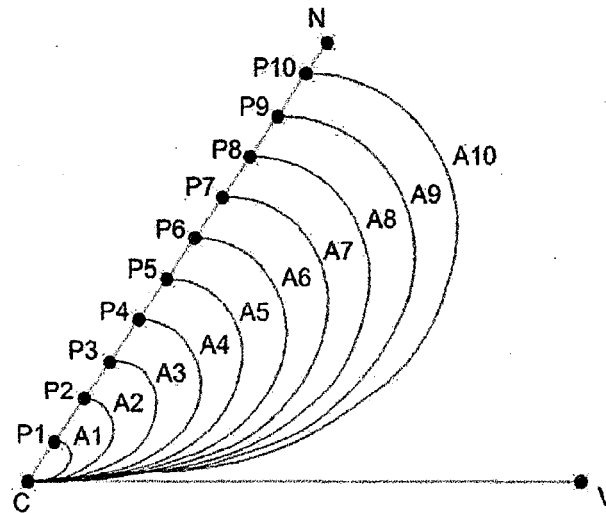


Figura 4.6: Parámetro de la clotoide - Fuente[4]

$$RL = A^2$$

Donde:

R : Radio de curvatura en un punto cualquiera

L : Longitud de la curva entre su punto de inflexión ($R=\infty$) y el punto de radio R

A : Parámetro de la clotoide, característico de la misma

Por lo tanto, el parámetro A expresa el tamaño de la clotoide como se muestra en la figura 4.6.

La figura 4.7 y el siguiente listado de símbolos muestran el significado de los términos y símbolos empleados en esta discusión.

PI: Punto de intersección de las tangentes principales.

TS: Punto de cambio de tangente a espiral (punto de inicio de la espiral de entrada).

SC: Punto de cambio de espiral a curva circular.

CS: Punto de cambio de curva circular a espiral.

ST: Punto de cambio de espiral a tangente (punto final de la espiral de salida).

SS: Punto de cambio de una espiral a otra.

Ls: Longitud total de la espiral del TS al SC o bien del CS al ST.

L: Longitud desde TS o ST hasta un punto cualquiera de la espiral.

L1: Longitud entre cualquiera de dos puntos sobre la espiral.

θ : Ángulo central del arco de espiral en un punto cualquiera de la espiral.

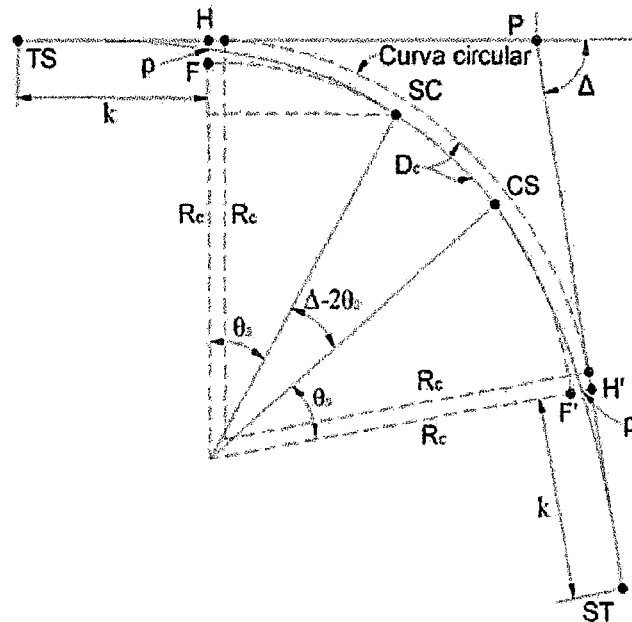


Figura 4.7: Términos y símbolos de la clotoide - Fuente[4]

θ_s : Ángulo central del arco de espiral L_s , llamado “ángulo de espiral.”

Φ_s : Ángulo de desviación de la espiral en el TS, desde la tangente inicial a un punto de la curva.

R =radio.

G : Grado de curvatura de la espiral en cada punto.

G_c : Grado de curvatura del círculo desplazado al que resulta tangente la espiral en el SC. R_c =su radio.

K : D_c/L_s relación de cambio de grado de curvatura por metro de la espiral.

Δ : Ángulo central total de la curva circular.

Δ_s : Ángulo central del arco circular de longitud L_c que va del SC al CS.

Y : Ordenada a la tangente de cualquier punto de la espiral, con referencia al TS y la tangente inicial

Y_s : Ordenada a la tangente del SC.

X : Distancia en la tangente de cualquier punto de la espiral, con referencia al TS y la tangente inicial.

X_s Distancia en la tangente del SC.

p : Ordenada desde la tangente inicial al PC del círculo desplazado:

$$p = Y_s - R_c (1 - \cos \theta_s)$$

k : Abscisa del PC desplazado, referido al TS.

$$k = X_s - R_c \sin \theta_s$$

a : Distancia del PC al TS de la espiral que se aplica a una curva circular existente (no desplazada).

Ts: Distancia total en la tangente = distancia desde el PI al TS, o bien del PI al ST.

$$T_s = (R_c + p) \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2} + k$$

Es: Externa de la curva total o distancia del medio del arco circular al PI.

$$E_s = (R_c + p) \sec \left(\frac{\Delta}{2} - 1 \right) + p$$

LT: Longitud de la tangente larga de la espiral.

ST: Longitud de la tangente corta de la espiral.

LC: Cuerda de la espiral entre TS y SC.

4.4. Posibilidades de la Aplicación de la Clotoide

La **curva de transición** es un arco de clotoide desde el radio ∞ (unión a una recta) hasta el radio del arco circular siguiente (figura 4.8).

La **clotoide de vértice** representa la transición entre dos rectas de direcciones distintas. Se compone de dos ramas de clotoide con el mismo radio de curvatura y tangente común en su punto de contacto (figura 4.9).

La **curva de inflexión** es una curva en S, que une dos círculos de curvaturas opuestas, sin segmento rectilíneo intermedio. Consta de dos ramas de clotoide, cuyo punto de origen es común, siendo en el el radio ∞ para ambas y la tangente común (figura 4.10).

La **ovoide** es una sucesión círculo - clotoide - círculo, siendo del mismo sentido la curvatura de las tres curvas. El arco de clotoide intermedio tiene, en los puntos de contacto con los círculos, tangentes comunes y radios iguales, respectivamente (figura 4.11).

La **serie de clotoides** es una sucesión de arcos de clotoide en los que, siendo distintos los parámetros de cada uno, las curvaturas están dirigidas y son crecientes en el sentido, con tangentes comunes y la misma curvatura, para cada dos arcos sucesivos, en su punto de contacto (figura 4.12).

Como "curva de transición"

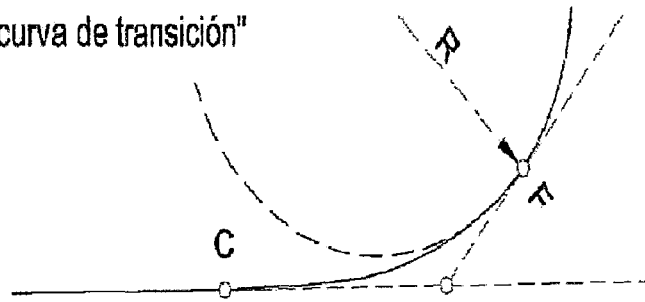


Figura 4.8: Curva de transición - Fuente[4]

Como "clotoide de vértice"

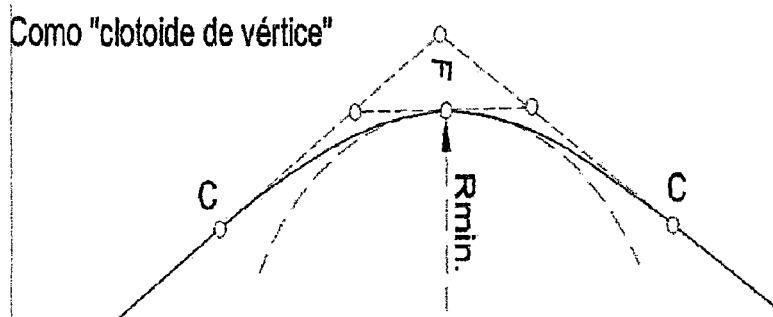


Figura 4.9: Clotoide de vértice - Fuente[4]

Como "curva de inflexión"

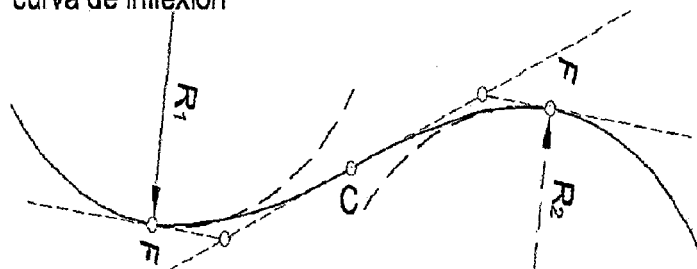


Figura 4.10: Curva de inflexión - Fuente[4]

Como "ovoide"

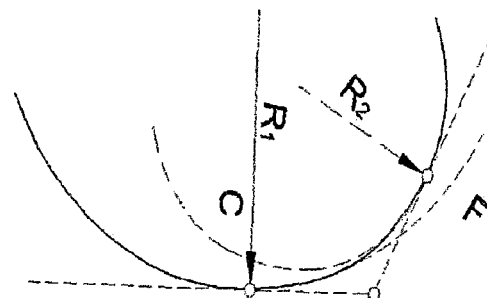


Figura 4.11: Ovoide - Fuente[4]

Como "serie de clotoides"

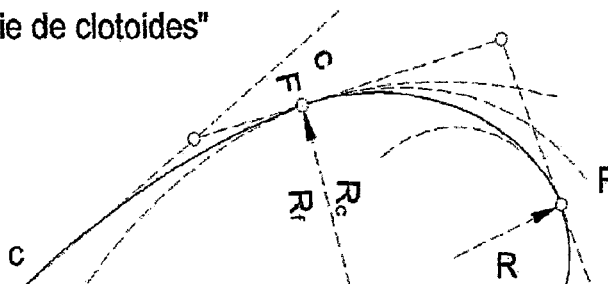


Figura 4.12: Serie de clotoides - Fuente[4]

4.5. Curvas de Transición en Relación a la Velocidad de Diseño

En una carretera con curvas sin transición, la mayoría de los conductores que viajan a la velocidad máxima para la cual una curva ha sido diseñada, encuentran dificultades para mantener su vehículo dentro del carril y mantener una velocidad uniforme al recorrer dicha curva. Al aproximarse a semejante curva el conductor puede escoger uno de varios cursos. Si puede divisar la curva con suficiente anticipación o conoce su ubicación, disminuye la velocidad de su vehículo de tal forma que pueda tomar la curva permaneciendo en su carril; es decir, se da el suficiente tiempo para pasar de la recta a la curva describiendo una pequeña transición dentro de los límites del carril, ya que el ancho del mismo es mayor que la del vehículo. La más mínima diferencia entre el ancho del carril y del vehículo, es más corta la transición que puede hacerse dentro de los límites del carril. Como una alternativa a reducir la velocidad el conductor puede girar ampliamente usurpando el carril adyacente. La invasión de carril representa un gran peligro para el conductor y los del carril adyacente. En cualquiera de los casos el está siguiendo el curso de una transición que ha seleccionada por si mismo.

Por ende, para recorrer una curva a una velocidad uniforme, de tal modo que el conductor pueda mantenerse sin ninguna dificultad dentro del carril, deben de utilizarse transiciones. La longitud de una transición debe ser tal, que permita a la mayoría de conductores que circulan a la velocidad de diseño, disponer del tiempo suficiente para pasar de un alineación recta a una curva, manteniendo sin dificultad alguna el vehículo dentro de los límites del carril.

Desde otro punto de vista, la transición deberá ser lo suficientemente larga para que el conductor sienta el desarrollo de la fuerza centrífuga de manera gradual. Si el cambio de tangente a curva se hace en una distancia corta, el conductor se encuentra consiente de la aplicación súbita del total de la fuerza centrífuga, e instintivamente obtendrá en la conducción una transición más larga ocupando parte del carril adyacente. Curvas de transición largas eliminan esta tendencia.

La longitud de transición requerida, L_s , puede determinarse de la siguiente forma:

Sí un vehículo recorre una curva a una velocidad constante v en m/seg su aceleración centrípeta está dada por la relación v^2/R . El tiempo requerido para recorrer la transición es L_s/v . En la medida que el vehículo se acerca al final de la transición, la aceleración centrípeta que experimenta es constante e igual a v^3/RL_s , siendo L_s la longitud de la transición.

El valor de dicha proporción de la aceleración centrípeta varía para cada conductor y la fijación de un valor promedio al cual se adapte la mayoría de los conductores, requeriría de un gran número y variedad de ensayos. De las pocas observaciones con las que se dispone indican que un valor de 0.6 para v^3/RL_s .

4.6. Curvas de Transición en Relación con el Peralte

La sección transversal de la calzada sobre un alineamiento recto tiene una inclinación comúnmente llamada bombeo normal, el cual tiene por objeto facilitar el drenaje o escurrimiento de las aguas de lluvia lateralmente hacia las cunetas. El valor de la pendiente de dicho bombeo dependerá del tipo de superficie y de la intensidad de lluvias en la zona del proyecto, variando del 1% al 4%.

Así mismo, la sección transversal de la calzada sobre un alineamiento curvo tendrá una inclinación asociada con el peralte, el cual tiene por objeto, como se vio anteriormente, facilitar el desplazamiento seguro de los vehículos sin peligros de desplazamientos laterales.

La transición también es empleada para el efecto del cambio gradual de una sección de calzada con bombeo normal a otra sección peraltada, ya que este cambio no puede realizarse bruscamente, sino gradualmente a lo largo de la vía entre este par de secciones. Por lo tanto en diseños con espirales de transición, la transición del peralte se efectúa junto con la curvatura de la espiral.

Por comodidad y apariencia; y para evitar el mal efecto visual producido por un cambio brusco en el peralte, la transición debe ser lo suficientemente larga para permitir que la pendiente del borde externo del pavimento con respecto a la línea central de la misma, no sea mayor que un valor m . En este sentido, m se define como la máxima diferencia algebraica entre las pendientes longitudinales de los bordes de la calzada y el eje de la misma.

Para realizar la transición del bombeo al peralte, pueden utilizarse tres procedimientos:

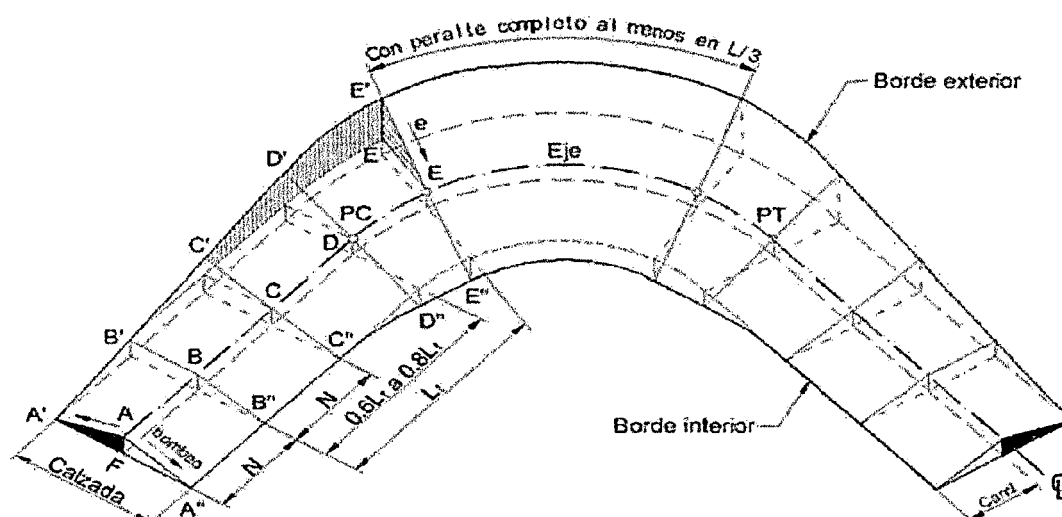


Figura 4.13: Esquema tridimensional de la transición del peralte - Fuente[6]

1. Rotando la calzada alrededor de su eje central.
2. Rotando la calzada alrededor de su borde interior.
3. Rotando la calzada alrededor de su borde exterior.

El primer procedimiento es el más conveniente, ya que los desniveles relativos de los bordes con respecto al eje son uniformes, produciendo un desarrollo más armónico y con menos distorsión de los bordes de la calzada y a su vez las longitudes de desarrollo de la transición del peralte son menores.

Donde la pendiente transversal del alineamiento sean tales que acentúen la depresión del borde interno de la sección transversal peraltada, es preferible conservar este borde a su altura normal y elevar, la línea central y el borde exterior de la carretera. Esto resulta en longitudes de transición mínimas casi el doble de las que resultan al método en el cual se mantiene la línea central. La pendiente del borde externo de la carretera, para pasar de sección con bombeo normal a peraltada, se refiere al borde interno de la carretera en lugar de hacerlo a la línea central de la misma.

La figura 4.13, muestra en forma esquemática y tridimensional, la transición del peralte de una curva circular, rotando la calzada alrededor de su eje central, donde:

L_s = Longitud de transición

Db = Distancia de bombeo o longitud de aplanamiento

L_c = Longitud de la curva circular

e = Peralte de la curva circular

2a = Ancho total de la calzada

a = Ancho de carril

4.7. Longitudes Mínimas de la Espiral de Transición Recomendadas

4.7.1. Determinación del Parámetro para una Curva de Transición

Los valores mínimos de longitud de la curva de transición se determinan con la siguiente fórmula:

$$L_{\min} = \frac{V}{46.656J} \left(\frac{V^2}{R} - 1.27p \right)$$

Donde:

V: (km/h)

R: (m)

J: m/s³

P: %

En la Tabla 4.1, se muestran algunos valores mínimos de longitudes de transición (L).

4.7. Longitudes Mínimas de la Espiral de Transición Recomendadas

Velocidad Km/h	Radio min m	J m/s ³	Peralte máx %	A min m	Longitud de transición (L)	
					Calculada m	Redondeada M
30	24	0,5	12	26	28	30
30	26	0,5	10	27	28	30
30	28	0,5	8	28	28	30
30	31	0,5	6	29	27	30
30	34	0,5	4	31	28	30
30	37	0,5	2	32	28	30
40	43	0,5	12	40	37	40
40	47	0,5	10	41	36	40
40	50	0,5	8	43	37	40
40	55	0,5	6	45	37	40
40	60	0,5	4	47	37	40
40	66	0,5	2	50	38	40
50	70	0,5	12	55	43	45
50	76	0,5	10	57	43	45
50	82	0,5	8	60	44	45
50	89	0,5	6	62	43	45
50	98	0,5	4	66	44	45
50	109	0,5	2	69	44	45
60	105	0,5	12	72	49	50
60	113	0,5	10	75	50	50
60	123	0,5	8	78	49	50
60	135	0,5	6	81	49	50
60	149	0,5	4	86	50	50
60	167	0,5	2	90	49	50
70	148	0,5	12	89	54	55

Tabla 4.1: Longitud mínima de curva de transición - Fuente[2]

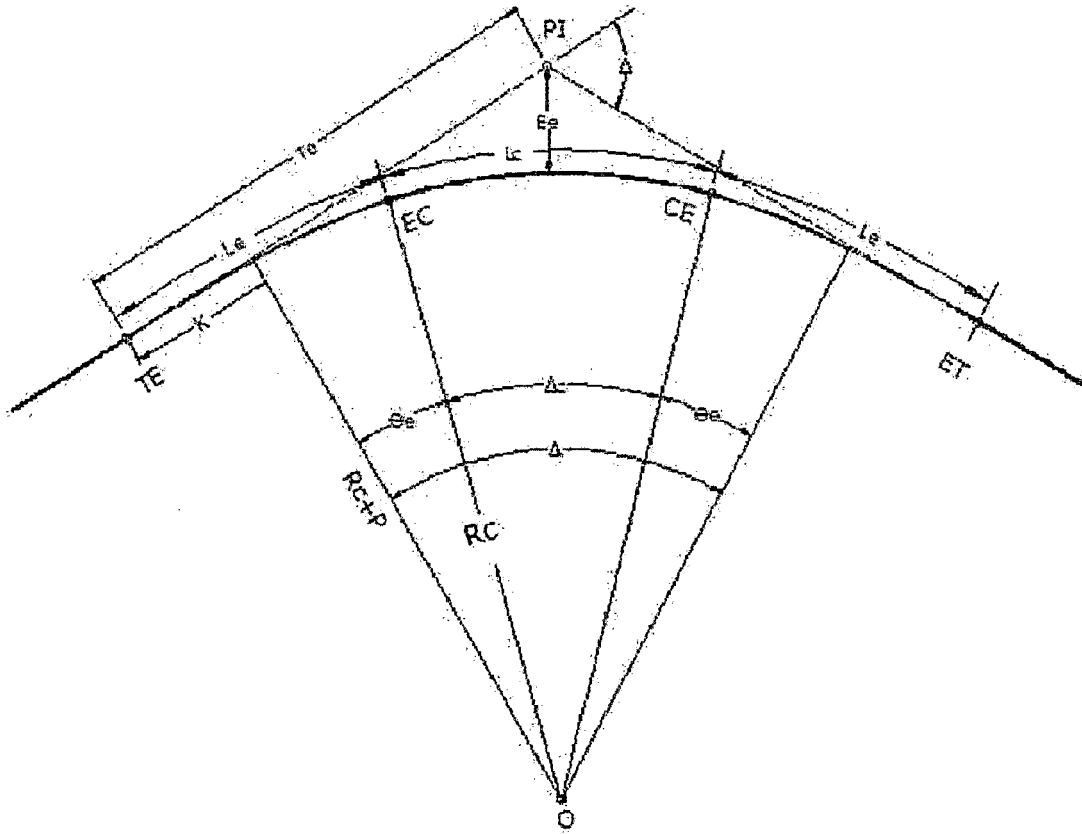


Figura 4.14: Elementos de la curva espiral-circular-espiral - Fuente[5]

4.8. Enlaces con Clotoides

Aunque las espirales se pueden usar en muchas situaciones como curvas de empalme o transición, existen dos tipos de curvas que son las que comúnmente se usan en el diseño geométrico de vías: la curva espiral-circular-espiral y la curva espiral-espiral.

4.8.1. Curva Espiral-Circular-Espiral

4.8.1.1. Elementos

Este tipo de curva está compuesto por una espiral de entrada, un arco circular central y una espiral de salida. Normalmente las dos espirales tienen la misma longitud, pero en casos especiales pueden ser diferentes (espiral asimétrica).

Los elementos que conforman este tipo de curva son (ver Figuras 4.14 y 4.15)

PI: Punto de intersección de las tangentes principales

TE: Punto de empalme entre la recta y la espiral (Tangente-Espiral)

EC: Punto de empalme entre la espiral y el arco circular (Espiral-Circular)

CE: Punto de empalme entre el arco circular y la espiral (Circular-Espiral)

ET: Punto de empalme entre la espiral y la recta (Espiral-Tangente)

Δ : Ángulo central o deflexión

Rc: Radio curvatura circular

Le: Longitud curva espiral

A: Parámetro de la clotoide

θ_e : Ángulo central curva espiral

ϕ : Deflexión total curva espiral

Xc: Coordenada X de la espiral en los puntos EC y CE

Yc: Coordenada Y de la espiral en los puntos EC y CE

P: Disloque = Desplazamiento del arco circular con respecto a la tangente

K: Abscisa media. Distancia entre el TE y el punto donde se produce el disloque

Y: Ordenada a la tangente de cualquier punto de la espiral, con referencia al TS y la tangente inicial

Te: Tangente de la curva. Distancia TE-PI y PI-ET

Ee: Externa

Tl: Tangente larga. Distancia TE-PIe o ET-PIe

Tc: Tangente corta. Distancia PLe-Ec o CE-PIe

Ce: Cuerda larga de la espiral. Línea que une TE con EC y CE con ET

Δ_c : Ángulo central de la curva circular

G: Grado de curvatura circular

Lc: Longitud curva circular

Cc: Cuerda larga circular. Línea que une EC con CE

Lt: Longitud total de la curva

Cl: Cuerda larga total. Línea que une TE con ET

4.8.1.2. Cálculo

El cálculo de una curva espiralizada requiere del uso de un computador o de una calculadora programable debido a la cantidad de elementos y a la extensión de algunas de sus fórmulas. Además cuando se va localizar una curva de este tipo se debe tener la seguridad que todos sus elementos estén bien calculados, para evitar pérdidas considerables de tiempo.

Para calcular los elementos de una curva espiral-circular-espiral se deben conocer tres valores:

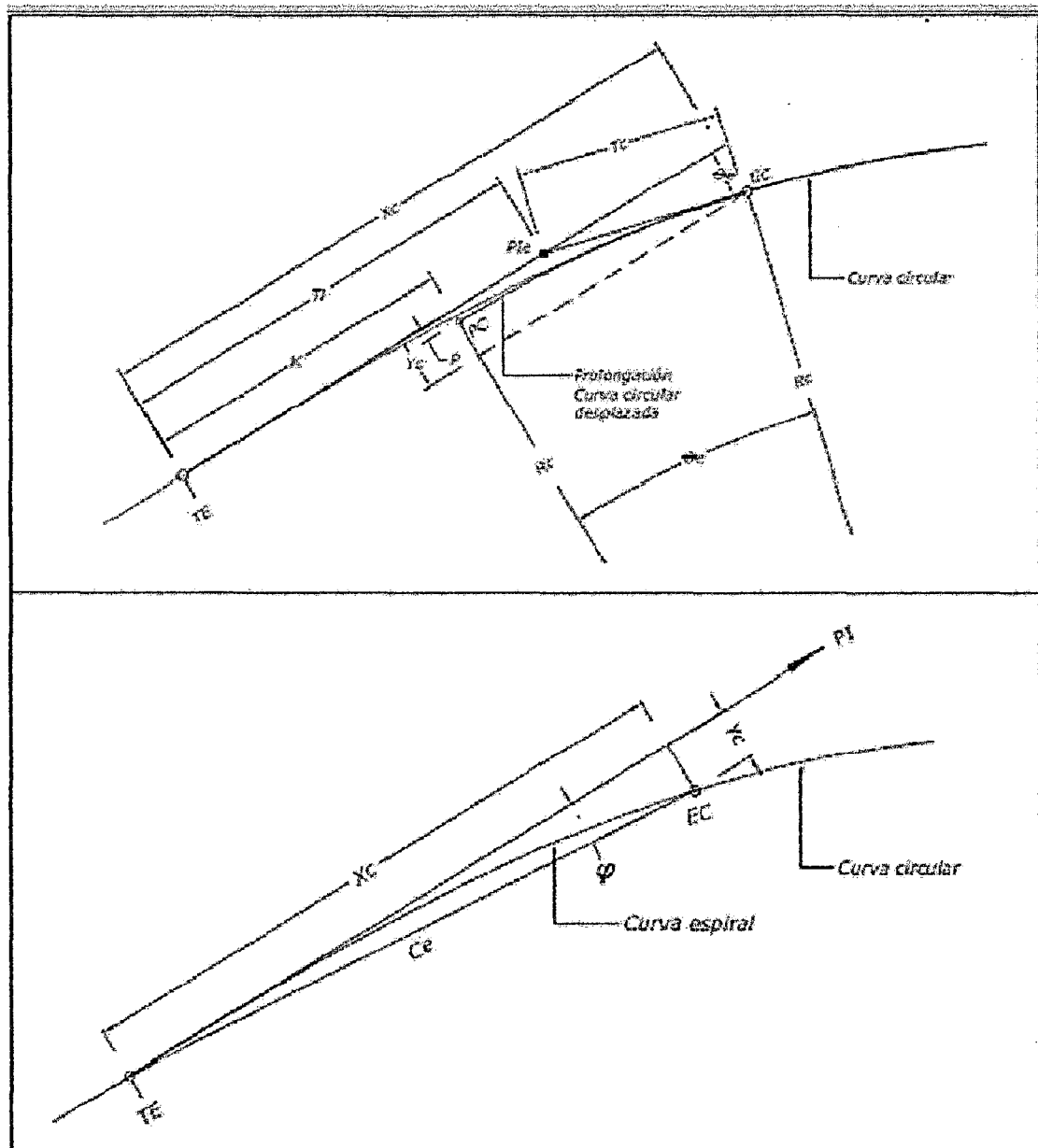


Figura 4.15: Elementos de la curva espiral - Fuente[5]

- El Delta o ángulo central de la curva (Δ), que se puede leer en el terreno, en el plano o en el computador, de acuerdo con el procedimiento utilizado.
- El Radio de la curva circular (R_c), que se defina a partir de los mismos parámetros y criterios que el de la curva circular simple y que son descritos más adelante.
- La Longitud espiral (L_e), cuyo valor apropiado ha sido estudiado en el numeral 4.7.1.
- Además se debe conocer la abscisa del PI para poder calcular el abscisado de toda la curva y asumir un valor de arco (S) de acuerdo con el radio y/o topografía.

$$\theta_e = \frac{L_e}{2R_c}$$

Con θ_e en radianes

$$\theta_e = \frac{90L_e}{\pi R_c}$$

Con θ_e en grados

$$A = \sqrt{R_c L_e}$$

$$X_c = L_e \left(1 - \frac{\theta_e^2}{10} + \frac{\theta_e^4}{216} - \frac{\theta_e^6}{9360} \right)$$

Con θ_e en radianes

$$Y_c = L_e \left(\frac{\theta_e}{3} - \frac{\theta_e^3}{42} + \frac{\theta_e^5}{1320} - \frac{\theta_e^7}{75600} \right)$$

Con θ_e en radianes

$$P = Y_c - R_c(1 - \cos\theta_e)$$

Con θ_e en grados

$$K = X_c - R_c \cdot \text{Sen}\theta_e$$

Con θ_e en grados

$$T_e = K + (R_c + P) \tan(\Delta/2)$$

$$Ee = \frac{P + Rc}{\cos \Delta/2} - Rc$$

$$Tl = Xc - \frac{Yc}{\tan \theta e}$$

Con θe en grados

$$Tc = \frac{Yc}{\sin \theta e}$$

Con θe en grados

$$Ce = \sqrt{Xc^2 + Yc^2}$$

$$\Delta c = \Delta - 2\theta e$$

$$Lc = \frac{\pi Rc \Delta c}{180}$$

$$G = \frac{\Delta c \cdot S}{Lc}$$

$$Cc = 2Rc \sin(\Delta c/2)$$

$$Lt = 2Le + Lc$$

$$Cl = 2Rc \sin(\Delta/2)$$

$$TE = Pl - Te$$

$$EC = TE + Le$$

$$CE = EC + Lc$$

$$ET = CE + Le$$

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{Y_c}{X_c} \right)$$

$$\phi = \frac{\theta e}{3}$$

$$\delta_p = \frac{l^2 \phi}{Le^2}$$

Donde:

δ_p : Deflexión de un punto P cualquiera desde el TE o ET en grados

ϕ : Deflexión para el EC o CE en grados desde TE o ET

l : Distancia del punto P desde el TE o ET

Le : Longitud de la curva espiral

Las deflexiones de la curva circular se calculan de manera similar a la curva simple.

4.8.1.3. Localización

La manera más apropiada y tradicional de hacerlo es por medio de cuerdas y deflexiones. Existe también otro método: el de las coordenadas cartesianas, es decir, valores de X e Y, que implica llevar a cabo un mayor número de cálculos y un procedimiento más laborioso en el terreno, por cuanto se deben ubicar inicialmente puntos a lo largo de la tangente, que serían los valores de X, y luego los perpendiculares a estos puntos, que corresponden a los valores Y.

Un tercer método es el de las coordenadas absolutas o radiación desde un punto cualquiera. Esta metodología es apropiada cuando el terreno presenta una configuración topográfica tal que no permita localizar la curva por cuerdas y deflexiones, por lo que se debe ubicar un punto que permita un dominio visual para toda la curva. También es recomendable en proyectos de rectificación en los que sea necesario localizar el nuevo diseño en puntos donde no se interrumpa el tránsito vehicular ni se ponga en peligro la integridad física de los trazadores. Para este procedimiento se requiere una estación total y una calculadora programable o un computador, que permitan realizar los cálculos de una forma rápida y precisa.

A continuación se presenta la metodología para localizar la curva por el método tradicional de cuerdas

y deflexiones:

- Ubicado el equipo en el PI, se mide el valor de la tangente T_e en dirección de los dos alineamientos que definen dicho PI. Se obtiene así la ubicación del TE y el ET.
- Se traslada el equipo hacia el TE y con “ceros” en el PI se localizan todas las estaciones redondas de la primera espiral, hasta llegar al EC. La deflexión para cada estación se calcula utilizando la expresión:

$$\delta_p = \frac{l^2 \phi}{Le^2}$$

- Se mide sobre la tangente (línea TE - PI) el valor de la tangente larga (T_l), determinando así la ubicación del P_{Ie}. Luego se chequea el valor de la tangente corta (T_c), con el fin de verificar que la primera espiral ha sido bien localizada. La tangente corta es la distancia entre el P_{Ie} y el EC.
- Se ubica ahora el equipo en el EC, y con el telescopio invertido y línea en el P_{Ie} se transita 180°, determinando así la línea de referencia para medir las deflexiones de la curva circular desde el EC hasta CE.
- Finalmente, se ubica ahora el equipo en el ET y con línea en el PI se localiza la segunda espiral en sentido contrario al abscisado, es decir, desde el ET hasta el CE, obteniendo el error de cierre en este último.
- El procedimiento anterior también puede realizarse de forma inversa, es decir, iniciando en el ET y localizando hasta el CE, luego la curva circular desde el CE hasta el EC y, por último, desde el TE, cerrando en el EC.

4.8.2. Curva Espiral-Espiral

Este tipo de curvas se utiliza principalmente cuando el ángulo central o deflexión es relativamente pequeño, normalmente por debajo de los 40°, porque al calcular la curva como espiral-circular-espiral para estos valores normalmente se obtienen longitudes de circular negativas o muy pequeñas. Una de las soluciones puede ser la de aumentar el radio hasta obtener una longitud circular positiva y apropiada, pero suele suceder cuando se alcanza el valor deseado la tangente es tan larga que ya no hay espacio para la curva. La solución mas apropiada es entonces es utilizar la curva espiral-espiral, por varias razones:

- Simplifica los cálculos, ya que no existen los elementos de la curva circular.
- Se reducen los trabajos de localización en el terreno.
- Facilita un mejor control de cierre.

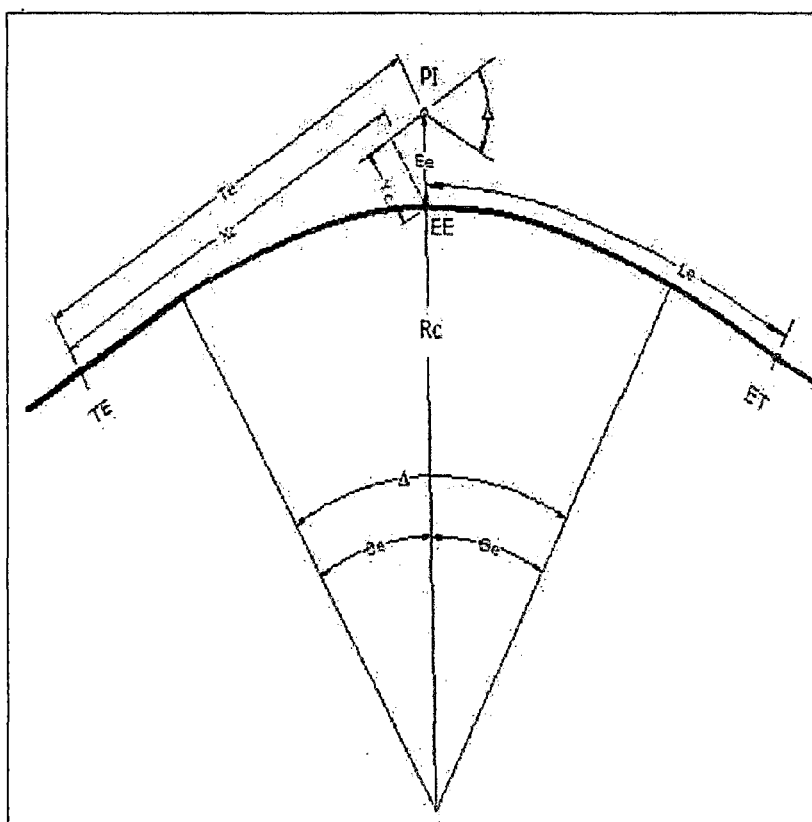


Figura 4.16: Elementos de la curva espiral-espiral - Fuente[5]

- Permite una mayor flexibilización en los cálculos: además del ángulo central o deflexión, los cálculos se puede realizar partiendo de uno de estos elementos: Radio (R_c), Longitud espiral (L_e), Externa (E_e) o Tangente (T_e). Quiere decir lo anterior que, dependiendo del control que se tenga en el campo, se puede asumir el valor que más convenga, de acuerdo con las condiciones de diseño o localización.
- En curvas espiral-circular-espiral, cuando se tienen longitudes del arco circular muy pequeñas, menores de 10 metros, la estética de la curva no es la mejor, por lo que se recomienda optar por transformarla en una curva espiral-espiral.

4.8.2.1. Elementos

Los elementos de la curva espiral-espiral son los mismos de la curva espiral-circular-espiral, con excepción de los que corresponde al tramo circular. En la Figura 4.16 se muestra la geometría de la curva espiral-espiral.

Se observa en la figura que el radio de la curva (R_c) es puntual y se presenta en el sitio donde se

presenta las dos espirales, denominado EE o ECE; por lo tanto no existen los puntos EC y CE.

4.8.2.2. Cálculo

Como se indicó anteriormente, para el cálculo de una curva espiral-espiral se requiere el ángulo central (deflexión) y uno de estos elementos: Rc, Le, Te, Ee. La elección depende de las condiciones y requerimientos de la curva, tal como se explicó en la curva circular simple.

$$\theta_e = \frac{\Delta}{2}$$

Con θ_e en grados

$$\theta_e = \frac{\Delta\pi}{360}$$

Con θ_e en radianes

Dado Rc:

$$Le = 2Rc\theta_e$$

Con θ_e en radianes

$$Ee = \frac{Yc}{\cos\theta_e}$$

Con θ_e en grados

$$Te = Xc + Ee.\text{Sen}\theta_e$$

Con θ_e en grados

Dado Le:

$$Le = \frac{Ee.\cos\theta_e}{\left(\frac{\theta_e}{3} - \frac{\theta_e^3}{42}\right)}$$

Dado Te:

$$Le = \frac{Te}{\left(1 - \frac{\theta_e^2}{10} + \frac{\theta_e^4}{216}\right) + \left(\frac{\theta_e}{3} - \frac{\theta_e^3}{42}\right)\tan\theta_e}$$

Los demás elementos se calculan con las mismas expresiones de la curva espiral-circular-espiral.

$$TE = PI - Te$$

$$EE = TE + Le$$

$$ET = EE + Le$$

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{Yc}{Xc} \right)$$

$$\phi = \frac{\theta e}{3}$$

$$\delta_p = \frac{l^2 \phi}{Le^2}$$

Donde:

δ_p : Deflexión de un punto P cualquiera desde el TE o ET en grados

ϕ : Deflexión para el EE en grados desde TE o ET

l : Distancia del punto P desde el TE o ET

4.8.2.3. Localización

- Ubicado el equipo en el PI, se mide el valor de la tangente Te en dirección de los dos alineamientos que definen dicho PI. Se obtiene así la ubicación del TE y el ET.
- Se traslada el equipo hacia el TE y con “ceros” en el PI se localizan todas las estaciones redondas de la primera espiral, hasta llegar al EE. La deflexión para cada estación se calcula utilizando la expresión:

$$\delta_p = \frac{l^2 \phi}{Le^2}$$

- Finalmente, se ubica ahora el equipo en el ET, y con línea en el PI se localiza la segunda espiral en sentido contrario al abscisado, es decir, desde el ET hasta el EE, obteniendo el error de cierre en este último.

No es necesario ubicar el PIe, ya que no existe arco circular. Normalmente este tipo de curva presenta valores de externa pequeños, lo que permite controlar la ubicación del EE en el momento de localizar la primera espiral y así verificar que está bien localizada.

Al igual que la curva circular, la curva espiral-espiral se puede localizar desde el PI, lo que disminuye considerablemente el trabajo de campo. Las expresiones son prácticamente las mismas, pero modificando la nomenclatura:

$$\alpha_p = \tan^{-1} \left(\frac{2 \operatorname{Sen}^2 \delta_p}{\tan(\Delta/2) - \operatorname{Sen} 2\delta_p} \right)$$

Donde:

α_p : Deflexión desde el PI, con línea ET o TE, para un punto cualquiera p sobre la espiral

δ_p : Deflexión desde el TE o ET para un punto cualquiera p sobre la espiral

Δ : Deflexión de la curva

Las distancias se calculan con:

$$D_p = \sqrt{(Te - x)^2 + y^2}$$

Donde:

D_p : Distancia desde el PI para un punto cualquiera p sobre la espiral

Te: Tangente de la curva

x,y: Coordenadas del punto

4.9. Parámetros de la Clotoide

4.9.1. Determinación del Parámetro para una Curva de Transición

Para determinar el parámetro mínimo ($A_{\min}$), que corresponde a una clotoide calculada para distribuir la aceleración transversal no compensada, a una tasa J compatible con la seguridad y comodidad, se emplea la siguiente formula.

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{VR}{46656J} \left(\frac{V^2}{R} - 1.27p \right)}$$

Donde:

V : Velocidad de diseño (km/h)

R : Radio de curvatura (m)

J : Variación uniforme de la aceleración (m/s³)

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

Se adoptarán para J los valores indicados en la Tabla 4.2.

V (km/h)	V < 80	80 < V < 100	100 < V < 120	V > 120
J (m/s ³)	0,5	0,4	0,4	0,4
J _{máx} (m/s ³)	0,7	0,8	0,5	0,4

Tabla 4.2: Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo - Fuente[2]

Sólo se utilizarán los valores de J_{máx} en casos debidamente justificados.

4.9.2. Parámetros Mínimos y Deseables

La longitud de la curva de transición deberá superar la necesaria para cumplir las limitaciones que se indican a continuación.

1. Limitación de la variación por estética y guiado óptico.

- Para que la presencia de una curva de transición resulte fácilmente perceptible por el conductor, se deberá cumplir que:

$$R/3 \leq A \leq R$$

- La condición $A > R/3$ corresponde al parámetro mínimo que asegura la adecuada percepción de la existencia de la curva de transición.
 - La condición $A < R$ asegura la adecuada percepción de la existencia de la curva circular.
 - El cumplimiento de estas condiciones se debe verificar para toda velocidad de proyecto.
2. Por Condición de desarrollo del peralte. Para curvas circulares diseñadas de acuerdo al criterio de las normas, el límite para prescindir de curva de transición puede también expresarse en función del peralte de la curva:

- Si R requiere $p > 3\%$. Se debe usar curva de transición.
- Si R requiere $p < 3\%$. Se puede prescindir de la curva de transición para $V < 100 \text{ km/h}$.
- Si R requiere $p < 2.5\%$. Se puede prescindir de la curva de transición para $V \geq 110 \text{ km/h}$.

3. Valores Máximos.

- La longitud máxima de cada curva de transición, no será superior a 1.5 veces su longitud mínima.

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R (m)	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800

Tabla 4.3: Radios circulares limites que permiten prescindir de la curva de transición - Fuente[2]

4.9.3. Radios que Permiten Prescindir de la Curva de Transición

Cuando no existe curva de transición, el desplazamiento instintivo que ejecuta el conductor respecto del eje de su carril disminuye a medida que el radio de la curva circular crece.

Los radios circulares límite calculados, aceptando un $J_{\text{máx}}$ de 0.4 m/s³ y considerando que al punto inicial de la curva circular se habrá desarrollado sólo un 70% de peralte necesario, son lo que se muestra en la Tabla 4.3.

4.10. Formulación del Modelo

La investigación consiste en formular dos modelos:

1. Simulación Del Comportamiento Vehicular En Curvas Circulares Con Programa BIM Aplicado Al Diseño Geométrico De La Vía De Interconexión PE 28A - PE 3S.
2. Simulación Del Comportamiento Vehicular En Curvas Clotoides Con Programa BIM Aplicado Al Diseño Geométrico De La Vía De Interconexión PE 28A - PE 3S.

4.11. Solución del Modelo

La solución para ambos modelos será el mismo y de la siguiente manera:

1. Se procede a elegir la velocidad de diseño respectivo de acuerdo al MANUAL DE CARRETERAS "DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013". Esta velocidad de diseño nos permitirá elegir varios de los parámetros necesarios para su respectivo diseño geométrico, así como:
 - Radios Mínimos y Peraltes Máximos.
 - Ancho de Calzada.
 - Ancho de Berma.
 - Distancia de Visibilidad de Parada y de Paso.

- Longitudes Mínimas y Máximas de Tangente en “S” y “O”.
 - Longitud Mínima de Curva de Transición.
 - Pendientes Mínimas y Máximas.
 - Longitudes Mínimas de Curva Vertical Convexa y Cóncava.
 - Valores de Bombeo de la Calzada.
 - Inclinationes Máximas del Talud (V:H) del interior de la cuneta.
2. Se procede al Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Sección Transversal con programa BIM (AutoCAD Civil 3D).
 3. Se procede a la Simulación del Comportamiento Vehicular con programa BIM (Autodesk 3D Max Design).

Finalmente se procede a hacer un Análisis Comparativo Técnico - Económico entre ambos modelos, análisis que se verá mas adelante.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS CON CURVAS CIRCULARES Y CLOTOIDES

5.1. Características de la Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S

Primero que nada veremos el por qué de la denominación “Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S”. Como se puede observar en la Fig. 5.1, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones designa Códigos a cada Red Vial Nacional.

Entonces de acuerdo al Mapa Vial *La Carretera Vía Los Libertadores Wari* está designada como PE 28A, mientras que *La Carretera Ayacucho - Cuzco* está designada como PE 3S. Por lo que el tramo a estudiar se encuentra entre el Peaje Socos (Vía Los Libertadores) - Yanama (Carretera Ayacucho - Cuzco); así el tramo a estudiar es denominado *Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S*.

Ahora para poder saber las características de la Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S, primero debemos clasificar la Carretera por Demanda y posteriormente por Orografía:

5.1.1. Clasificación por Demanda

Para poder clasificar por demanda la Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S, es necesario calcular el Índice Medio Diario Anual (IMDA) para un periodo de diseño de 20 años, de acuerdo a los datos estadísticos de peaje de Pacra, Rumichaca y Socos en el periodo 2007 - 2013 mostrados en la Tabla 5.1.

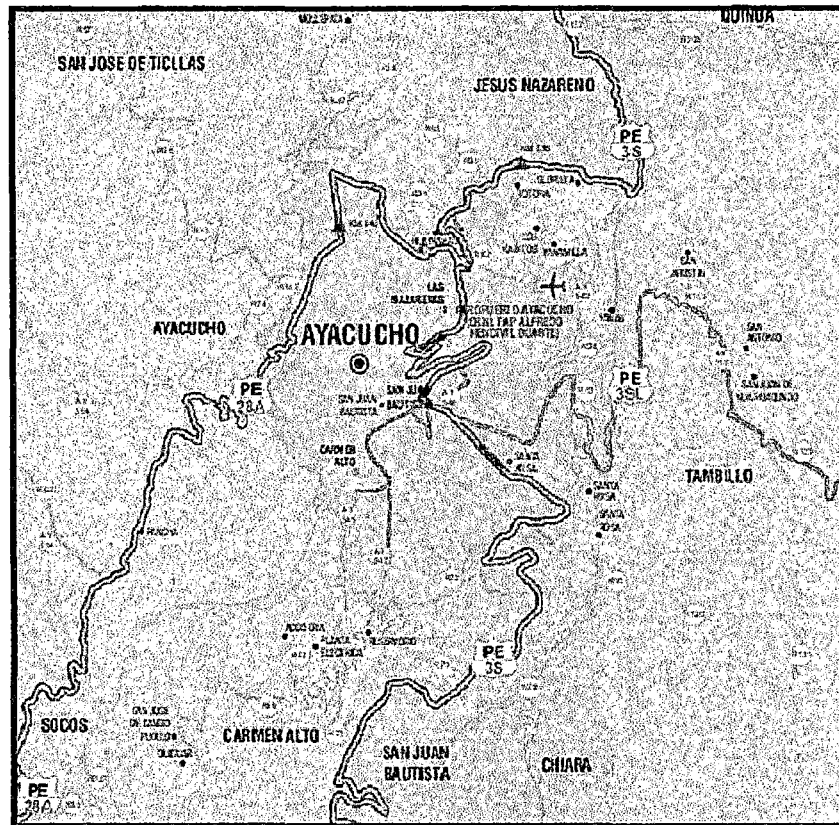


Figura 5.1: Mapa Vial Ayacucho - Apurímac - Fuente[2]

AÑO	PEAJE	MESES												TOTAL	N° DÍAS AÑO	IMDA
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE			
2007	PACRA	12,403	11,825	12,948	15,525	13,993	14,036	14,119	12,634	13,044	13,547	13,245	14,426	161,745	365	443
	RUMICHACA	7,377	7,653	8,096	10,466	8,679	8,409	8,488	7,887	7,561	8,134	7,395	8,289	98,854	365	271
	SOCOS	11,677	12,833	13,115	15,871	13,997	14,028	13,104	14,425	13,759	14,657	14,882	14,881	167,209	365	458
2008	PACRA	14,979	13,562	17,009	14,884	17,538	17,200	18,871	19,068	18,355	19,237	19,458	19,075	209,636	366	573
	RUMICHACA	8,258	8,538	11,074	8,778	10,478	10,022	10,944	10,821	9,993	10,036	10,001	11,143	120,086	366	328
	SOCOS	14,994	14,468	18,362	15,323	17,494	17,301	18,212	18,676	16,438	17,373	16,308	15,398	201,347	366	550
2009	PACRA	19,041	17,833	18,279	20,477	19,026	18,251	20,456	19,942	19,110	20,225	18,980	19,816	231,336	365	634
	RUMICHACA	11,911	12,570	13,622	15,913	13,324	14,547	16,515	17,077	14,979	15,141	13,835	13,906	173,340	365	475
	SOCOS	16,883	17,319	19,708	22,275	19,537	18,948	20,657	21,465	19,639	21,195	19,014	19,730	236,370	365	648
2010	PACRA	19,058	18,688	20,032	20,045	19,472	19,344	21,262	21,520	20,785	22,082	20,511	22,338	245,139	365	672
	RUMICHACA	13,364	13,596	14,163	13,902	12,720	11,625	13,962	14,253	13,269	13,322	12,230	12,317	159,223	365	436
	SOCOS	19,556	20,954	20,868	22,110	19,708	18,763	20,955	20,073	19,286	19,603	17,866	19,772	239,514	365	856
2011	PACRA	21,947	17,450	18,818	22,324	20,578	21,981	23,922	23,559	21,330	21,625	20,325	21,616	256,275	365	702
	RUMICHACA	12,183	10,678	11,770	15,125	10,600	12,324	13,287	13,552	12,324	12,528	11,203	13,801	149,575	365	410
	SOCOS	17,006	15,713	18,467	22,676	16,513	18,767	19,346	20,372	18,976	20,174	19,444	22,283	229,739	365	629
2012	PACRA	22,184	20,971	20,267	24,146	21,479	22,096	24,268	24,324	22,381	23,513	21,887	22,022	269,538	366	736
	RUMICHACA	13,715	13,443	13,500	17,084	13,887	14,752	17,612	18,049	14,875	15,911	14,783	15,077	182,688	366	499
	SOCOS	17,006	21,710	22,380	26,778	22,020	21,472	24,013	24,461	22,479	24,207	22,252	23,336	272,114	366	743
2013	PACRA	23,029	22,440	26,894	21,444	23,674	22,629	26,442	26,782	25,400	26,784	25,213	26,729	297,460	365	815
	RUMICHACA	14,779	15,060	19,386	15,046	16,005	15,811	18,322	19,897	18,037	17,157	16,124	17,474	203,098	365	556
	SOCOS	23,272	22,684	27,772	23,054	25,043	25,098	28,350	29,446	27,754	28,526	26,013	29,089	316,101	365	866

Tabla 5.1: Flujo Vehicular Vía Los Libertadores - Fuente[1]

De los datos estadísticos de peaje de la tabla anterior solo usaremos los datos de peaje de Socos, por el mismo hecho de que este peaje se encuentra más cerca a la Ciudad de Ayacucho, y por lo tanto sus datos de IMDA son los más exactos de la salida o ingreso de vehículos a la Ciudad de Ayacucho.

Tomando el 2015 como año base, calcularemos el IMDA con una tasa de crecimiento vehicular anual de 0.4%, ¹ con la fórmula para el estudio de la demanda de tránsito, visto en la sección 2.2.3.3, con los siguientes datos conocidos:

$$P_o = \text{IMDA}_o = \text{IMDA}(2013) = 866 \text{ veh/día}$$

$$n = 2 \text{ años}$$

$$T_c = 0.4\%$$

Reemplazando en la fórmula:

$$P_f = P_o(1 + T_c)^n$$

$$\text{IMDA}_{2015} = \text{IMDA}_{2013}(1 + T_c)^n$$

$$\text{IMDA}_{2015} = 866(1 + 0.004)^2$$

$$\text{IMDA}_{2015} = 873 \text{ veh/día}$$

Ahora calcularemos el IMDA para un periodo de diseño de 20 años, es decir para el año 2035:

$$\text{IMDA}_{2035} = \text{IMDA}_{2015}(1 + T_c)^n$$

$$\text{IMDA}_{2035} = 873(1 + 0.004)^{20}$$

$$\text{IMDA}_{2035} = 946 \text{ veh/día}$$

Para el año 2035 se tiene un IMDA final de 946 veh/día, por lo que de acuerdo a la Clasificación de Carreteras por Demanda visto en la sección 2.1.1, la Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S tiene un IMDA entre 2,000 y 400 veh/día, entonces es considerado como una *Carretera de Segunda Clase*.

5.1.2. Clasificación por Orografía

La Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S posee pendientes transversales entre 51% al 100% y su pendiente transversal máxima es de 6.81 %, por lo que de acuerdo a lo estudiado en la sección 2.1.2, pertenece a un terreno accidentado, es decir su clasificación por orografía es del *Tipo 3*.

¹Tasa de Crecimiento Medio Anual, Según Departamentos 2010 - 2015, INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática).



Figura 5.2: GPSMAP 62s

5.2. Descripción del Equipo

1. **GPSMAP 62s.**- Es un dispositivo o aparato como se muestra en la Fig. 5.2, que nos permite encontrar las Coordenadas UTM² de cualquier punto ubicado en el faz del Planeta Tierra, es decir es un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto (una persona, un vehículo) con una precisión de hasta centímetros (si se utiliza GPS diferencial), aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión.

Con este dispositivo se da inicio con esta investigación o proyecto, ya que nos brindará las Coordenadas UTM (Norte, Este y Altitud) del punto de inicio de la carretera y así proceder con el levantamiento topográfico de la Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S.

2. **Estación Total Topcon ES-105.**- Es un aparato electro-óptico como se muestra en la Fig. 5.3 utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico. Al obtener las coordenadas UTM del punto de inicio de la Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S con el GPSMAP 62s, se procede al levantamiento topográfico del eje y laterales hasta el final de la carretera, para luego procesarlo en un software.
3. **Prismas y Bastones Topográficos.**- Las Prismas son objetos circulares formado por una serie de cristales en forma prismática que tienen la función de regresar la señal emitida por una estación total. Mientras que los bastones, propiamente dicho son bastones que sostienen las

²El Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator (en inglés Universal Transverse Mercator, UTM) es un sistema de coordenadas basado en la proyección cartográfica transversa de Mercator, que se construye como la proyección de Mercator normal, pero en vez de hacerla tangente al Ecuador, se la hace tangente a un meridiano.

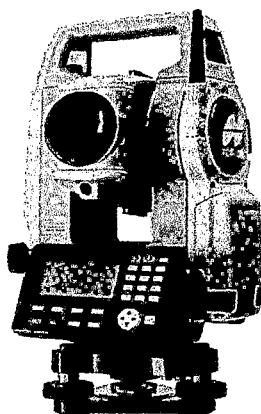


Figura 5.3: Estación Total Topcon ES-105



Figura 5.4: Prismas y Bastones Topográficos

primas como se muestra en la Fig. 5.4.

Ahora estos tres equipos son fundamentales para el trabajo de campo, además de la wincha de lona y algunos materiales secundarios como la pintura, estaca, etc.

5.3. Trabajo de Campo

El Trabajo de Campo o Levantamiento Topográfico es imprescindible ya que todo proyecto de carretera o cualquier otro tipo de proyecto de ingeniería se inicia con este procedimiento, y así obtener puntos topográficos in situ que posteriormente serán procesados en gabinete mediante un software. A continuación algunas fotos del trabajo de campo:



Figura 5.5: Punto de Inicio de la Vía PE 28A - Fuente. Elaboración Propia



Figura 5.6: Levantamiento Topográfico - Fuente. Elaboración Propia



Figura 5.7: Trocha de Acceso a la Comunidad de Pacuri (Existente en la Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S) - Fuente. Elaboración Propia



Figura 5.8: Comunidad de Pacuri - Fuente. Elaboración Propia



Figura 5.9: Trocha de Acceso a la Comunidad de Accoera (Existente en la Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S) - Fuente. Elaboración Propia

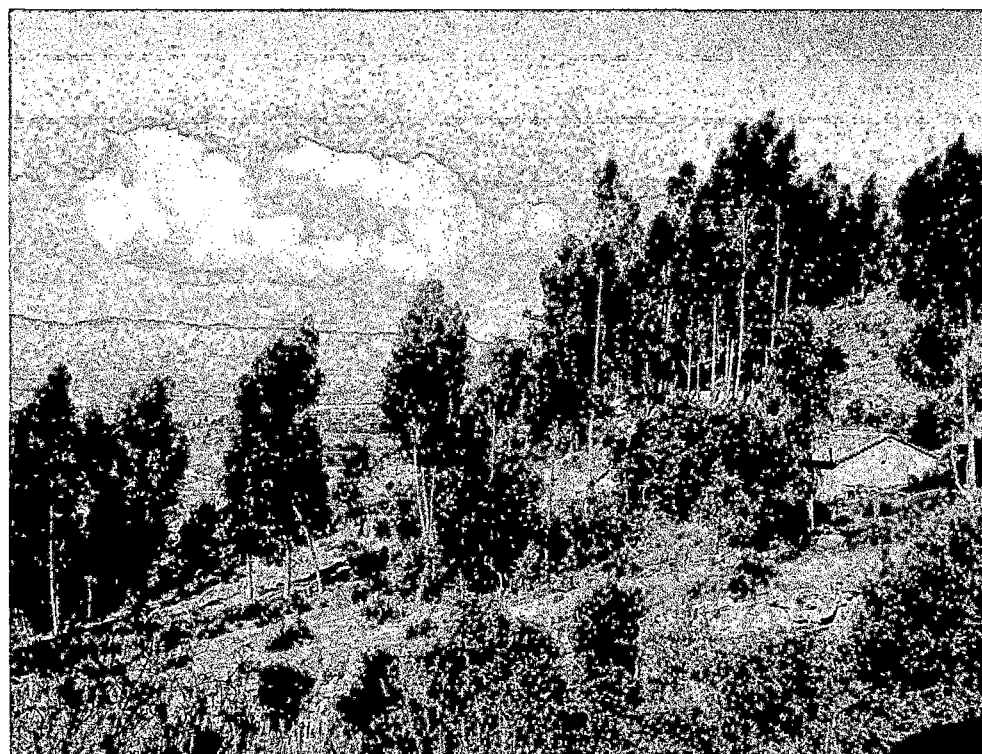


Figura 5.10: Comunidad de Accoera - Fuente. Elaboración Propia



Figura 5.11: Puente a Proyectar - Fuente. Elaboración Propia

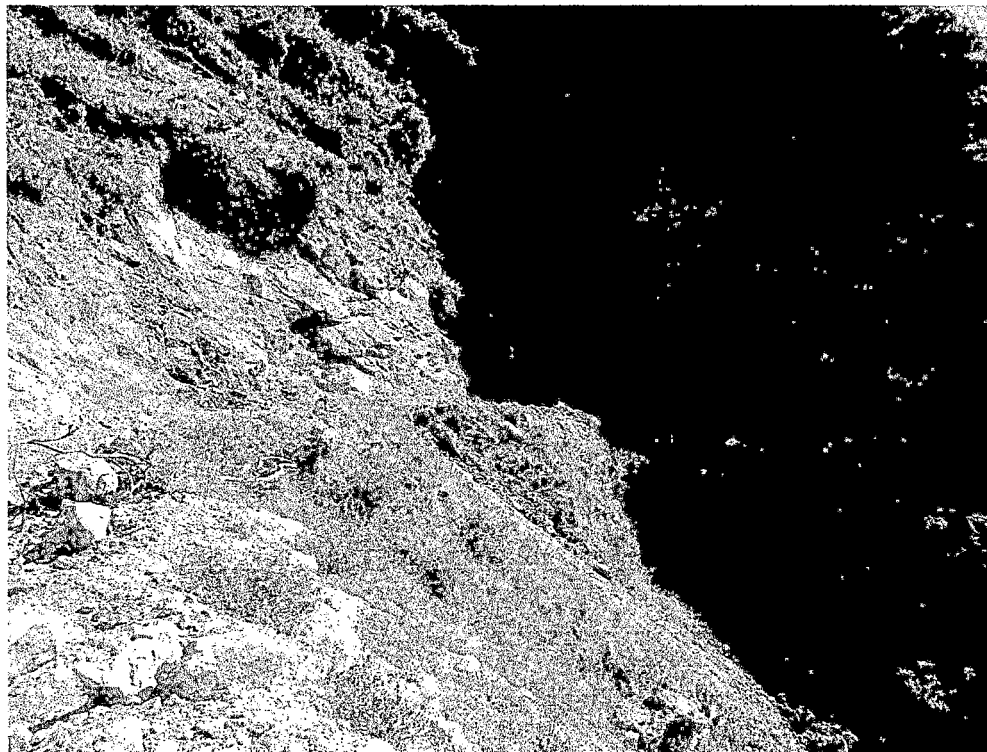


Figura 5.12: Alcantarilla a Proyectar - Fuente. Elaboración Propia



Figura 5.13: Vista Panorámica Quicapata - Fuente. Elaboración Propia



Figura 5.14: Vista Panorámica Quebrada - Ayacucho - Fuente. Elaboración Propia



Figura 5.15: Repartición Accoera - Quicapata - Fuente. Elaboración Propia



Figura 5.16: Terreno Destinado Para Terminal Terrestre de Carga (Quicapata) - Fuente. Elaboración Propia



Figura 5.17: Final del Tramo de Empalme a la Vía PE 3S - Fuente. Elaboración Propia

5.4. Software

Una vez terminado el trabajo de campo se procede al trabajo de gabinete a procesar los puntos topográficos mediante un software de carreteras. Se desarrollará el diseño geométrico computarizado en planta, perfil, sección transversal y en tiempo real con programas BIM como es el AutoCAD Civil 3D (diseño) y Autodesk 3D Max Design (simulación) en curvas circulares y clotoides de la Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S.

Siendo el AutoCAD Civil 3D un programa dinámico nos permitirá disminuir la pérdida de tiempo y recursos en el diseño geométrico de la Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S; en general, el AutoCAD Civil 3D contribuye a reducir el tiempo que se emplea en diseñar, analizar e implementar cambios en el diseño geométrico de carreteras y ferrocarriles, en el diseño de redes de tubería y alcantarillado.

Para el desarrollo de este proyecto se va a utilizar entre otras bibliografías principalmente el: MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013”, donde menciona el uso de curvas circulares y clotoides en el diseño geométrico de carreteras.

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4.001				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																				
40 km/h																				
50 km/h																				
60 km/h																				
70 km/h																				
80 km/h																				
90 km/h																				
100 km/h																				
110 km/h																				
120 km/h																				
130 km/h																				

Tabla 5.2: Velocidades de Diseño a Elegir - Fuente[2]

Una vez terminado con el diseño geométrico y simulación, se realizarán las comparaciones respectivas de las variaciones técnico - económico del comportamiento vehicular en curvas circulares y clotoides aplicado al diseño geométrico de la Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S.

5.5. Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Sección Transversal

5.5.1. Diseño Geométrico en Planta

5.5.1.1. En Curvas Circulares

Para el desarrollo de este proyecto se va a utilizar entre otras bibliografías principalmente el: MANUAL DE CARRETERAS "DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013", donde menciona el uso de curvas circulares y clotoides en el diseño geométrico de carreteras.

De acuerdo al IMDA calculado en la sección 5.1.1, la Vía de Interconexión PE 28A - PE 3S, es una Carretera de Segunda Clase y con una orografía accidentada (Tipo 3), por lo que de acuerdo a la Tabla 5.2 podemos elegir velocidades de diseño entre 40 km/h - 70 km/h; pero de acuerdo a la topografía del terreno elegiremos una velocidad de diseño de 50 km/h, ya que es la mejor que se adapta a la topografía del terreno con los radios y tangentes mínimos estipulados en MANUAL DE CARRETERAS "DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013".

Al elegir la velocidad de diseño que es de 50 km/h, procedemos a elegir el radio mínimo y peralte

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P máx (%)	f máx	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área rural (plano u ondulado)	30	8,00	0,17	28,3	30
	40	8,00	0,17	50,4	55
	50	8,00	0,16	82,0	90
	60	8,00	0,15	123,2	135
	70	8,00	0,14	175,4	195
	80	8,00	0,14	229,1	255
	90	8,00	0,13	303,7	335
	100	8,00	0,12	393,7	440
	110	8,00	0,11	501,5	560
	120	8,00	0,09	667,0	755
	130	8,00	0,08	831,7	950
Área rural (accidentado o escarpado)	30	12,00	0,17	24,4	25
	40	12,00	0,17	43,4	45
	50	12,00	0,16	70,3	70
	60	12,00	0,15	105,0	105
	70	12,00	0,14	148,4	150
	80	12,00	0,14	193,8	195
	90	12,00	0,13	255,1	255
	100	12,00	0,12	328,1	330
	110	12,00	0,11	414,2	415
	120	12,00	0,09	539,9	540
	130	12,00	0,08	665,4	665

Tabla 5.3: Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras - Fuente[2]

máximo. De acuerdo a la Tabla 5.3, el radio mínimo en todas las curvas circulares debe ser 70 m, con un peralte máximo de 12% y un coeficiente de fricción transversal máximo de 0.16.

Además deben existir longitudes mínimas entre tangentes que empalman curvas circulares del mismo sentido (o) y curvas circulares de sentido contrario (s) como se muestra en la Tabla 5.4.

En el Diseño Geométrico en Planta con Curvas Circulares se tiene una longitud de carretera de 10.99 km, que cuenta con 51 curvas circulares y 50 tangentes. En las Tablas 5.5, 5.6, 5.7 y 5.8 podemos observar los elementos de curva circular y tangente.

A continuación algunos datos que se observan en las Tablas 5.5, 5.6, 5.7 y 5.8:

V (km/h)	L min.s (m)	L min.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Tabla 5.4: Longitudes de tramos en tangentes - Fuente[2]

- El radio mínimo y máximo en las curvas circulares es de 70 m y 450 m respectivamente; lo cual significa que se está cumpliendo con lo mostrado en la Tabla 5.3 estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- El peralte máximo en las curvas circulares es de 12%; lo cual significa que se está cumpliendo con lo mostrado en la Tabla 5.3 estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- La longitud mínima y máxima de las tangentes que empalman curvas circulares del mismo sentido (Line (o)) es de 139.29 y 386.29 respectivamente, es decir se está superando la longitud mínima de 139 m, y está por debajo de la longitud máxima de 835 m; lo cual significa que se está cumpliendo con lo mostrado en la Tabla 5.4 estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- La longitud mínima y máxima de las tangentes que empalman curvas circulares de sentido contrario (Line (s)) es de 69.15 y 427.92 respectivamente, es decir se está superando la longitud mínima de 69 m, y está por debajo de la longitud máxima de 835 m; lo cual significa que se está cumpliendo con lo mostrado en la Tabla 5.4 estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”

No.	Tipo	Length (m)	Radius (m)	Superelevation (%)	Start Station	End Station	Delta angle	PI Station
1	Curve	78.88	100.00	3.69	0+000.00m	0+078.89m	45° 11' 50"	0+041.63m
2	Line (s)	74.38			0+078.89m	0+153.26m		
3	Curve	102.78	100.00	3.69	0+153.26m	0+256.04m	58° 53' 19"	0+209.71m
4	Line (o)	386.29			0+256.04m	0+642.33m		
5	Curve	41.85	90.00	5.87	0+642.33m	0+684.17m	26° 38' 22"	0+663.64m
6	Line (s)	69.64			0+684.17m	0+753.81m		
7	Curve	46.64	70.00	12.00	0+753.81m	0+800.45m	38° 10' 27"	0+778.03m
8	Line (s)	69.68			0+800.45m	0+870.13m		
9	Curve	58.74	110.00	2.50	0+870.13m	0+928.87m	30° 35' 39"	0+900.22m
10	Line (s)	283.79			0+928.87m	1+212.66m		
11	Curve	35.69	75.00	10.25	1+212.66m	1+248.35m	27° 16' 04"	1+230.85m
12	Line (o)	139.29			1+248.35m	1+387.64m		
13	Curve	172.31	95.00	4.72	1+387.64m	1+559.96m	103° 55' 29"	1+509.07m
14	Line (o)	183.41			1+559.96m	1+743.36m		
15	Curve	64.39	70.00	12.00	1+743.36m	1+807.75m	52° 42' 15"	1+778.04m
16	Line (s)	69.51			1+807.75m	1+877.26m		
17	Curve	91.97	70.00	12.00	1+877.26m	1+969.23m	75° 16' 47"	1+931.24m
18	Line (s)	70.92			1+969.23m	2+040.15m		
19	Curve	114.86	100.00	3.69	2+040.15m	2+155.01m	65° 48' 40"	2+104.86m
20	Line (s)	76.09			2+155.01m	2+231.11m		
21	Curve	132.87	70.00	12.00	2+231.11m	2+363.98m	108° 45' 21"	2+328.80m
22	Line (s)	69.29			2+363.98m	2+433.27m		
23	Curve	139.78	70.00	12.00	2+433.27m	2+573.05m	114° 24' 40"	2+541.91m
24	Line (s)	83.82			2+573.05m	2+656.86m		
25	Curve	56.40	115.00	2.50	2+656.86m	2+713.26m	28° 05' 55"	2+685.64m
26	Line (o)	139.47			2+713.26m	2+852.73m		

Tabla 5.5: Cuadro de elementos de curva circular y tangente - Fuente: Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)

No.	Tipo	Length (m)	Radius (m)	Superelevation (%)	Start Station	End Station	Delta angle	PI Station
27	Curve	72.08	115.00	2.50	2+852.73m	2+924.80m	35° 54' 37"	2+889.99m
28	Line (o)	146.61			2+924.80m	3+071.42m		
29	Curve	171.88	75.00	10.25	3+071.42m	3+243.29m	131° 18' 10"	3+237.15m
30	Line (s)	337.80			3+243.29m	3+581.09m		
31	Curve	72.70	90.00	5.87	3+581.09m	3+653.80m	46° 17' 05"	3+619.56m
32	Line (s)	69.44			3+653.80m	3+723.24m		
33	Curve	72.56	90.00	5.87	3+723.24m	3+795.80m	46° 11' 36"	3+761.62m
34	Line (o)	384.98			3+795.80m	4+180.78m		
35	Curve	94.33	70.00	12.00	4+180.78m	4+275.11m	77° 12' 25"	4+236.67m
36	Line (s)	72.34			4+275.11m	4+347.45m		
37	Curve	85.01	70.00	12.00	4+347.45m	4+432.45m	69° 34' 41"	4+396.08m
38	Line (s)	69.37			4+432.45m	4+501.83m		
39	Curve	23.85	75.00	10.25	4+501.83m	4+525.67m	18° 13' 09"	4+513.85m
40	Line (s)	107.70			4+525.67m	4+633.37m		
41	Curve	47.10	90.00	5.87	4+633.37m	4+680.47m	29° 59' 08"	4+657.47m
42	Line (s)	69.15			4+680.47m	4+749.62m		
43	Curve	28.21	90.00	5.87	4+749.62m	4+777.83m	17° 57' 39"	4+763.84m
44	Line (s)	112.57			4+777.83m	4+890.40m		
45	Curve	61.33	125.00	2.50	4+890.40m	4+951.73m	28° 06' 46"	4+921.69m
46	Line (s)	69.20			4+951.73m	5+020.93m		
47	Curve	62.19	70.00	12.00	5+020.93m	5+083.12m	50° 54' 25"	5+054.24m
48	Line (s)	70.61			5+083.12m	5+153.73m		
49	Curve	83.05	80.00	8.61	5+153.73m	5+236.78m	59° 28' 39"	5+199.44m
50	Line (s)	69.87			5+236.78m	5+306.65m		
51	Curve	76.43	200.00	2.50	5+306.65m	5+383.07m	21° 53' 39"	5+345.33m
52	Line (s)	79.91			5+383.07m	5+462.98m		

Tabla 5.6: Cuadro de elementos de curva circular y tangente - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)

No.	Tipo	Length (m)	Radius (m)	Superelevation (%)	Start Station	End Station	Delta angle	PI Station
53	Curve	66.82	75.00	10.25	5+462.98m	5+529.80m	51° 02' 39"	5+498.79m
54	Line (s)	70.94			5+529.80m	5+600.74m		
55	Curve	74.79	70.00	12.00	5+600.74m	5+675.53m	61° 12' 59"	5+642.15m
56	Line (s)	69.59			5+675.53m	5+745.13m		
57	Curve	42.68	70.00	12.00	5+745.13m	5+787.80m	34° 55' 51"	5+767.15m
58	Line (s)	69.20			5+787.80m	5+857.00m		
59	Curve	27.75	70.00	12.00	5+857.00m	5+884.75m	22° 42' 53"	5+871.06m
60	Line (s)	71.46			5+884.75m	5+956.21m		
61	Curve	65.45	75.00	10.25	5+956.21m	6+021.66m	49° 59' 51"	5+991.18m
62	Line (o)	140.55			6+021.66m	6+162.21m		
63	Curve	94.40	160.00	2.50	6+162.21m	6+256.60m	33° 48' 12"	6+210.82m
64	Line (o)	357.23			6+256.60m	6+613.83m		
65	Curve	134.56	450.00	2.50	6+613.83m	6+748.39m	17° 07' 56"	6+681.62m
66	Line (s)	69.46			6+748.39m	6+817.85m		
67	Curve	49.90	90.00	5.87	6+817.85m	6+867.75m	31° 46' 02"	6+843.46m
68	Line (s)	69.42			6+867.75m	6+937.17m		
69	Curve	15.21	70.00	12.00	6+937.17m	6+952.38m	12° 27' 03"	6+944.80m
70	Line (o)	153.60			6+952.38m	7+105.98m		
71	Curve	31.58	70.00	12.00	7+105.98m	7+137.56m	25° 50' 44"	7+122.04m
72	Line (s)	70.18			7+137.56m	7+207.73m		
73	Curve	47.20	70.00	12.00	7+207.73m	7+254.94m	38° 38' 10"	7+232.27m
74	Line (o)	157.95			7+254.94m	7+412.89m		
75	Curve	90.78	70.00	12.00	7+412.89m	7+503.67m	74° 18' 08"	7+465.93m
76	Line (s)	70.89			7+503.67m	7+574.55m		
77	Curve	123.71	70.00	12.00	7+574.55m	7+698.26m	101° 15' 30"	7+659.86m
78	Line (s)	427.92			7+698.26m	8+126.19m		

Tabla 5.7: Cuadro de elementos de curva circular y tangente - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)

No.	Tipo	Length (m)	Radius (m)	Superelevation (%)	Start Station	End Station	Delta angle	PI Station
79	Curve	74.08	70.00	12.00	8+126.19m	8+200.27m	60° 38' 12"	8+167.12m
80	Line (s)	73.34			8+200.27m	8+273.61m		
81	Curve	151.50	70.00	12.00	8+273.61m	8+425.11m	124° 00' 07"	8+405.27m
82	Line (s)	101.07			8+425.11m	8+526.18m		
83	Curve	113.99	70.00	12.00	8+526.18m	8+640.17m	93° 18' 16"	8+600.34m
84	Line (s)	72.61			8+640.17m	8+712.78m		
85	Curve	110.34	70.00	12.00	8+712.78m	8+823.12m	90° 18' 56"	8+783.16m
86	Line (s)	80.16			8+823.12m	8+903.28m		
87	Curve	70.25	70.00	12.00	8+903.28m	8+973.53m	57° 30' 14"	8+941.69m
88	Line (o)	157.31			8+973.53m	9+130.84m		
89	Curve	58.51	70.00	12.00	9+130.84m	9+189.36m	47° 53' 37"	9+161.93m
90	Line (s)	78.66			9+189.36m	9+268.02m		
91	Curve	107.34	70.00	12.00	9+268.02m	9+375.36m	87° 51' 40"	9+335.45m
92	Line (o)	139.82			9+375.36m	9+515.18m		
93	Curve	88.54	75.00	10.25	9+515.18m	9+603.72m	67° 38' 28"	9+565.42m
94	Line (s)	69.82			9+603.72m	9+673.53m		
95	Curve	79.51	95.00	4.72	9+673.53m	9+753.04m	47° 57' 05"	9+715.78m
96	Line (s)	71.58			9+753.04m	9+824.62m		
97	Curve	189.56	280.00	2.50	9+824.62m	10+014.18m	38° 47' 25"	9+923.19m
98	Line (s)	288.56			10+014.18m	10+302.74m		
99	Curve	210.05	75.00	10.25	10+302.74m	10+512.79m	160° 27' 54"	10+738.42m
100	Line (s)	301.15			10+512.79m	10+813.94m		
101	Curve	178.23	120.00	2.50	10+813.94m	10+992.17m	85° 05' 51"	10+924.09m

Tabla 5.8: Cuadro de elementos de curva circular y tangente - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)

Velocidad Km/h	Radio mín m	J m/s ³	Peralte máx %	A mín m	Longitud de transición (L)	
					Calculada m	Redondeada M
30	24	0,5	12	26	28	30
30	26	0,5	10	27	28	30
30	28	0,5	8	28	28	30
30	31	0,5	6	29	27	30
30	34	0,5	4	31	28	30
30	37	0,5	2	32	28	30
40	43	0,5	12	40	37	40
40	47	0,5	10	41	36	40
40	50	0,5	8	43	37	40
40	55	0,5	6	45	37	40
40	60	0,5	4	47	37	40
40	66	0,5	2	50	38	40
50	70	0,5	12	55	43	45
50	76	0,5	10	57	43	45
50	82	0,5	8	60	44	45
50	89	0,5	6	62	43	45
50	98	0,5	4	66	44	45
50	109	0,5	2	69	44	45
60	105	0,5	12	72	49	50
60	113	0,5	10	75	50	50
60	123	0,5	8	78	49	50
60	135	0,5	6	81	49	50
60	149	0,5	4	86	50	50
60	167	0,5	2	90	49	50
70	149	0,5	12	89	54	55

Tabla 5.9: Longitud mínima de curva de transición - Fuente[2]

5.5.1.2. En Curvas Clotoides

Para una velocidad de diseño que es de 50 km/h, procedemos a elegir el radio mínimo, parámetro "A" mínimo, longitud de transición mínima, variación uniforme de la aceleración (J) y peralte máximo. De acuerdo a la Tabla 5.9, el radio mínimo debe ser 70 m, con una variación uniforme de la aceleración de 0.5 m/s³, con un peralte máximo de 12%, con un parámetro "A" mínimo de 55 m y una longitud de transición mínima de 45 m.

Además deben existir longitudes mínimas de transición; también debe existir longitudes máximas de transición, que no será superior a 1.5 veces su longitud mínima, es decir 67.50 m como lo estipula el

5.5. Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Sección Transversal

No.	Type	Length (m)	Lmáx (m)	R/3 (m)	A (m)	R (m)	Superelevation (%)	Start Station	End Station	Delta angle	Spiral_PI Station
1	Spiral	67.50		14.45	54.09	43.34	12.00	0+000.00m	0+067.50m	44° 37' 16"	0+023.89m
2	Line (s)	1.52	3.87					0+067.50m	0+069.02m		
3.1	Spiral-Curve-Spiral	67.50		50.00	100.62	150.00	2.50	0+069.02m	0+136.52m	58° 53' 20"	0+114.14m
3.2	Spiral-Curve-Spiral	86.67						0+136.52m	0+223.19m		
3.3	Spiral-Curve-Spiral	67.50						0+223.19m	0+290.69m		0+245.80m
4	Line (o)	279.13						0+290.69m	0+569.81m		
5.1	Spiral-Spiral	65.00		46.60	95.33	139.80	2.50	0+569.81m	0+634.81m	26° 38' 22"	0+613.27m
5.2	Spiral-Spiral	65.00						0+634.81m	0+699.81m		0+656.59m
6	Line (s)	3.04	3.74					0+699.81m	0+702.85m		
7.1	Spiral-Spiral	45.00		21.91	54.39	65.73	12.00	0+702.85m	0+747.85m	39° 13' 26"	0+733.04m
7.2	Spiral-Spiral	45.00						0+747.85m	0+792.85m		0+763.02m
8	Line (s)	0.02	2.94					0+792.85m	0+792.87m		
9.1	Spiral-Spiral	45.00		29.47	63.07	88.40	6.27	0+792.87m	0+837.87m	29° 10' 03"	0+822.97m
9.2	Spiral-Spiral	45.00						0+837.87m	0+882.87m		0+852.96m
10	Line (s)	2.94	3.74					0+882.87m	0+882.89m		
11.1	Spiral-Spiral	45.00		40.11	73.58	120.32	2.50	1+117.49m	1+162.49m	21° 25' 42"	1+147.55m
11.2	Spiral-Spiral	45.00						1+162.49m	1+207.49m		1+177.54m
12	Line (o)	141.23						1+207.49m	1+348.72m		
13.1	Spiral-Curve-Spiral	45.00		23.33	56.13	70.00	12.00	1+348.72m	1+393.72m	103° 48' 11"	1+378.89m
13.2	Spiral-Curve-Spiral	81.82						1+393.72m	1+475.54m		
13.3	Spiral-Curve-Spiral	45.00						1+475.54m	1+520.54m		1+490.69m
14	Line (o)	139.37						1+520.54m	1+659.92m		
15.1	Spiral-Curve-Spiral	60.00		28.33	71.41	85.00	7.16	1+659.92m	1+719.92m	54° 40' 53"	1+700.18m
15.2	Spiral-Curve-Spiral	21.12						1+719.92m	1+741.04m		
15.3	Spiral-Curve-Spiral	60.00						1+741.04m	1+801.04m		1+761.28m
16	Line (s)	2.74	3.57					1+801.04m	1+803.78m		

Tabla 5.10: Cuadro de elementos de curva tipo espiral-circular-espiral, espiral-espiral y tangente - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)

MANUAL DE CARRETERAS "DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013."

En el Diseño Geométrico en Planta con Curvas Clotoides se tiene una longitud de carretera de 11.51 km, que cuenta con 23 curvas tipo espiral-circular-espiral, 56 curvas tipo espiral-espiral y 55 tangentes. En las Tablas 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16 y 5.17 podemos observar los elementos de curva tipo espiral-circular-espiral, espiral-espiral y tangente.

5.5. Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Sección Transversal

No.	Type	Length (m)	Lmáx (m)	R/3 (m)	A (m)	R (m)	Superelevation (%)	Start Station	End Station	Delta angle	Spiral PI Station
17.1	Spiral-Curve-Spiral	60.00		28.33	71.41	85.00	7.16	1+803.78m	1+863.78m	73° 46' 19"	1+844.05m
17.2	Spiral-Curve-Spiral	49.44						1+863.78m	1+913.22m		
17.3	Spiral-Curve-Spiral	60.00						1+913.22m	1+973.22m		1+933.46m
18	Line (s)	145	3.73					1+973.22m	1+974.67m		
19.1	Spiral-Curve-Spiral	67.50		30.00	77.94	90.00	5.87	1+974.67m	2+042.17m	65° 48' 39"	2+020.01m
19.2	Spiral-Curve-Spiral	35.88						2+042.17m	2+078.04m		
19.3	Spiral-Curve-Spiral	67.50						2+078.04m	2+145.54m		2+100.85m
20	Line (s)	2.93	3.64					2+145.54m	2+148.47m		
21.1	Spiral-Curve-Spiral	57.00		26.67	67.53	80.00	8.61	2+148.47m	2+205.47m	108° 45' 21"	2+186.73m
21.2	Spiral-Curve-Spiral	94.85						2+205.47m	2+300.32m		
21.3	Spiral-Curve-Spiral	57.00						2+300.32m	2+357.32m		2+319.55m
22	Line (s)	0.50	3.09					2+357.32m	2+357.83m		
23.1	Spiral-Curve-Spiral	45.00		23.33	56.13	70.00	12.00	2+357.83m	2+402.83m	114° 19' 20"	2+387.99m
23.2	Spiral-Curve-Spiral	94.67						2+402.83m	2+497.50m		
23.3	Spiral-Curve-Spiral	45.00						2+497.50m	2+542.50m		2+512.65m
24	Line (s)	1.53	3.34					2+542.50m	2+544.03m		
25.1	Spiral-Spiral	50.00		40.10	77.55	120.29	2.50	2+544.03m	2+594.03m	23° 48' 55"	2+577.44m
25.2	Spiral-Spiral	50.00						2+594.03m	2+644.03m		2+610.76m
26	Line (o)	141.37						2+644.03m	2+785.39m		
27.1	Spiral-Spiral	45.00		21.91	54.39	65.73	12.00	2+785.39m	2+830.39m	39° 13' 28"	2+815.58m
27.2	Spiral-Spiral	45.00						2+830.39m	2+875.39m		2+845.56m
28	Line (o)	319.65						2+875.39m	3+195.04m		
29.1	Spiral-Spiral	67.50		8.02	40.30	24.06	12.00	3+195.04m	3+262.54m	160° 45' 11"	3+245.77m
29.2	Spiral-Spiral	67.50						3+262.54m	3+330.04m		3+290.33m
30	Line (s)	240.68						3+330.04m	3+440.92m		

Tabla 5.11: Cuadro de elementos de curva tipo espiral-circular-espiral, espiral-espiral y tangente - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)

No.	Type	Length (m)	Lmáx (m)	R/3 (m)	A (m)	R (m)	Superelevation (%)	Start Station	End Station	Delta angle	Spiral PI Station
31.1	Spiral-Spiral	60.00		32.07	75.97	96.20	4.46	3+440.92m	3+500.92m	35° 44' 05"	3+481.13m
31.2	Spiral-Spiral	60.00						3+500.92m	3+560.92m		3+521.11m
32	Line (s)	180.99						3+560.92m	3+741.11m		
33.1	Spiral-Spiral	50.00		69.27	101.94	207.82	2.50	3+741.11m	3+791.11m	13° 47' 06"	3+774.47m
33.2	Spiral-Spiral	50.00						3+791.11m	3+841.11m		3+807.80m
34	Line (s)	0.12	3.59					3+841.11m	3+841.23m		
35.1	Spiral-Spiral	46.00		12.69	41.84	38.06	12.00	3+841.23m	3+887.23m	69° 14' 50"	3+872.51m
35.2	Spiral-Spiral	46.00						3+887.23m	3+933.23m		3+903.12m
36	Line (s)	1.54	2.32					3+933.23m	3+934.77m		
37.1	Spiral-Spiral	60.00		14.36	50.84	43.09	12.00	3+934.77m	3+994.77m	79° 47' 18"	3+975.83m
37.2	Spiral-Spiral	60.00						3+994.77m	4+054.77m		4+015.74m
38	Line (s)	0.12	2.80					4+054.77m	4+054.89m		
39.1	Spiral-Curve-Spiral	50.00		25.00	61.24	75.00	10.25	4+054.89m	4+104.89m	107° 05' 15"	4+088.41m
39.2	Spiral-Curve-Spiral	90.18						4+104.89m	4+195.06m		
39.3	Spiral-Curve-Spiral	50.00						4+195.06m	4+245.06m		4+211.91m
40	Line (s)	2.06	2.38					4+245.06m	4+247.12m		
41.1	Spiral-Spiral	55.00		6.98	33.93	20.93	12.00	4+247.12m	4+302.12m	150° 34' 24"	4+287.77m
41.2	Spiral-Spiral	55.00						4+302.12m	4+357.12m		4+324.12m
42	Line (s)	0.66	2.51					4+357.12m	4+357.79m		
43.1	Spiral-Curve-Spiral	55.00		26.67	66.33	80.00	8.61	4+357.79m	4+412.79m	43° 29' 16"	4+394.68m
43.2	Spiral-Curve-Spiral	5.72						4+412.79m	4+418.51m		
43.3	Spiral-Curve-Spiral	55.00						4+418.51m	4+473.51m		4+437.05m
44	Line (s)	90.19						4+473.51m	4+563.69m		
45.1	Spiral-Curve-Spiral	60.00		28.33	71.41	85.00	7.16	4+563.69m	4+623.69m	59° 18' 34"	4+603.96m
45.2	Spiral-Curve-Spiral	27.99						4+623.69m	4+651.68m		
45.3	Spiral-Curve-Spiral	60.00						4+651.68m	4+711.68m		4+671.92m

Tabla 5.12: Cuadro de elementos de curva tipo espiral-circular-espiral, espiral-espiral y tangente - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)

5.5. Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Sección Transversal

No.	Type	Length (m)	Lmáx (m)	R/3 (m)	A (m)	R (m)	Superelevation (%)	Start Station	End Station	Delta angle	Spiral PI Station
46	Line (s)	0.08	3.44					4+711.68m	4+711.76m		
47.1	Spiral-Curve-Spiral	55.00		26.67	66.33	80.00	8.61	4+711.76m	4+766.76m	59° 21' 31"	4+748.66m
47.2	Spiral-Curve-Spiral	27.88						4+766.76m	4+794.64m		
47.3	Spiral-Curve-Spiral	55.00						4+794.64m	4+849.64m		4+813.18m
48	Line (o)	141.08						4+849.64m	4+990.72m		
49.1	Spiral-Spiral	55.00		49.23	90.12	147.68	2.50	4+990.72m	5+045.72m	21° 20' 20"	5+027.45m
49.2	Spiral-Spiral	55.00						5+045.72m	5+100.72m		5+064.11m
50	Line (s)	1.74	4.50					5+100.72m	5+102.46m		
51.1	Spiral-Spiral	50.00		53.84	89.87	161.53	2.50	5+102.46m	5+152.46m	17° 44' 08"	5+135.83m
51.2	Spiral-Spiral	50.00						5+152.46m	5+202.46m		5+169.16m
52	Line (s)	12.97						5+202.46m	5+215.43m		
53.1	Spiral-Spiral	45.00		16.09	46.61	48.27	12.00	5+215.43m	5+267.43m	53° 24' 50"	5+241.77m
53.2	Spiral-Spiral	45.00						5+267.43m	5+312.43m		5+289.74m
54	Line (s)	0.03	2.06					5+312.43m	5+312.46m		
55.1	Spiral-Spiral	45.00		9.42	35.66	28.26	12.00	5+312.46m	5+357.46m	91° 14' 15"	5+443.52m
55.2	Spiral-Spiral	45.00						5+357.46m	5+402.46m		5+473.42m
56	Line (s)	0.40	2.13					5+402.46m	5+402.86m		
57.1	Spiral-Spiral	50.00		16.31	49.47	48.94	12.00	5+402.86m	5+452.86m	58° 32' 30"	5+536.66m
57.2	Spiral-Spiral	50.00						5+452.86m	5+502.86m		5+569.95m
58	Line (o)	287.21						5+502.86m	5+890.07m		
59.1	Spiral-Spiral	55.00		15.21	50.10	45.64	12.00	5+890.07m	5+945.07m	69° 02' 40"	5+927.46m
59.2	Spiral-Spiral	55.00						5+945.07m	6+000.07m		5+964.06m
60	Line (s)	0.70	2.23					6+000.07m	6+000.77m		
61.1	Spiral-Spiral	52.00		9.83	39.17	29.50	12.00	6+000.77m	6+052.77m	101° 00' 05"	6+036.96m
61.2	Spiral-Spiral	52.00						6+052.77m	6+104.77m		6+071.49m
62	Line (s)	2.40	2.69					6+104.77m	6+107.17m		

Tabla 5.13: Cuadro de elementos de curva tipo espiral-circular-espiral, espiral-espiral y tangente - Fuente: Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)

No.	Type	Length (m)	Lmáx (m)	R/3 (m)	A (m)	R (m)	Superelevation (%)	Start Station	End Station	Delta angle	Spiral PI Station
63.1	Spiral-Curve-Spiral	55.00		28.33	68.37	85.00	7.16	6+107.17m	6+162.17m	58° 33' 36"	6+144.04m
63.2	Spiral-Curve-Spiral	31.88						6+162.17m	6+194.04m		
63.3	Spiral-Curve-Spiral	55.00						6+194.04m	6+249.04m		6+212.56m
64	Line (s)	0.42	3.23					6+249.04m	6+249.46m		
65.1	Spiral-Spiral	45.00		27.31	60.72	81.92	8.03	6+249.46m	6+294.46m	31° 28' 21"	6+279.58m
65.2	Spiral-Spiral	45.00						6+294.46m	6+339.46m		6+309.57m
66	Line (s)	0.68	2.79					6+339.46m	6+340.14m		
67.1	Spiral-Spiral	45.00		19.32	51.86	57.97	12.00	6+340.14m	6+385.14m	44° 26' 36"	6+470.24m
67.2	Spiral-Spiral	45.00						6+385.14m	6+430.14m		6+400.34m
68	Line (o)	139.39						6+430.14m	6+569.53m		
69.1	Spiral-Spiral	50.00		23.75	59.69	71.26	11.67	6+569.53m	6+619.53m	40° 12' 05"	6+603.08m
69.2	Spiral-Spiral	50.00						6+619.53m	6+669.53m		6+636.39m
70	Line (o)	388.24						6+669.53m	7+057.76m		
71.1	Spiral-Curve-Spiral	45.00		23.33	56.13	70.00	12.00	7+057.76m	7+102.76m	72° 05' 56"	7+087.93m
71.2	Spiral-Curve-Spiral	43.09						7+102.76m	7+145.85m		
71.3	Spiral-Curve-Spiral	45.00						7+145.85m	7+190.85m		7+161.00m
72	Line (s)	0.16	2.40					7+190.85m	7+191.01m		
73.1	Spiral-Spiral	60.00		8.75	39.69	26.25	12.00	7+191.01m	7+251.01m	130° 57' 24"	7+234.14m
73.2	Spiral-Spiral	60.00						7+251.01m	7+311.01m		7+273.88m
74	Line (s)	0.90	2.17					7+311.01m	7+311.91m		
75.1	Spiral-Spiral	45.00		16.33	46.95	48.99	12.00	7+311.91m	7+356.91m	52° 57' 30"	7+344.25m
75.2	Spiral-Spiral	45.00						7+356.91m	7+401.91m		7+372.33m
76	Line (o)	140.85						7+401.91m	7+542.76m		
77.1	Spiral-Spiral	45.00		28.72	62.27	86.15	6.85	7+542.76m	7+587.76m	29° 55' 36"	7+572.87m
77.2	Spiral-Spiral	45.00						7+587.76m	7+632.76m		7+602.86m
78	Line (s)	72.04						7+632.76m	7+704.80m		

Tabla 5.14: Cuadro de elementos de curva tipo espiral-circular-espiral, espiral-espiral y tangente - Fuente: Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)

5.5. Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Sección Transversal

No.	Type	Length (m)	L _{máx} (m)	R/3 (m)	A (m)	R (m)	Superelevation (%)	Start Station	End Station	Delta angle	Spiral PI Station
79.1	Spiral-Spiral	45.00		13.74	43.07	41.23	12.00	7+704.80m	7+749.80m	62° 32' 27"	7+735.28m
79.2	Spiral-Spiral	45.00						7+749.80m	7+794.80m		7+765.24m
80	Line (s)	0.03	2.19					7+794.80m	7+794.82m		
81.1	Spiral-Spiral	45.00		14.57	44.35	43.71	12.00	7+794.82m	7+839.82m	58° 58' 52"	7+825.25m
81.2	Spiral-Spiral	45.00						7+839.82m	7+884.82m		7+855.21m
82	Line (s)	0.80	2.26					7+884.82m	7+885.62m		
83.1	Spiral-Spiral	67.50		10.47	46.04	31.40	12.00	7+885.62m	7+953.12m	123° 10' 20"	7+933.69m
83.2	Spiral-Spiral	67.50						7+953.12m	8+020.62m		7+978.43m
84	Line (s)	2.16	3.27					8+020.62m	8+022.78m		
85.1	Spiral-Curve-Spiral	67.50		35.33	84.59	106.00	2.57	8+022.78m	8+090.28m	113° 23' 10"	8+068.02m
85.2	Spiral-Curve-Spiral	142.27						8+090.28m	8+232.55m		
85.3	Spiral-Curve-Spiral	67.50						8+232.55m	8+300.05m		8+255.27m
86	Line (o)	152.23						8+300.05m	8+452.29m		
87.1	Spiral-Spiral	67.50		99.68	142.07	299.03	2.50	8+452.29m	8+519.79m	12° 56' 00"	8+497.32m
87.2	Spiral-Spiral	67.50						8+519.79m	8+587.29m		8+542.31m
88	Line (s)	5.61	5.66					8+587.29m	8+592.90m		
89.1	Spiral-Curve-Spiral	67.50		35.00	84.19	105.00	2.75	8+592.90m	8+660.40m	65° 32' 04"	8+638.14m
89.2	Spiral-Curve-Spiral	52.60						8+660.40m	8+713.00m		
89.3	Spiral-Curve-Spiral	67.50						8+713.00m	8+780.50m		8+735.72m
90	Line (s)	2.82	3.72					8+780.50m	8+783.31m		
91.1	Spiral-Curve-Spiral	60.00		23.33	64.81	70.00	12.00	8+783.31m	8+843.31m	104° 52' 09"	8+823.70m
91.2	Spiral-Curve-Spiral	68.12						8+843.31m	8+911.43m		
91.3	Spiral-Curve-Spiral	60.00						8+911.43m	8+971.43m		8+931.79m
92	Line (s)	3.70	3.77					8+971.43m	8+975.14m		

Tabla 5.15: Cuadro de elementos de curva tipo espiral-circular-espiral, espiral-espiral y tangente - Fuente: Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)

No.	Type	Length (m)	L _{máx} (m)	R/3 (m)	A (m)	R (m)	Superelevation (%)	Start Station	End Station	Delta angle	Spiral PI Station
93.1	Spiral-Curve-Spiral	67.50		36.67	86.17	110.00	2.50	8+975.14m	9+042.64m	75° 19' 46"	9+020.36m
93.2	Spiral-Curve-Spiral	77.12						9+042.64m	9+119.76m		
93.3	Spiral-Curve-Spiral	67.50						9+119.76m	9+187.26m		9+142.46m
94	Line (s)	0.56	3.77					9+187.26m	9+187.82m		
95.1	Spiral-Curve-Spiral	60.00		23.33	64.81	70.00	12.00	9+187.82m	9+247.82m	92° 46' 12"	9+228.21m
95.2	Spiral-Curve-Spiral	53.34						9+247.82m	9+301.16m		
95.3	Spiral-Curve-Spiral	60.00						9+301.16m	9+361.16m		9+321.52m
96	Line (s)	2.84	3.07					9+361.16m	9+364.00m		
97.1	Spiral-Curve-Spiral	45.00		25.00	58.10	75.00	10.25	9+364.00m	9+409.00m	54° 22' 00"	9+394.14m
97.2	Spiral-Curve-Spiral	26.17						9+409.00m	9+435.16m		
97.3	Spiral-Curve-Spiral	45.00						9+435.16m	9+480.16m		9+450.29m
98	Line (o)	140.57						9+480.16m	9+620.73m		
99.1	Spiral-Curve-Spiral	45.00		28.33	61.85	85.00	7.16	9+620.73m	9+665.73m	70° 08' 11"	9+650.85m
99.2	Spiral-Curve-Spiral	59.05						9+665.73m	9+724.78m		
99.3	Spiral-Curve-Spiral	45.00						9+724.78m	9+769.78m		9+739.83m
100	Line (s)	0.96	2.77					9+769.78m	9+770.74m		
101	Spiral-Spiral	67.50		11.88	49.04	35.63	12.00	9+770.74m	9+838.24m	108° 33' 08"	9+818.06m
101	Spiral-Spiral	67.50						9+838.24m	9+905.74m		9+862.86m
102	Line (o)	151.39						9+905.74m	10+057.13m		
103	Spiral-Spiral	55.00		18.15	54.72	54.44	12.00	10+057.13m	10+112.13m	57° 53' 03"	10+094.30m
103	Spiral-Spiral	55.00						10+112.13m	10+167.13m		10+130.92m
104	Line (s)	1.93	2.99					10+167.13m	10+169.06m		
105	Spiral-Curve-Spiral	56.00		25.00	64.81	75.00	10.25	10+169.06m	10+225.06m	73° 56' 00"	10+206.67m
105	Spiral-Curve-Spiral	40.78						10+225.06m	10+265.84m		
105	Spiral-Curve-Spiral	56.00						10+265.84m	10+321.84m		10+284.75m
106	Line (s)	0.28	2.67					10+321.84m	10+322.11m		

Tabla 5.16: Cuadro de elementos de curva tipo espiral-circular-espiral, espiral-espiral y tangente - Fuente: Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)

No.	Type	Length (m)	Lmáx (m)	R/3 (m)	A (m)	R (m)	Superelevation (%)	Start Station	End Station	Delta angle	Spiral_PI Station
107	Spiral-Spiral	45.00		13.12	42.08	39.36	12.00	10+322.11m	10+367.11m	65° 30' 37"	10+352.64m
107	Spiral-Spiral	45.00						10+367.11m	10+412.11m		10+382.60m
108	Spiral-Spiral	380.73						10+492.88m	10+792.84m		
109	Spiral-Curve-Spiral	45.00		23.33	56.13	70.00	12.00	10+792.84m	10+837.84m	164° 14' 49"	10+823.01m
109	Spiral-Curve-Spiral	155.67						10+837.84m	10+993.51m		
109	Spiral-Curve-Spiral	45.00						10+993.51m	11+038.51m		11+008.66m
110	Spiral-Spiral	299.03						11+038.51m	11+295.83m		
111	Spiral-Curve-Spiral	67.50		35.00	84.19	105.00	2.75	11+295.83m	11+363.33m	78° 17' 59"	11+341.08m
112	Spiral-Curve-Spiral	75.99						11+363.33m	11+439.32m		
113	Spiral-Curve-Spiral	67.50						11+439.32m	11+506.82m		11+462.05m

Tabla 5.17: Cuadro de elementos de curva tipo espiral-circular-espiral, espiral-espiral y tangente - Fuente: Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)

A continuación algunos datos que se observan en las Tablas 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16 y 5.17:

- El radio mínimo y máximo en las curvas tipo espiral-circular-espiral es de 70 m y 150 m respectivamente; lo cual significa que se está cumpliendo con lo mostrado en la Tabla 5.9 estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- El radio mínimo y máximo en las curvas tipo espiral-espiral es de 20.93 m y 299.03 m respectivamente; lo cual no significa que no se esté cumpliendo con lo mostrado en la Tabla 5.9; lo que significa es que para ángulos de deflexión menores a 37° si cumple con el radio mínimo mostrado en la Tabla 5.9 estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.” Cabe mencionar que para ángulos de deflexión mayores a 37°, no cumple con el radio mínimo debido a que las curvas tipo espiral-espiral se están adoptando a la topografía del terreno, ya que no se pueden usar curvas tipo espiral-circular-espiral. En el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013” no menciona que el radio mínimo debe cumplirse para cada tipo de curva clotoide, lo que se deduce que para las curvas tipo espiral-circular-espiral siempre cumplirá con el radio mínimo, y para las curvas tipo espiral-espiral solo cumple en algunos casos, es decir solo para ángulos de deflexión menores a 37° (filas resaltadas con gris); más no cuando el ángulo de deflexión es mayor a 37° (filas resaltadas con amarillo y rojo).
- El peralte máximo en las curvas clotoides es de 12%; lo cual significa que se está cumpliendo con lo mostrado en la Tabla 5.9 estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013”.
- Para curvas clotoides de inflexión o curvas en “s”, a falta de espacio o dificultad para conseguir una tangencia exacta en el punto de radio infinito, se puede aceptar una leve longitud de traslape de las clotoides, o la generación de un tramo en tangente de ajuste. La longitud de traslape o ajuste no deberá superar:

$$\Delta L_{(m)} = 0.05 \frac{A_1 + A_2}{2}$$

Donde A1 y A2 son parámetros de las espirales de salida y entrada que empalman una tangente. Entonces las longitudes de los tangentes que empalman curvas clotoides del mismo sentido (Line (s)) están por debajo de la tangente máxima como se pueden observar en las columnas 3 y 4 de las filas resaltadas con verde mostrados en las Tablas 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16 y 5.17; lo cual significa que se está cumpliendo con lo mostrado en la sección 2.3.2.5 estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”

- La longitud mínima y máxima de las tangentes (filas resaltadas con celeste) que empalman curvas clotoides de sentido contrario (Line (s)) es de 72.04 y 380.73 respectivamente, es decir se está superando la longitud mínima de 69 m, y está por debajo de la longitud máxima de 835 m; lo cual significa que se está cumpliendo con lo mostrado en la Tabla 5.4 estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- La longitud mínima y máxima de las tangentes que empalman curvas clotoides del mismo sentido (Line (o)) es de 139.37 y 388.24 respectivamente, es decir se está superando la longitud mínima de 139 m, y está por debajo de la longitud máxima de 835 m; lo cual significa que se está cumpliendo con lo mostrado en la Tabla 5.4 estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- La longitud mínima y máxima de transición de las clotoides es de 45 y 67.5 respectivamente, es decir se está cumpliendo con la longitud mínima de 45 m, y con la longitud máxima que no será superior a 1.5 veces su longitud mínima, es decir 67.50 m; lo cual significa que se está cumpliendo con lo mostrado en la Tabla 5.9 estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- El parámetro “A” mínimo siempre cumple en las curvas tipo espiral-circular-espiral de acuerdo lo mostrado en la Tabla 5.9. estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013”. En caso de las curvas tipo espiral-espiral solo cumple cuando el ángulo de deflexión es menor a 37° (filas resaltadas con gris); más no cuando el ángulo de deflexión es mayor a 37° (filas resaltadas con rojo y amarillo).
- Para que la presencia de una curva de transición resulte fácilmente perceptible por el conductor, se deberá cumplir que:

$$R/3 \leq A \leq R$$

5.5. Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Sección Transversal

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
Vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-100				< 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: 20 km/h																	8,00	9,00	10,00	12,00
30 km/h																	8,00	9,00	10,00	12,00
40 km/h																	9,00	9,00	9,00	10,00
50 km/h											7,00	7,00			8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00
60 km/h					6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00
70 km/h			5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	7,00		7,00	7,00	7,00	7,00
80 km/h	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00		6,00	6,00			7,00	7,00	7,00	7,00
90 km/h	4,50	5,00	5,00		5,00	5,00	6,00		5,00	5,00			6,00				6,00	6,00	6,00	6,00
100 km/h	4,50	4,50	4,50		5,00	5,00	6,00		5,00				6,00							
110 km/h	4,00	4,00			4,00															
120 km/h	4,00	4,00			4,00															
130 km/h	3,50																			

Tabla 5.18: Pendientes máximas (%) - Fuente[2]

Esta relación siempre cumple en las curvas tipo espiral-circular-espiral. En caso de las curvas tipo espiral-espiral solo cumple cuando el ángulo de deflexión es menor a 58° (filas resaltadas con gris y rojo); más no cuando el ángulo de deflexión es mayor a 58° (filas resaltadas con amarillo).

5.5.2. Diseño Geométrico en Perfil

5.5.2.1. En Curvas Circulares

De acuerdo a la velocidad de diseño que es de 50 km/h, la pendiente longitudinal mínima y máxima deben ser de 0.5% y 8% respectivamente como se muestra en la Tabla 5.18.

Además deben existir longitudes mínimas de curva vertical convexa y cóncava de acuerdo a las consideraciones de diseño vistos en la sección 2.3.3.

5.5. Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Sección Transversal

No.	PVI Station	PVI Elevation (m)	Grade In (%)	Grade Out (%)	A (%)	Curve Type	Dp (m)	L mín (m)	Curve Length (m)	K Value
1	0+000.00m	3529.97		-4.34						
2	3+160.00m	3392.84	-4.34	-0.77	3.57	Sag	58	25.52	26.00	7.29
3	4+531.14m	3382.27	-0.77	-5.16	4.39	Crest	55	32.85	33.00	7.51
4	6+320.16m	3289.87	-5.16	-6.23	1.07	Crest	59	9.21	10.00	9.38
5	9+560.00m	3088.00	-6.23	0.75	6.98	Sag	60	72.72	75.00	10.74
6	10+620.00m	3096.00	0.75	6.81	6.06	Sag	54	57.01	60.00	9.90
7	10+992.17m	3121.36	6.81							

Tabla 5.19: Cuadro de elementos de curva vertical - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)

A continuación algunos datos que se observan en las Tablas 5.19:

- La pendiente longitudinal mínima y máxima es de 0.75% y 6.81% respectivamente; lo cual significa que se está cumpliendo con lo mostrado en la Tabla 5.18 estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- Las longitudes de las curvas cóncavas y convexas están por encima de las longitudes mínimas requeridas de acuerdo a las fórmulas vistos en la sección 2.3.3.4. Cabe mencionar que para el cálculo de las longitudes mínimas en ambos casos se usó la distancia de visibilidad de parada tal como se muestra en la columna 8 de la Tabla 5.19 estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013”, es decir:

La longitud de las curvas verticales convexas, se determinó con la siguiente fórmula:

Cuando $D_p < L$:

$$L = \frac{AD_p^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

Donde para todos los casos:

L: Longitud de la curva vertical (m)

Dp: Distancia de visibilidad de parada (m)

A: Diferencia algebraica de pendientes (%)

h1: Altura del ojo sobre la rasante (m)

h2: Altura del objeto sobre la rasante (m)

Con $h_1 = 1.07$ m y $h_2 = 0.15$ m.

La longitud de las curvas verticales cóncavas, se determinó con las siguientes fórmula:

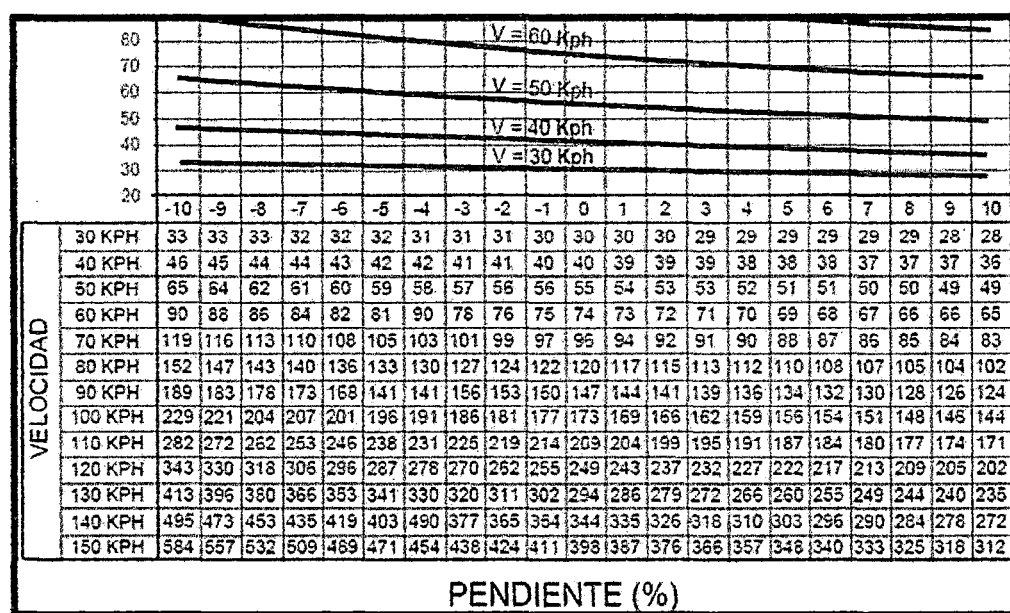


Figura 5.18: Distancia de visibilidad de parada - Fuente[2]

Cuando $D > L$:

$$L = 2D - \left(\frac{120 + 3.5D}{A} \right)$$

Donde:

D: Distancia entre el vehículo y el punto donde con un ángulo de 1° , los rayos de luz de los faros, interseca a la rasante.

Del lado de la seguridad se toma $D = D_p$, cuyos resultados se aprecian en la Figura 2.14.

5.5.2.2. En Curvas Clotoides

Al igual que en las curvas circulares, la pendiente longitudinal mínima y máxima también deben ser de 0.5% y 8% respectivamente como se muestra en la Tabla 5.18.

También igual que en las curvas circulares, deben existir longitudes mínimas de curva vertical convexa y cóncava de acuerdo a las consideraciones de diseño vistos en la sección 2.3.3.

No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In	Grade Out	A (%)	Curve Type	Dp (m)	L mín (m)	Curve Length (m)	K Value
1	0+000.00m	3530.083m		-4.36						
2	3+260.00m	3387.947m	-4.36	1.79	6.15	Sag	58	63.48	125.000m	20.33
3	4+341.87m	3407.284m	1.79	-4.90	6.69	Crest	53	46.49	130.000m	19.45
4	7+616.90m	3246.926m	-4.90	-7.18	2.28	Crest	59	19.63	20.000m	8.77
5	8+159.95m	3207.953m	-7.18	-5.15	2.03	Sag	61	21.65	22.000m	10.86
6	9+099.83m	3159.534m	-5.15	-7.71	2.56	Crest	59	22.04	28.000m	10.95
7	10+110.51m	3081.629m	-7.71	1.74	9.45	Sag	62	88.34	105.000m	11.11
8	11+226.50m	3101.066m	1.74	7.29	5.55	Sag	53	50.95	130.000m	23.44
9	11+506.82m	3121.494m	7.29							

Tabla 5.20: Cuadro de elementos de curva vertical - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)

A continuación algunos datos que se observan en las Tablas 5.20:

- La pendiente longitudinal mínima y máxima es de 1.74% y 7.71% respectivamente; lo cual significa que se está cumpliendo con lo mostrado en la Tabla 5.18 estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS "DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013."
- Las longitudes de las curvas cóncavas y convexas están por encima de las longitudes mínimas requeridas de acuerdo a las fórmulas vistos en la sección anterior. Cabe mencionar que para el cálculo de las longitudes mínimas en ambos casos se usó la distancia de visibilidad de parada tal como se muestra en la columna 8 de la Tabla 5.20 estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS "DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013". En caso de la fila sombreada con amarillo se usó la siguiente fórmula:

Cuando $D_p < L$:

$$L = \frac{AD^2}{120 + 3.5D}$$

Ya que al usar la fórmula cuando $D_p > L$, resulta negativo.

5.5.3. Diseño Geométrico de la Sección Transversal

5.5.3.1. En Curvas Circulares y Clotoides

La sección transversal típica de una plataforma de carretera en tangente será como se muestra en la Fig. 5.19.

De acuerdo a la velocidad de diseño que es de 50 km/h, el ancho mínimo de calzada en tangente debe ser 6.60 m como se muestra en la Tabla 5.21.

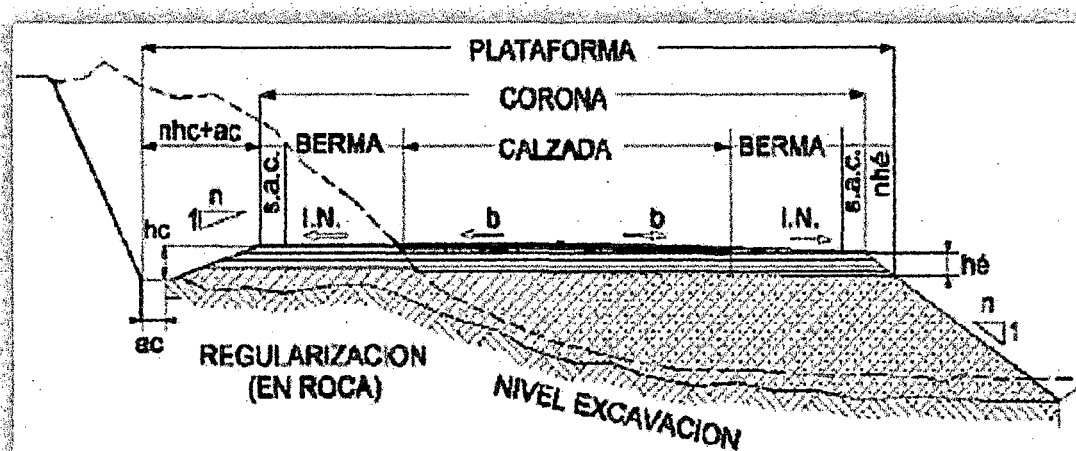


Figura 5.19: Sección transversal típica de plataforma - Fuente[3]

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 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																	6,60	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	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							
90 km/h	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																		

Tabla 5.21: Anchos mínimos de calzada en tangente - Fuente[2]

5.5. Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Sección Transversal

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 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																				
40 km/h																				
50 km/h																				
60 km/h																				
70 km/h																				
80 km/h																				
90 km/h																				
100 km/h																				
110 km/h																				
120 km/h																				
130 km/h																				

Tabla 5.22: Ancho de bermas - Fuente[2]

Además deben existir bermas con un ancho mínimo de 1.20 m en ambos lados de la calzada, como se muestra en la Tabla 5.22.

Adicionalmente será necesario añadir lateralmente a la misma para su adecuado confinamiento, una banda de mínimo 0.5 m de ancho sin pavimentar. A esta banda se le denomina sobreancho de compactación (s.a.c.) y puede permitir la localización de señalización y defensas.

A los anchos mínimos de calzada en tangente indicados en la Tabla 5.22, se adicionarán los sobreanchos correspondientes a las curvas, de acuerdo a lo mostrado en la Tabla 5.23. El sobreancho elegido para todas las curvas será de 1.40 m, ya que es el valor máximo para un radio mínimo de 70 m.

Los valores del bombeo de la calzada será de 2.5% como se muestra en la Tabla 5.24.

La inclinación transversal de las bermas será de 4% como se muestra en la Figura 5.20.

Los valores de peralte máximo y normal de las curvas será de 12% y 8% respectivamente como se muestra en la Tabla 5.25, y tendrá un peralte mínimo igual que el del bombeo de la calzada, es decir 2.5%.

Debe existir una proporción de peralte a desarrollar en tangente como se muestra en la Tabla 5.26.

Consideraremos un talud en corte de 1:1; ya que predomina un terreno con gravas, limoarcilloso y arcilla como se muestra en la Tabla 5.27.

	V = 30 KPH		V = 40 KPH		V = 50 KPH		V = 60 KPH		V = 70 KPH		V = 80 KPH	
	Calculo	Recomendado	Calculo	Recomendado	Calculo	Recomendado	Calculo	Recomendado	Calculo	Recomendado	Calculo	Recomendado
R	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
25	2.78	2.8										
28	2.5	2.5										
30	2.35	2.4										
35	2.05	2.1										
37	1.95	2										
40	1.82	1.9										
45	1.64	1.7	1.79	1.8								
50	1.5	1.5	1.64	1.7								
55	1.38	1.4	1.51	1.5								
60	1.28	1.3	1.41	1.4								
70	1.12	1.2	1.24	1.3	1.35	1.4						
80	1	1	1.11	1.1	1.23	1.2						
90	0.91	0.9	1.01	1	1.12	1.1						
100	0.83	0.9	0.93	0.9	1.03	1	1.13	1.1				
120	0.72	0.8	0.81	0.8	0.9	0.9	0.99	1				
130	0.67	0.7	0.76	0.8	0.85	0.9	0.94	1				
150	0.6	0.6	0.68	0.7	0.76	0.8	0.85	0.9	0.93	0.9		
200	0.48	0.5	0.55	0.6	0.62	0.6	0.69	0.7	0.76	0.8	0.83	0.8
250	0.4	0.4	0.47	0.5	0.53	0.5	0.59	0.6	0.66	0.7	0.72	0.7
300	0.35	0.4	0.41	0.4	0.47	0.55	0.52	0.5	0.58	0.6	0.64	0.6
350	0.31	0.3	0.37	0.4	0.42	0.4	0.47	0.5	0.53	0.5	0.58	0.6
400	0.28	0.3	0.33	0.4	0.38	0.4	0.43	0.4	0.48	0.5	0.53	0.5
450			0.31	0.3	0.35	0.4	0.4	0.4	0.45	0.4	0.5	0.5
500					0.33	0.4	0.37	0.4	0.42	0.4	0.46	0.5
550							0.35	0.4	0.4	0.4	0.44	0.4
600							0.33	0.3	0.37	0.4	0.42	0.4
650									0.36	0.4	0.4	0.4
700									0.34	0.3	0.38	0.4
800											0.35	0.4
900												

Tabla 5.23: Sobreancho de calzada en curvas - Fuente[2]

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

Tabla 5.24: Valores del bombeo de la calzada - Fuente[2]

5.5. Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Sección Transversal

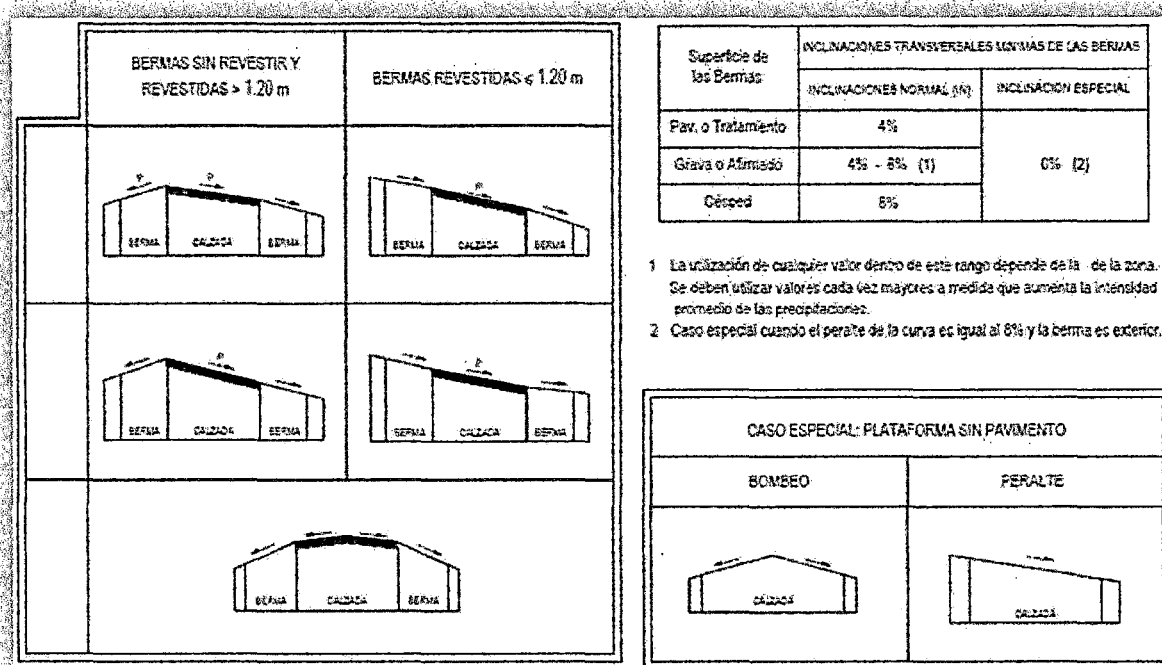


Figura 5.20: Inclinación transversal de bermas - Fuente[2]

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Atravesamiento de zonas urbanas	6,0%	4,0%
Zona rural (T. Plano, Ondulado ó Accidentado)	8,0%	6,0%
Zona rural (T. Accidentado ó Escarpado)	12,0	8,0%
Zona rural con peligro de hielo	8,0	6,0%

Tabla 5.25: Valores de peralte máximo - Fuente[2]

$p < 4,5\%$	$4,5\% < p < 7\%$	$p > 7\%$
0,5 p	0,7 p	0,8 p

Tabla 5.26: Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente - Fuente[2]

Materiales	Talud (V:H)		
	Altura (m)		
	<5	5-10	>10
Gravas, limo arenoso y arcilla	1:1,5	1:1,75	1:2
Árena	1:2	1:2,25	1:2,5
Enrocado	1:1	1:1,25	1:1,5

Tabla 5.28: Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes) - Fuente[2]

V.D. (Km/h)	I.M.D.A (VEH./DIA)		
	< 750		> 750
≤70	1:2	(*)	1:3
	1:3		
> 70	1:3		1:4

Tabla 5.29: Inclinationes máximas de talud (V:H), interior de la cuneta - Fuente[2]

“DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013” considera una profundidad mínima de 0.30 m para regiones lluviosas; y el ancho de 0.90 m se debe a que de acuerdo a la Tabla 5.29 para una velocidad de diseño menor o igual a 70 km/h y un IMDA mayor a 750 veh/día nos recomienda un talud interior de la cuenta (V:H) de 1:3; entonces para una altura $V=0.30$ m, el ancho de sí al centro de la cuneta será de $H=3(0.3)=0.90$ m.

A continuación algunas de las secciones transversales diseñadas resultantes del AutoCAD Civil 3D:

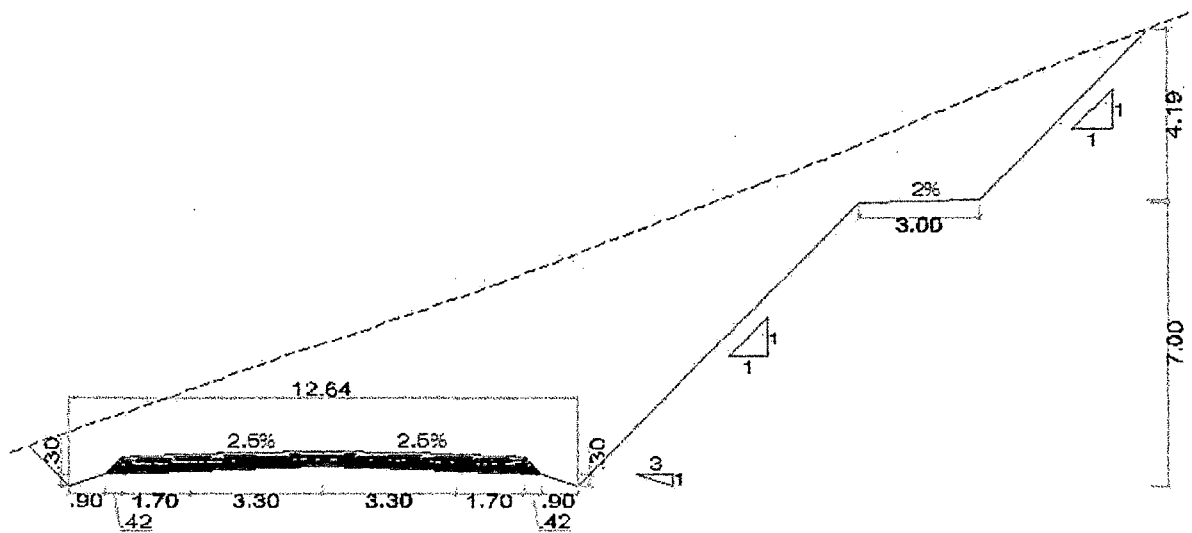


Figura 5.22: Sección transversal (en corte) en tangente con banquetas - Fuente. Elaboración Propia

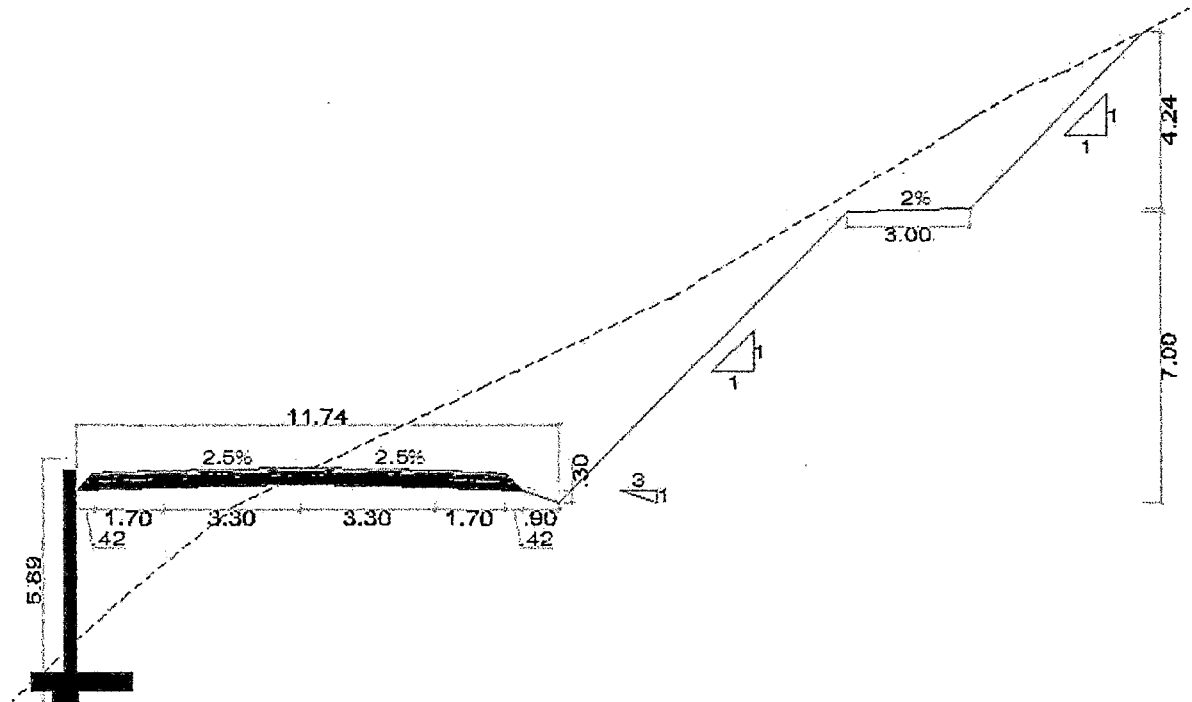


Figura 5.23: Sección transversal (en corte) en tangente con muro de contención y banquetas - Fuente. Elaboración Propia

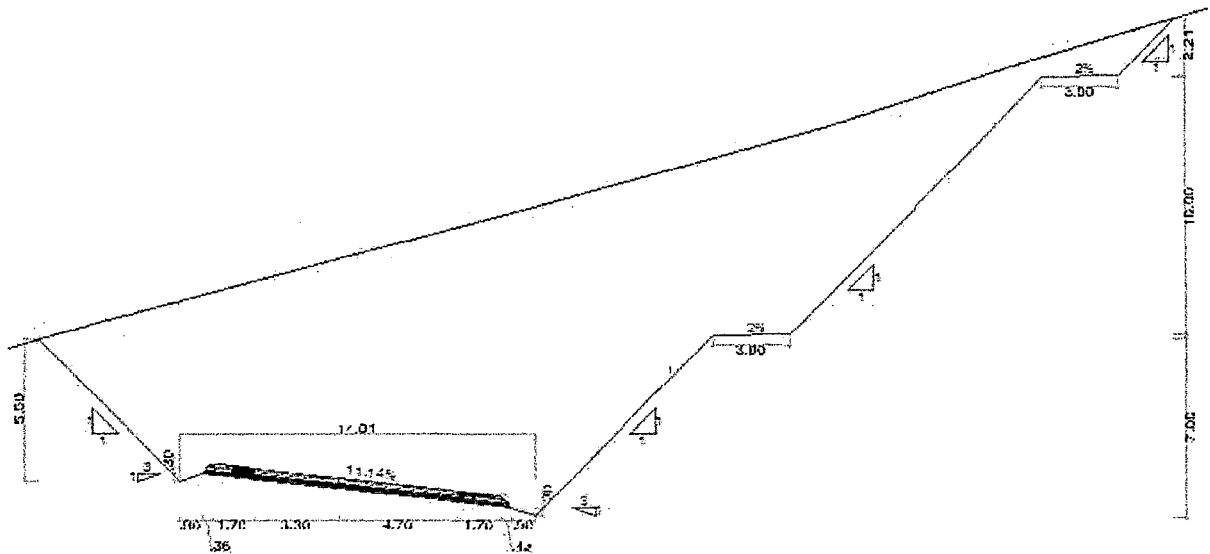


Figura 5.24: Sección transversal (en corte) en curva con banquetas - Fuente. Elaboración Propia

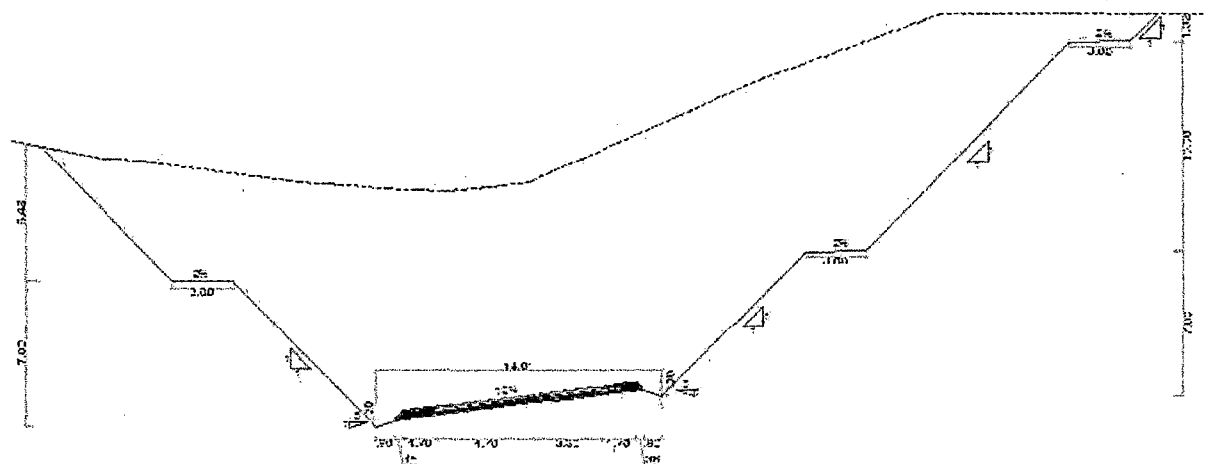


Figura 5.25: Sección transversal (en corte) en curva con banquetas en ambos lados - Fuente. Elaboración Propia

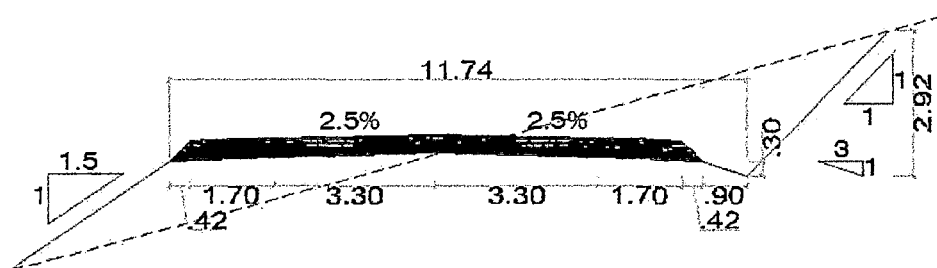


Figura 5.26: Sección transversal (en corte y relleno) en tangente sin banquetas - Fuente. Elaboración Propia

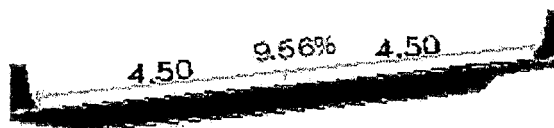


Figura 5.27: Sección transversal de un puente en curva - Fuente. Elaboración Propia



Figura 5.28: Sección transversal de un puente en tagente - Fuente. Elaboración Propia

A continuación algunos datos que se observan en las figuras mostradas anteriormente:

- En la Fig. 5.22 se puede observar que el ancho de cada carril es de 3.30 m con un bombeo de 2.5 %, además a cada lado de la calzada se está considerando un ancho de berma de 1.20 m más 0.50 m de sobreancho de compactación, que en total hacen 1.70 m; además se tiene un ancho adicional de 0.42 m (a cada lado de la calzada) debido al talud que se genera de la base, sub-base y asfaltado de la rasante (talud que dependerá de la altura de la base, sub-base y asfaltado de la rasante). También se puede observar que la altura y el ancho de la cuneta es de 0.30 m y 0.90 m respectivamente en ambos lados de la calzada, debido a la relación 1:3 que se optó, con un talud de corte de 1:1. Además el ancho de la banquetta es de 3.0 m con una pendiente transversal de 2%; y la primera banquetta se encuentra ubicado a 7.0 m con respecto a la profundidad de la cuneta. Finalmente, el ancho de la plataforma es de 12.64 m, y así se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013”.
- En la Fig. 5.23 se puede observar que el ancho de cada carril es de 3.30 m con un bombeo de 2.5 %, además a cada lado de la calzada se está considerando un ancho de berma de 1.20 m más 0.50 m de sobreancho de compactación, que en total hacen 1.70 m; además se tiene un ancho adicional de 0.42 m (a cada lado de la calzada) debido al talud que se genera de la base, sub-base y asfaltado de la rasante (talud que dependerá de la altura de la base, sub-base y asfaltado de la rasante). También se puede observar que la altura y el ancho de la cuneta es de 0.30 m y 0.90 m respectivamente, debido a la relación 1:3 que se optó, con un talud de corte de 1:1. Además el ancho de la banquetta es de 3.0 m con una pendiente transversal de 2%; y la primera banquetta se encuentra ubicado a 7.0 m con respecto a la profundidad de la cuneta. Además se cuenta con un muro de contención con una altura de 5.89 m al lado izquierdo de la calzada. Finalmente, el ancho de la plataforma es de 11.74 m, y así se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013”.

- En la Fig. 5.24 se puede observar que el ancho del carril izquierdo y derecho es de 3.30 m y 4.70 m respectivamente; esto se debe a que la sección transversal está en una curva en sentido horario, por consiguiente el ancho del carril derecho tendrá un sobreancho adicional de 1.40 m como se observó en la Tabla 5.23, con un peralte de 11.14%, además a cada lado de la calzada se está considerando un ancho de berma de 1.20 m más 0.50 m de sobreancho de compactación, que en total hacen 1.70 m; además se tiene un ancho adicional en el carril izquierdo y derecho de 0.36 m y 0.45 m respectivamente debido al talud que se genera de la base, sub-base y asfaltado de la rasante (talud que dependerá de la altura de la base, sub-base y asfaltado de la rasante). También se puede observar que la altura y el ancho de la cuneta es de 0.30 m y 0.90 m respectivamente, debido a la relación 1:3 que se optó, con un talud de corte de 1:1. Además el ancho de la banqueta es de 3.0 m con una pendiente transversal de 2%; y la primera banqueta se encuentra ubicado a 7.0 m con respecto a la profundidad de la cuneta, y cada banqueta subsiguiente están a 10 m. Finalmente, el ancho de la plataforma es de 14.01 m, y así se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013”.
- En la Fig. 5.25 se puede observar que el ancho del carril izquierdo y derecho es de 4.70 m y 3.30 m respectivamente; esto se debe a que la sección transversal está en una curva en sentido anti horario, por consiguiente el ancho del carril izquierdo tendrá un sobreancho adicional de 1.40 m como se observó en la Tabla 5.23, con un peralte de 12%, además a cada lado de la calzada se está considerando un ancho de berma de 1.20 m más 0.50 m de sobreancho de compactación, que en total hacen 1.70 m; además se tiene un ancho adicional en el carril izquierdo y derecho de 0.45 m y 0.36 m respectivamente debido al talud que se genera de la base, sub-base y asfaltado de la rasante (talud que dependerá de la altura de la base, sub-base y asfaltado de la rasante). También se puede observar que la altura y el ancho de la cuneta es de 0.30 m y 0.90 m respectivamente, debido a la relación 1:3 que se optó, con un talud de corte de 1:1. Además se observan banquetas a cada lado de la calzada, cuyo ancho es de 3.0 m con una pendiente transversal de 2%; y la primera banqueta se encuentra ubicado a 7.0 m con respecto a la profundidad de la cuneta, y cada banqueta subsiguiente están a 10 m. Finalmente, el ancho de la plataforma es de 14.01 m, y así se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013”.
- En la Fig. 5.26 se puede observar que el ancho de cada carril es de 3.30 m con un bombeo de 2.5%, además a cada lado de la calzada se está considerando un ancho de berma de 1.20 m más 0.50 m de sobreancho de compactación, que en total hacen 1.70 m; además se tiene un ancho adicional de 0.42 m (a cada lado de la calzada) debido al talud que se genera de la base, sub-base y asfaltado de la rasante (talud que dependerá de la altura de la base, sub-base y asfaltado de la rasante). También se puede observar que la altura y el ancho de la cuneta es

de 0.30 m y 0.90 m respectivamente en ambos lados de la calzada, debido a la relación 1:3 que se optó, con un talud de corte y relleno de 1:1 y 1:1,5 respectivamente. Finalmente, el ancho de la plataforma es de 11.74 m, y así se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013”.

- En la Fig. 5.27 se puede observar la sección de un puente en curva, cuyo ancho de cada carril es de 3.30 m con un peralte de 9.56 %, además a cada lado de la calzada se está considerando un ancho de berma de 1.20 m que en total hacen 4.50 m. Finalmente, el ancho de la plataforma es de 9.0 m, y así se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013”. Cabe mencionar que tratándose de un puente en curva no se está considerando el sobreancho interior de 1.40 m, debido a que el AutoCad Civil 3D no nos permite adicionar ese ancho en las propiedades del puente elegido, ancho que se debería agregar en el diseño del puente.
- En la Fig. 5.28 se puede observar la sección de un puente en tangente, cuyo ancho de cada carril es de 3.30 m con un bombeo de 2.5 %, además a cada lado de la calzada se está considerando un ancho de berma de 1.20 m que en total hacen 4.50 m. Finalmente, el ancho de la plataforma es de 9.0 m, y así se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013”.

5.6. Coordinación del Trazo en Planta y Perfil

5.6.1. En Curvas Circulares y Clotoides

El MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013” estipula los puntos de inflexión en planta y perfil deben aproximadamente coincidir y ser iguales en cantidad a lo largo de un tramo. Además debe cumplirse la siguiente relación:

$$5A \leq \frac{L}{R} \leq 10A$$

Donde:

L: Longitud de curva vertical (m)

A: Valor absoluto de la diferencia algebraica de pendientes (tanto x 1)

R: Radio de curva circular en planta (m)

Además en carreteras con velocidad de diseño igual o menor a 60 km/h, debe cumplirse las siguiente condición:

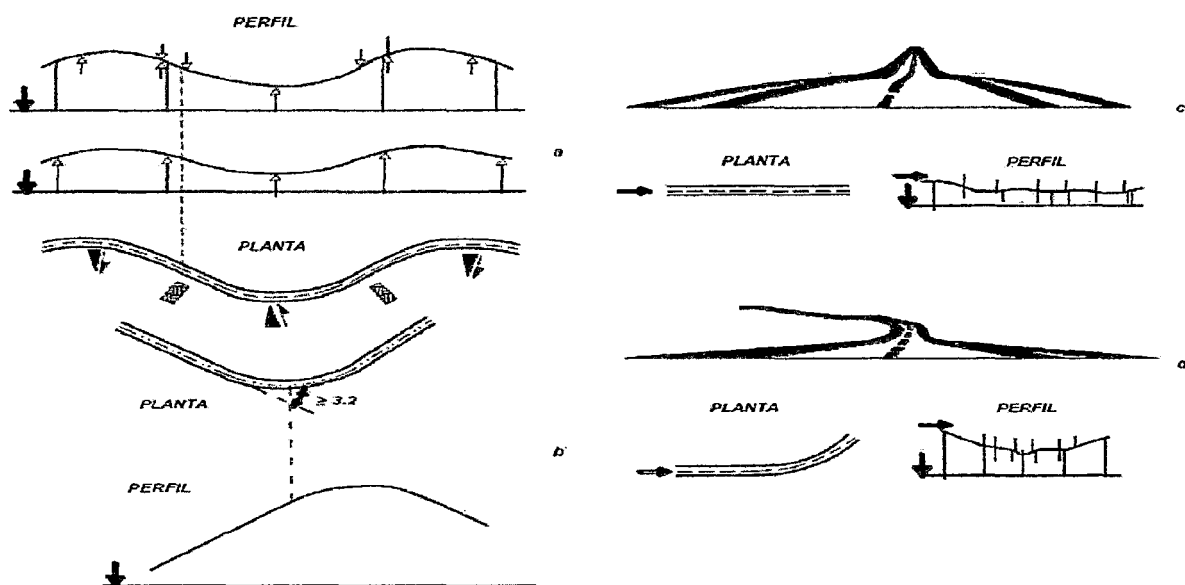


Figura 5.29: Relación entre los elementos de diseño y puntos de inflexión en planta y perfil - Fuente[2]

$$L = \frac{100AR}{p}$$

Donde:

p :Peralte correspondiente a la curva circular (%)

L, A y R :Ídem, numeral anterior

En la Figura 5.29, se aprecian la relación entre los elementos de diseño y los puntos de inflexión, del diseño en planta y perfil. En (a), los puntos de inflexión en planta y perfil deben aproximadamente coincidir y ser iguales en cantidad a lo largo de un tramo; en (b), en las curvas verticales convexas deberá verse con antelación un tramo de curva en planta correspondiente a unos $3,2^\circ$ de giro, o sea, la clotoide entera si $A = R/3$; en (c) y (d), la sucesión de curvas verticales en tramos en tangente o en curva, permite una visión del trazado como un tobogán, lo cual por ser antiestético debe evitarse.

En la Figuras 5.30, muestra casos de coordinación del trazo en planta y perfil en estructuras. En (a), se muestra un efecto no deseable y que sin embargo se presenta de forma frecuente; en (b), se muestra que las estructuras no deben ser situadas al comienzo de una curva vertical u horizontal, porque dificultan la visibilidad del camino; en (c), se aprecia que es preferible ubicarlas en zonas de curvatura franca y en (d), se aprecia que en lo posible debe contar con una buena visibilidad previa.

En la Figura 5.31, el alineamiento es visualmente discontinuo. Puede tolerarse si es que desea dar

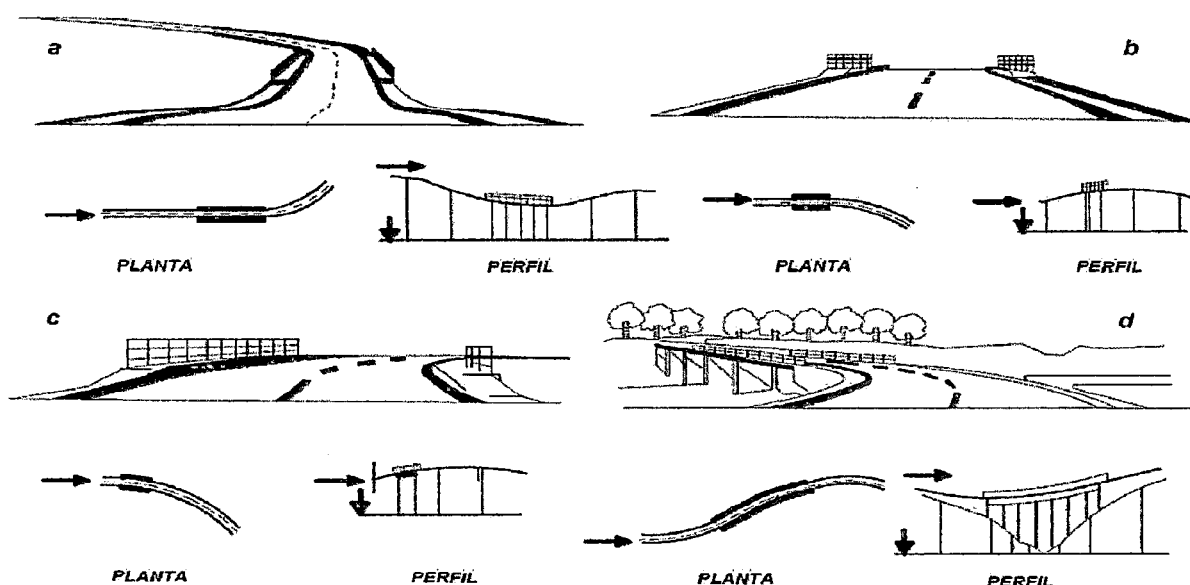


Figura 5.30: Coordinación del trazo en planta y perfil en estructuras - Fuente[2]

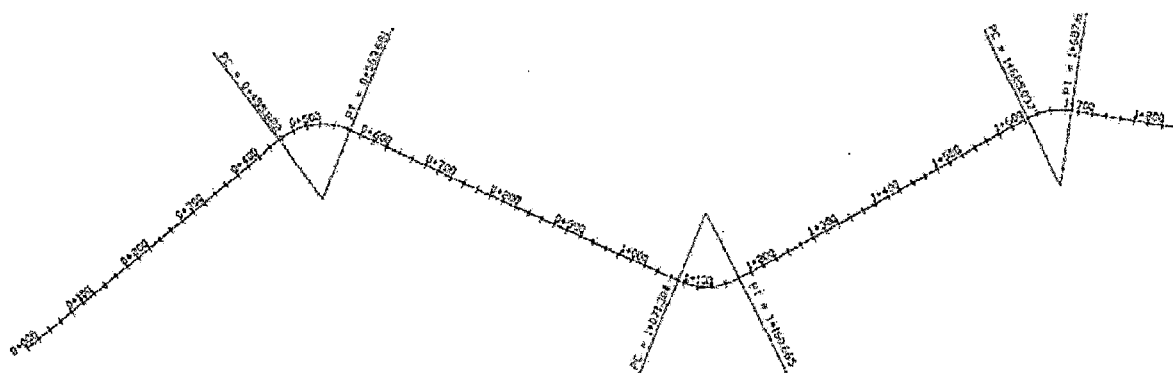


Figura 5.31: Rectas largas + curvas cortas - Fuente[3]

distancias de sobre paso a la en calzadas de 2 carriles no divididas.

Si:

$$\frac{\sum L_{Curvas}}{\sum L_{Rectas}} \leq 0.10$$

El trazado es discontinuo y puede ocasionar accidentes, ya que el conductor experimenta cambios bruscos en el alineamiento.

En la Figura 5.32, Puede darse sobre todo en calzadas divididas.

Si:

$$\frac{\sum L_{Curvas}}{\sum L_{Rectas}} \leq 0.75$$

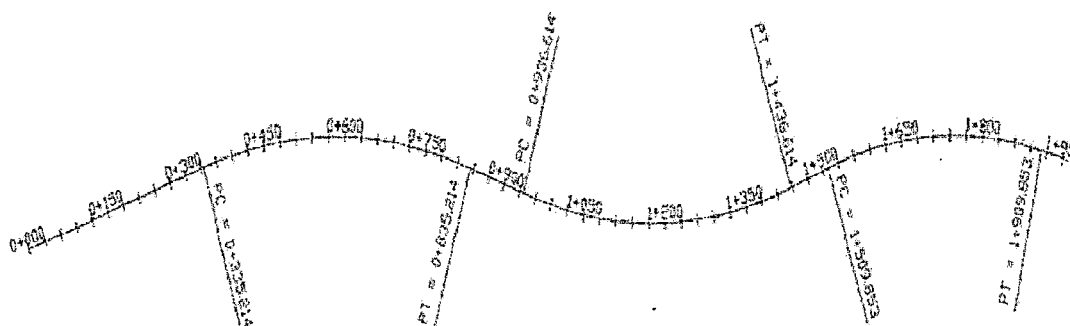


Figura 5.32: Rectas cortas + curvas largas - Fuente[3]

Curva Vertical	Curva Horizontal	R (m)	Grade In (%)	Grade Out (%)	A (%)	L (m)	5A	L/R	10A	p (%)	L=100AR/p (m)
V1	C15	75.00	-4.34	-0.77	3.57	26.00	0.18	0.35	0.36	10.25	26.12
V2	C20	75.00	-0.77	-5.16	4.39	33.00	0.22	0.44	0.44	10.25	32.12
V4	C47	75.00	-6.23	0.75	6.98	75.00	0.35	1.00	0.70	10.25	51.07

Tabla 5.30: Coordinación de curvas verticales y curvas horizontales circulares - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)

Este tipo de trazado puede alentar al conductor a acelerar en los tramos tangentes y ocasionar accidentes.

En las Tablas 5.30 y 5.31 se observan algunas curvas verticales en coincidencia con curvas horizontales circulares y clotoides:

Además debe cumplirse en caso de las curvas circulares que:

$$\frac{\sum L_{Curvas}}{\sum L_{Rectas}} \geq 0.10$$

Curva Vertical	Curva Circular o Clotoide	R (m)	Grade In (%)	Grade Out (%)	A (%)	L (m)	5A	L/R	10A	p (%)	L=100AR/p (m)
V1	S28 - S29	24.05	-4.36	1.79	6.15	125.00	0.31	5.20	0.62	12.00	12.33
V2	S40 - S41	20.93	1.79	-4.90	6.69	130.00	0.33	6.21	0.67	12.00	11.67
V3	S76 - S77	86.15	-4.90	-7.18	2.28	20.00	0.11	0.23	0.23	6.85	28.67
V4	C14	106.00	-7.18	-5.15	2.03	22.00	0.10	0.20	0.20	2.57	83.73
V5	C17	110.00	-5.15	-7.71	2.56	28.00	0.13	0.25	0.26	2.50	112.64
V6	S102 - S103	54.43	-7.71	1.74	9.45	105.00	0.47	1.93	0.95	12.00	42.85

Tabla 5.31: Coordinación de curvas verticales y curvas clotoides - Fuente. Elaboración Propia (AutoCAD Civil 3D)

$$\frac{\sum L_{Curvas}}{\sum L_{Rectas}} = \frac{4,384.59}{6,607.57} = 0.66 > 0.10$$

También debe cumplirse en caso de las curvas circulares que:

$$\frac{\sum L_{Curvas}}{\sum L_{Rectas}} \geq 0.75$$

$$\frac{\sum L_{Curvas}}{\sum L_{Rectas}} = \frac{4,384.59}{6,607.57} = 0.66 < 0.75$$

A continuación algunos datos que se observan en la coordinación del trazo en planta y perfil:

- En caso de las curvas circulares como lo mostrado en la Tabla 5.30 se puede observar que para las dos primeras curvas verticales en coincidencia con otras dos curvas horizontales cumple con la relación $5A \leq L/R \leq 10A$ y $L=100AR/p$; mientras que la última curva no cumple (fila sombreada con amarillo), lo que significa que no para todos los casos cumplirá las relaciones mencionadas.
- En caso de las curvas clotoideas como lo mostrado en la Tabla 5.31 se puede observar que para las dos primeras curvas verticales y la última, no cumplen con la relación $5A \leq L/R \leq 10A$ y $L=100AR/p$ (filas sombreadas con rojo). En caso de la tercera, cuarta y quinta curva vertical solo cumple con la relación $5A \leq L/R \leq 10A$, mas no cumple con la relación $L=100AR/p$ (filas sombreadas con rojo); lo que significa que estas relaciones mayormente solo cumplen para curvas circulares.
- Por otro lado al dividir la sumatoria de las longitudes de las curvas circulares entre las longitudes de las rectas nos resulta un valor de 0.66 que es mayor a 0.10, lo que significa que el trazado es continuo, ya que el conductor no experimenta cambios bruscos en el alineamiento.
- Además la división de la sumatoria de las longitudes de las curvas circulares entre las longitudes de las rectas nos resulta un valor de 0.66 que es menor a 0.75, lo que significa que este tipo de trazado puede alentar al conductor a acelerar en los tramos tangentes y ocasionar accidentes; sin embargo no es mucha la diferencia, por lo que el riesgo a producirse accidentes es mínimo.
- Los puntos de inflexión de la curvas verticales cóncavas están en coincidencia con los puntos de inflexión de las curvas horizontales; mientras que los puntos de inflexión de la curvas verticales convexas no están en coincidencia con los puntos de inflexión de las curvas horizontales, por lo que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013”.
- Todas las curvas verticales se encuentran dentro de las curvas horizontales, es decir las longitudes de las curvas verticales están o son inferiores a las longitudes de las curvas horizontales, por

lo que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013”.

- Las estructuras como puente no están situadas al comienzo de una curva horizontal ni vertical, es decir están ubicadas en zonas de curvatura franca como se muestra en la Fig. 5.30 (c), por lo que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013”.
- En las curvas tipo espiral-circular-espiral, el desarrollo de la curva vertical se encuentra dentro del tramo circular central, por lo que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013”.

5.7. Simulación del Comportamiento Vehicular

Una vez terminado con el diseño geométrico en planta, perfil y sección transversal en el AutoCAD Civil 3D, se procede a exportar el corredor con todas sus curvas de nivel al Autodesk 3D Max Design para su respectiva simulación; obviamente esta simulación en tiempo real también se puede hacer en el mismo AutoCAD Civil 3D, sin embargo al hacer esta simulación en el Civil 3D es muy pesado y el vehículo no se mueve a velocidad constante, y era necesario otro programa adicional como es el Autodesk 3D Max Design para su respectiva simulación en tiempo real, tal como se muestra en la Figura 5.33 y 5.34.

Normalmente cuando se hace un diseño geométrico de carreteras se busca que la velocidad sea constante, es decir:

$$t = \frac{d}{v}$$

Para las curvas circulares y clotoides se tiene un longitud de 10.99 km y 11.51 km respectivamente, para una velocidad de diseño de 50 km/h:

$$t_{\text{circulares}} = \frac{10.99}{50} = 13'11.4''$$

$$t_{\text{clotoides}} = \frac{11.51}{50} = 13'48.6''$$

Entonces si se busca que la velocidad sea constante para curvas circulares y clotoides el tiempo de recorrido debería ser 13'11.4" y 13'48.6" respectivamente.

Al hacer las simulaciones para curvas circulares y clotoides el tiempo de recorrido es de 14'52.6" y

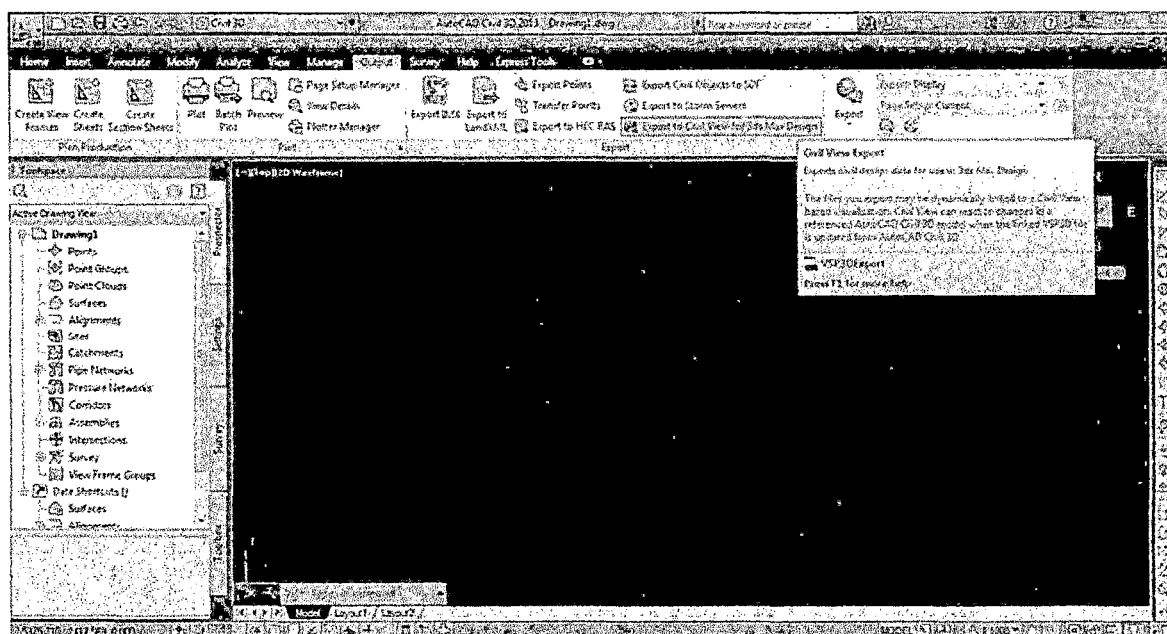


Figura 5.33: Opción para exportar del AutoCAD Civil 3D al Autodesk 3D Max Design - Fuente. Elaboración Propia

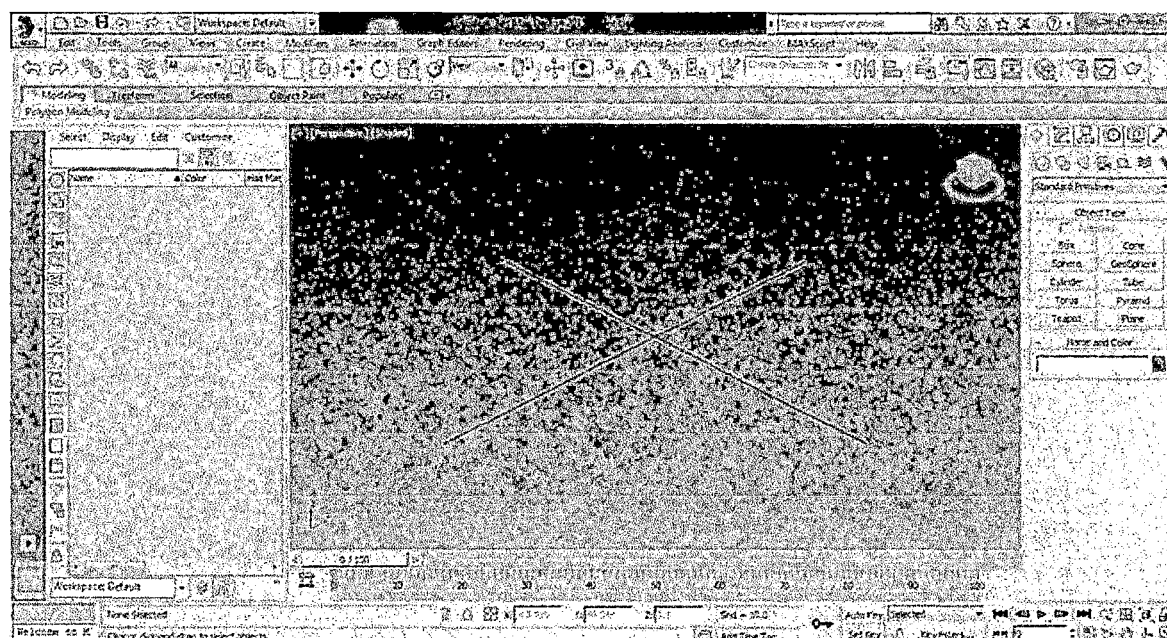


Figura 5.34: Programa Autodesk 3D Max Design - Fuente. Elaboración Propia

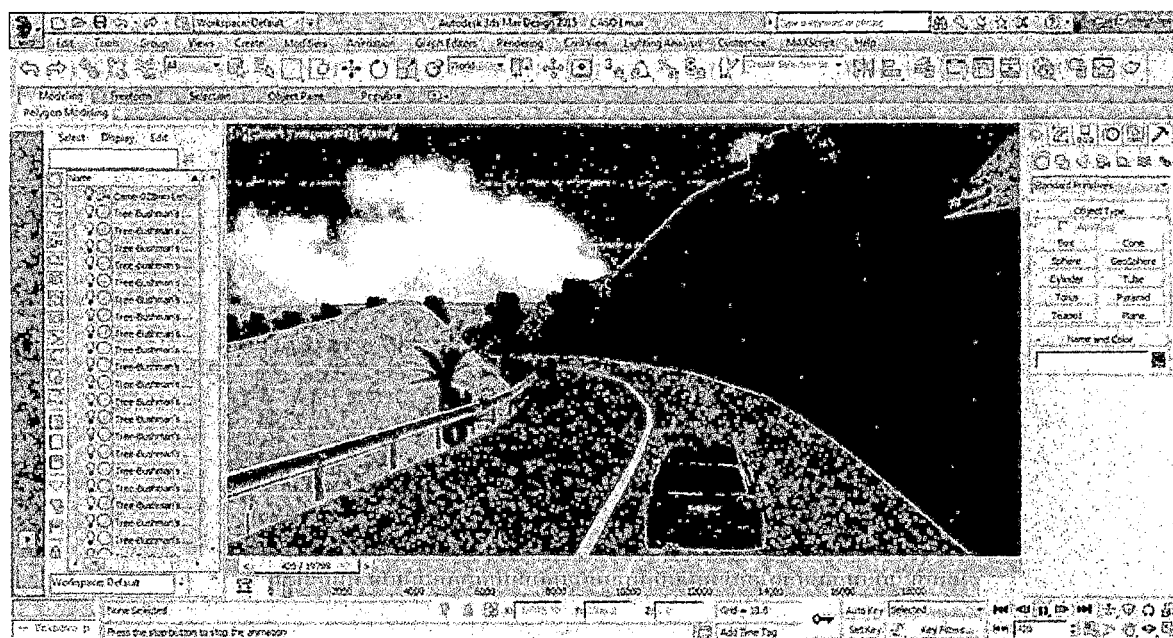


Figura 5.35: Simulación en curvas circulares - Fuente. Elaboración Propia (Autodesk 3D Max Design)

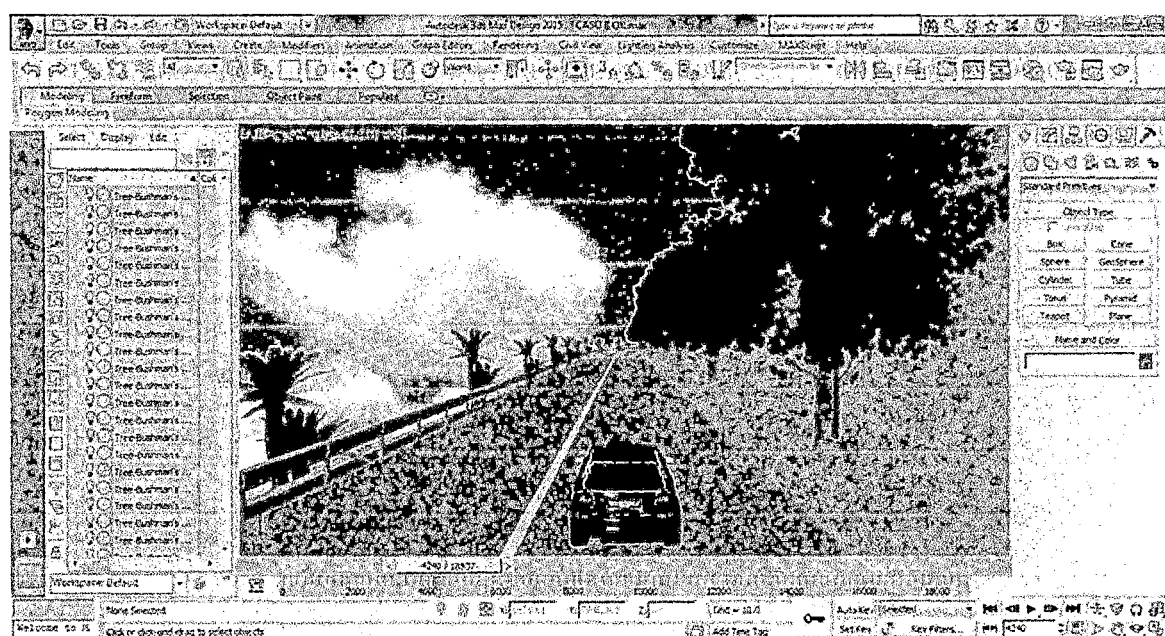


Figura 5.36: Simulación en curvas clotoides - Fuente. Elaboración Propia (Autodesk 3D Max Design)

13'48.6" respectivamente, para una velocidad de diseño de 50 km/h. Dichas simulaciones se muestran en las Figuras 5.35 y 5.36.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Resultados del Análisis

6.1.1. En Curvas Circulares

- En el Diseño Geométrico en Planta con Curvas Circulares se tiene una longitud de carretera de 10.99 km, que cuenta con 51 curvas circulares y 50 tangentes.
- El radio mínimo y máximo en las curvas circulares es de 70 m y 450 m respectivamente; lo cual significa que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- El peralte máximo en las curvas circulares es de 12%; lo cual significa que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- La longitud mínima y máxima de las tangentes que empalman curvas circulares del mismo sentido (Line (o)) es de 139.29 y 386.29 respectivamente, es decir se está superando la longitud mínima de 139 m, y está por debajo de la longitud máxima de 835 m; lo cual significa que se está estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- La longitud mínima y máxima de las tangentes que empalman curvas circulares de sentido contrario (Line (s)) es de 69.15 y 427.92 respectivamente, es decir se está superando la longitud mínima de 69 m, y está por debajo de la longitud máxima de 835 m; lo cual significa que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- La pendiente longitudinal mínima y máxima es de 0.75 % y 6.81 % respectivamente; lo cual significa que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- Las longitudes de las curvas cóncavas y convexas están por encima de las longitudes mínimas

requeridas; lo cual significa que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”

- De acuerdo a la velocidad de diseño que es de 50 km/h, el ancho mínimo de calzada en tangente es de 6.60 m. Además se adicionó un ancho mínimo de 1.20 m para las bermas en ambos lados de la calzada. Adicionalmente es necesario añadir lateralmente a la misma para su adecuado confinamiento, una banda de mínimo 0.5 m de ancho sin pavimentar. A esta banda se le denomina sobreancho de compactación (s.a.c.) y puede permitir la localización de señalización y defensas; por lo que se tiene un ancho de calzada en tangente de 10 m.
- A los anchos mínimos de calzada en tangente indicados anteriormente, se adicionó los sobreanchos correspondientes a las curvas. El sobreancho elegido para todas las curvas será de 1.40 m, ya que es el valor máximo para un radio mínimo de 70 m; por lo que se tiene un ancho máximo de calzada en curva de 11.40 m.
- Los valores del bombeo de la calzada es de 2.5%; la inclinación transversal de las bermas es de 4%; los valores de peralte máximo es de 12%, y se tiene un peralte mínimo igual que el del bombeo de la calzada, es decir 2.5%.
- Se consideró un talud en corte de 1:1; ya que predomina un terreno con gravas, limo arcilloso y arcilla. Cabe mencionar que se usó banquetas en los cortes de tierra mayor a los 7 m de altura, y cada banqueta subsiguiente a 10 m. Las banquetas tienen un ancho de 3 m con una pendiente transversal y longitudinal de 2% y 3% respectivamente.
- Se consideró un talud de relleno de 1:1,5; ya que predomina un terreno con gravas, limo arenoso y arcilla. Además las alturas de relleno por lo general son menores de 5 m, para alturas de relleno superiores a 5 m se consideró muros de contención de concreto armado o ciclópeo.
- En lo que respecta a la cuneta, se consideró una cuneta de sección triangular con una altura de 0.30 m y un ancho de 0.90 m. Se tomó una altura de 0.30 m, ya que el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013” considera una profundidad mínima de 0.30 m para regiones lluviosas; y el ancho de 0.90 m se debe a que para una velocidad de diseño menor o igual a 70 km/h y un IMDA mayor a 750 veh/día nos recomienda un talud interior de la cuenta (V:H) de 1:3; entonces para una altura $V=0.30$ m, el ancho de sí al centro de la cuneta es de $H=3(0.3)=0.90$ m.
- En las secciones transversales en tangente mostrados en los planos adjuntos en el apéndice “D” se puede observar que el ancho de cada carril es de 3.30 m con un bombeo de 2.5%, además a cada lado de la calzada se está considerando un ancho de berma de 1.20 m más 0.50 m de sobreancho de compactación, que en total hacen 1.70 m; además se tiene un ancho adicional de

0.42 m (a cada lado de la calzada) debido al talud de la base, sub-base y asfaltado de la rasante (talud que dependerá de la altura de la base, sub-base y asfaltado de la rasante). También se puede observar que la altura y el ancho de la cuneta es de 0.30 m y 0.90 m respectivamente en ambos lados de la calzada, debido a la relación 1:3 que se optó, con un talud de corte de 1:1. Además el ancho de la banqueta es de 3.0 m con una pendiente transversal de 2%; y la primera banqueta se encuentra ubicado a 7.0 m con respecto a la profundidad de la cuneta. Finalmente, el ancho de la plataforma en tangente es de 12.64 m, y así se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”

- En las secciones transversales en curva mostrados en los planos adjuntos en el apéndice “D” se puede observar que el ancho de un carril es de 3.30 m y del otro es de 4.70 m; esto se debe a que la sección transversal está en una curva en, por consiguiente el ancho de uno de los carriles tendrá un sobreancho adicional de 1.40 m, además a cada lado de la calzada se está considerando un ancho de berma de 1.20 m más 0.50 m de sobreancho de compactación, que en total hacen 1.70 m; además se tiene un ancho adicional en el carril izquierdo y derecho de 0.36 m y 0.45 m respectivamente debido al talud que se genera de la base, sub-base y asfaltado de la rasante (talud que dependerá de la altura de la base, sub-base y asfaltado de la rasante). También se puede observar que la altura y el ancho de la cuneta es de 0.30 m y 0.90 m respectivamente, debido a la relación 1:3 que se optó, con un talud de corte de 1:1. Además el ancho de la banqueta es de 3.0 m con una pendiente transversal de 2%; y la primera banqueta se encuentra ubicado a 7.0 m con respecto a la profundidad de la cuneta, y cada banqueta subsiguiente están a 10 m. Finalmente, el ancho máximo de la plataforma en curva es de 14.01 m, y así se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- En las secciones transversales de un puente en curva mostrados en los planos adjuntos en el apéndice “D” se puede observar que el ancho de cada carril es de 3.30, además a cada lado de la calzada se está considerando un ancho de berma de 1.20 m que en total hacen 4.50 m. Finalmente, el ancho de la plataforma de un puente en curva es de 9.0 m, y así se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.” Cabe mencionar que tratándose de un puente en curva no se está considerando el sobreancho interior de 1.40 m, debido a que el AutoCad Civil 3D no nos permite adicionar ese ancho en las propiedades del puente elegido, ancho que se debería agregar en el diseño del puente.
- En las secciones transversales de un puente en tangente mostrados en los planos adjuntos en el apéndice “D” se puede observar que el ancho de cada carril es de 3.30 m con un bombeo de 2.5%, además a cada lado de la calzada se está considerando un ancho de berma de 1.20 m que en total hacen 4.50 m. Finalmente, el ancho de la plataforma de un puente en tangente es de 9.0 m, y así se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO

GEOMÉTRICO DG-2013.”

- Se puede observar que para las dos primeras curvas verticales en coincidencia con otras dos curvas horizontales cumple con la relación $5A \leq L/R \leq 10A$ y $L=100AR/p$; mientras que la última curva no cumple, lo que significa que no para todos los casos cumplirá las relaciones mencionadas.
- Por otro lado al dividir la sumatoria de las longitudes de las curvas circulares entre las longitudes de las rectas nos resulta un valor de 0.66 que es mayor a 0.10, lo que significa que el trazado es continuo, ya que el conductor no experimenta cambios bruscos en el alineamiento.
- Además la división de la sumatoria de las longitudes de las curvas circulares entre las longitudes de las rectas nos resulta un valor de 0.66 que es menor a 0.75, lo que significa que este tipo de trazado puede alentar al conductor a acelerar en los tramos tangentes y ocasionar accidentes; sin embargo no es mucha la diferencia, por lo que el riesgo a producirse accidentes es mínimo.
- Los puntos de inflexión de la curvas verticales cóncavas están en coincidencia con los puntos de inflexión de las curvas horizontales; mientras que los puntos de inflexión de la curvas verticales convexas no están en coincidencia con los puntos de inflexión de las curvas horizontales, por lo que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- Todas las curvas verticales se encuentran dentro de las curvas horizontales, es decir las longitudes de las curvas verticales están o son inferiores a las longitudes de las curvas horizontales, por lo que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- Las estructuras como puente no están situadas al comienzo de una curva horizontal ni vertical, es decir están ubicadas en zonas de curvatura franca, por lo que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- El volumen total de corte y relleno es de 4’332,449.10 m³ y 8,859.78 m³ respectivamente, como se muestra en el metrado de movimiento de tierras adjunto en el anexo.
- Al hacer la simulación en tiempo real, el vehículo recorre la vía de interconexión PE 28A - PE 3S en un tiempo de 14’52.6”; 1’41.2” más de lo que debería hacer, es decir el vehículo no mantiene su velocidad constante.
- En las Tablas 6.1, 6.2 Y 6.3 se puede observar las obras de arte y estructuras que la vía de interconexión PE 28A - PE 3S requiere:

MURO DE CONTENCIÓN				
PROG. INICIAL	PROG. FINAL	TIPO	h (m)	L (m)
0+700	0+720	GRAVEDAD	3.50	20.00
1+140	1+150	GRAVEDAD	2.00	10.00
1+230	1+240	VOLADIZO	5.50	10.00
1+660	1+700	GRAVEDAD	3.00	40.00
2+470	2+510	GRAVEDAD	3.00	40.00
4+040	4+080	VOLADIZO	5.50	40.00
4+880	4+910	GRAVEDAD	3.00	30.00
5+040	5+070	VOLADIZO	4.50	30.00
5+165	5+240	VOLADIZO	6.00	75.00
5+315	5+350	VOLADIZO	4.50	35.00
5+625	5+640	VOLADIZO	6.50	15.00
5+665	5+670	GRAVEDAD	3.00	5.00
6+060	6+065	GRAVEDAD	4.00	5.00
6+180	6+240	GRAVEDAD	3.00	60.00
6+730	6+735	GRAVEDAD	3.00	5.00
7+055	7+065	GRAVEDAD	2.50	10.00
7+240	7+250	GRAVEDAD	2.50	10.00
7+375	7+400	VOLADIZO	8.00	25.00
7+660	7+700	GRAVEDAD	3.50	40.00
9+530	9+620	VOLADIZO	8.00	90.00
9+720	9+800	GRAVEDAD	4.00	80.00
9+830	9+870	VOLADIZO	9.50	40.00

Tabla 6.1: Muros de contención a proyectar - Fuente. Elaboración Propia

PUENTE		
PROG. INICIAL	PROG. FINAL	L (m)
0+075	0+130	55.00
0+275	0+310	35.00
1+150	1+230	80.00
3+145	3+200	55.00
3+950	4+040	90.00
4+105	4+130	25.00
6+030	6+060	30.00
6+735	6+835	100.00
7+400	7+430	30.00
10+390	10+440	50.00

Tabla 6.2: Puentes a proyectar - Fuente. Elaboración Propia

ALCANTARILLA RIB STEEL		
PROGRESIVA	CANTIDAD	DIÁMETRO
0+550	01 tubo	36"
0+840	01 tubo	36"
1+460	01 tubo	36"
1+690	01 tubo	36"
2+510	01 tubo	36"
2+750	01 tubo	36"
3+060	01 tubo	36"
3+320	02 tubos	56"
3+530	01 tubo	36"
4+500	01 tubo	36"
4+705	01 tubo	36"
5+040	01 tubo	56"
5+330	01 tubo	36"
5+630	01 tubo	36"
6+230	01 tubo	36"
6+590	01 tubo	36"
7+065	01 tubo	36"
7+720	01 tubo	36"
7+980	01 tubo	36"
8+420	01 tubo	36"
9+575	01 tubo	36"
9+775	01 tubo	36"
9+855	01 tubo	36"
10+770	01 tubo	36"

Tabla 6.3: Alcantarillas RIB STEEL a proyectar - Fuente. Elaboración Propia

- En la Tabla 6.1 se puede observar 355 m de muro por gravedad a proyectar, con una altura promedio de 3.0 m; además se tiene 360 m de muro en voladizo a proyectar, con una altura promedio de 6.5 m.
- En la Tabla 6.2 se puede observar 550 m de puente a proyectar.
- En la Tabla 6.3 se puede observar 22 alcantarillas RIB STEEL con 01 tubería de 36", 01 alcantarilla RIB STEEL con 01 tubería de 56", y 01 alcantarilla RIB STEEL con 02 tuberías de 56".

6.1.2. En Curvas Clotoides

- El radio mínimo y máximo en las curvas tipo espiral-circular-espiral es de 70 m y 150 m respectivamente; lo cual significa que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS "DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013."
- El radio mínimo y máximo en las curvas tipo espiral-espiral es de 20.93 m y 299.03 m respectivamente; lo cual no significa que no se esté cumpliendo con lo estipulado MANUAL DE CARRETERAS "DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013"; lo que significa es que para ángulos de deflexión menores a 37° si cumple con el radio mínimo. Cabe mencionar que para ángulos de deflexión mayores a 37°, no cumple con el radio mínimo debido a que las curvas tipo espiral-espiral se están adoptando a la topografía del terreno, ya que no se pueden usar curvas tipo espiral-circular-espiral. En el MANUAL DE CARRETERAS "DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013" no menciona que el radio mínimo debe cumplirse para cada tipo de curva clotoide, lo que se deduce que para las curvas tipo espiral-circular-espiral siempre cumplirá con el radio mínimo, y para las curvas tipo espiral-espiral solo cumple en algunos casos, es decir solo para ángulos de deflexión menores a 37°.
- El peralte máximo en las curvas clotoides es de 12%; lo cual significa que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS "DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013."
- Para curvas clotoides de inflexión o curvas en "s", a falta de espacio o dificultad para conseguir una tangencia exacta en el punto de radio infinito, se puede aceptar una leve longitud de traslape de las clotoides, o la generación de un tramo en tangente de ajuste. La longitud de traslape o ajuste no deberá superar:

$$\Delta L_{(m)} = 0.05 \frac{A_1 + A_2}{2}$$

Donde A1 y A2 son parámetros de las espirales de salida y entrada que empalman una tangente. Entonces las longitudes de los tangentes que empalman curvas clotoides del mismo sentido (Line

- (s)) están por debajo de la tangente máxima; lo cual significa que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- La longitud mínima y máxima de las tangentes que empalman curvas clotoideas de sentido contrario (Line (s)) es de 72.04 y 380.73 respectivamente, es decir se está superando la longitud mínima de 69 m, y está por debajo de la longitud máxima de 835 m; lo cual significa que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
 - La longitud mínima y máxima de las tangentes que empalman curvas clotoideas del mismo sentido (Line (o)) es de 139.37 y 388.24 respectivamente, es decir se está superando la longitud mínima de 139 m, y está por debajo de la longitud máxima de 835 m; lo cual significa que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
 - La longitud mínima y máxima de transición de las clotoideas es de 45 y 67.5 respectivamente, es decir se está cumpliendo con la longitud mínima de 45 m, y con la longitud máxima que no será superior a 1.5 veces su longitud mínima, es decir 67.50 m; lo cual significa que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
 - El parámetro “A” mínimo siempre cumple en las curvas tipo espiral-circular-espiral de acuerdo a lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013”. En caso de las curvas tipo espiral-espiral solo cumple cuando el ángulo de deflexión es menor a 37°.
 - Para que la presencia de una curva de transición resulte fácilmente perceptible por el conductor, se deberá cumplir que:

$$R/3 \leq A \leq R$$

Esta relación siempre cumple en las curvas tipo espiral-circular-espiral. En caso de las curvas tipo espiral-espiral solo cumple cuando el ángulo de deflexión es menor a 58°.

- La pendiente longitudinal mínima y máxima es de 1.74% y 7.71% respectivamente; lo cual significa que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- Las longitudes de las curvas cóncavas y convexas están por encima de las longitudes mínimas requeridas de acuerdo a lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”

- De acuerdo a la velocidad de diseño que es de 50 km/h, el ancho mínimo de calzada en tangente es de 6.60 m. Además se adicionó un ancho mínimo de 1.20 m para las bermas en ambos lados de la calzada. Adicionalmente es necesario añadir lateralmente a la misma para su adecuado confinamiento, una banda de mínimo 0.5 m de ancho sin pavimentar. A esta banda se le denomina sobreancho de compactación (s.a.c.) y puede permitir la localización de señalización y defensas; por lo que se tiene un ancho de calzada en tangente de 10 m.
- A los anchos mínimos de calzada en tangente indicados anteriormente, se adicionó los sobreanchos correspondientes a las curvas. El sobreancho elegido para todas las curvas será de 1.40 m, ya que es el valor máximo para un radio mínimo de 70 m; por lo que se tiene un ancho máximo de calzada en curva de 11.40 m.
- Los valores del bombeo de la calzada es de 2.5%; la inclinación transversal de las bermas es de 4%; los valores de peralte máximo es de 12%, y se tiene un peralte mínimo igual que el del bombeo de la calzada, es decir 2.5%.
- Se consideró un talud en corte de 1:1; ya que predomina un terreno con gravas, limoarcilloso y arcilla. Cabe mencionar que se usó banquetas en los cortes de tierra mayor a los 7 m de altura, y cada banqueta subsiguiente a 10 m. Las banquetas tienen un ancho de 3 m con una pendiente transversal y longitudinal de 2% y 3% respectivamente.
- Se consideró un talud de relleno de 1:1,5; ya que predomina un terreno con gravas, limo arenoso y arcilla. Además las alturas de relleno por lo general son menores de 5 m, para alturas de relleno superiores a 5 m se consideró muros de contención de concreto armado o ciclópico.
- En lo que respecta a la cuneta, se consideró una cuneta de sección triangular con una altura de 0.30 m y un ancho de 0.90 m. Se tomó una altura de 0.30 m, ya que el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013” considera una profundidad mínima de 0.30 m para regiones lluviosas; y el ancho de 0.90 m se debe a que para una velocidad de diseño menor o igual a 70 km/h y un IMDA mayor a 750 veh/día nos recomienda un talud interior de la cuenta (V:H) de 1:3; entonces para una altura $V=0.30$ m, el ancho de sí al centro de la cuneta es de $H=3(0.3)=0.90$ m.
- En las secciones transversales en tangente mostrados en los planos adjuntos en el apéndice “H” se puede observar que el ancho de cada carril es de 3.30 m con un bombeo de 2.5%, además a cada lado de la calzada se está considerando un ancho de berma de 1.20 m más 0.50 m de sobreancho de compactación, que en total hacen 1.70 m; además se tiene un ancho adicional de 0.42 m (a cada lado de la calzada) debido al talud de la base, sub-base y asfaltado de la rasante (talud que dependerá de la altura de la base, sub-base y asfaltado de la rasante). También se puede observar que la altura y el ancho de la cuneta es de 0.30 m y 0.90 m respectivamente en

ambos lados de la calzada, debido a la relación 1:3 que se optó, con un talud de corte de 1:1. Además el ancho de la banqueta es de 3.0 m con una pendiente transversal de 2%; y la primera banqueta se encuentra ubicado a 7.0 m con respecto a la profundidad de la cuneta. Finalmente, el ancho de la plataforma en tangente es de 12.64 m, y así se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”

- En las secciones transversales en curva mostrados en los planos adjuntos en el apéndice “F” se puede observar que el ancho de un carril es de 3.30 m y del otro es de 4.70 m; esto se debe a que la sección transversal está en una curva en, por consiguiente el ancho de uno de los carriles tendrá un sobreancho adicional de 1.40 m, además a cada lado de la calzada se está considerando un ancho de berma de 1.20 m más 0.50 m de sobreancho de compactación, que en total hacen 1.70 m; además se tiene un ancho adicional en el carril izquierdo y derecho de 0.36 m y 0.45 m respectivamente debido al talud que se genera de la base, sub-base y asfalto de la rasante (talud que dependerá de la altura de la base, sub-base y asfalto de la rasante). También se puede observar que la altura y el ancho de la cuneta es de 0.30 m y 0.90 m respectivamente, debido a la relación 1:3 que se optó, con un talud de corte de 1:1. Además el ancho de la banqueta es de 3.0 m con una pendiente transversal de 2%; y la primera banqueta se encuentra ubicado a 7.0 m con respecto a la profundidad de la cuneta, y cada banqueta subsiguiente están a 10 m. Finalmente, el ancho máximo de la plataforma en curva es de 14.01 m, y así se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- En las secciones transversales de un puente en curva mostrados en los planos adjuntos en el apéndice “F” se puede observar que el ancho de cada carril es de 3.30, además a cada lado de la calzada se está considerando un ancho de berma de 1.20 m que en total hacen 4.50 m. Finalmente, el ancho de la plataforma de un puente en curva es de 9.0 m, y así se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013”. Cabe mencionar que tratándose de un puente en curva no se está considerando el sobreancho interior de 1.40 m, debido a que el AutoCad Civil 3D no nos permite adicionar ese ancho en las propiedades del puente elegido, ancho que se debería agregar en el diseño del puente.
- En las secciones transversales de un puente en tangente mostrados en los planos adjuntos en el apéndice “F” se puede observar que el ancho de cada carril es de 3.30 m con un bombeo de 2.5 %, además a cada lado de la calzada se está considerando un ancho de berma de 1.20 m que en total hacen 4.50 m. Finalmente, el ancho de la plataforma es de 9.0 m, y así se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- Se puede observar que para las dos primeras curvas verticales y la última, no cumplen con la relación $5A \leq L/R \leq 10A$ y $L=100AR/p$. En caso de la tercera, cuarta y quinta curva vertical

solo cumple con la relación $5A \leq L/R \leq 10A$, mas no cumple con la relación $L=100AR/p$; lo que significa que estas relaciones mayormente solo cumplen para curvas circulares.

- Los puntos de inflexión de la curvas verticales cóncavas están en coincidencia con los puntos de inflexión de las curvas horizontales; mientras que los puntos de inflexión de la curvas verticales convexas no están en coincidencia con los puntos de inflexión de las curvas horizontales, por lo que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- Las estructuras como puente no están situadas al comienzo de una curva horizontal ni vertical, es decir están ubicadas en zonas de curvatura franca, por lo que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- En las curvas tipo espiral-circular-espiral, el desarrollo de la curva vertical se encuentra dentro del tramo circular central, por lo que se está cumpliendo con lo estipulado en el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- El volumen total de corte y relleno es de 4’298,706.54 m³ y 10,187.15 m³ respectivamente, como se muestra en el metrado de movimiento de tierras adjunto en el anexo.
- Al hacer la simulación en tiempo real, el vehículo recorre la vía de interconexión PE 28A - PE 3S en un tiempo de 13’48.6”; el mismo tiempo para que mantenga su velocidad constante.
- En las Tablas 6.4, 6.5 Y 6.6 se puede observar las obras de arte y estructuras que la vía de interconexión PE 28A - PE 3S requiere.

MURO DE CONTENCIÓN				
PROG. INICIAL	PROG. FINAL	TIPO	h (m)	L (m)
0+395	0+405	GRAVEDAD	3.00	10.00
0+570	0+610	GRAVEDAD	2.50	40.00
0+660	0+700	GRAVEDAD	4.00	40.00
0+900	0+965	VOLADIZO	5.00	65.00
1+000	1+030	VOLADIZO	5.00	30.00
1+080	1+105	GRAVEDAD	4.00	15.00
1+400	1+480	VOLADIZO	4.50	80.00
1+620	1+690	VOLADIZO	5.00	70.00
2+410	2+470	GRAVEDAD	4.00	60.00
2+665	2+740	GRAVEDAD	2.50	75.00
2+995	3+010	GRAVEDAD	2.50	15.00
4+110	4+160	GRAVEDAD	4.00	50.00
4+290	4+300	GRAVEDAD	2.50	10.00
4+440	4+500	GRAVEDAD	4.00	60.00
4+620	4+630	VOLADIZO	4.50	10.00
4+840	4+925	GRAVEDAD	2.50	10.00
6+040	6+050	VOLADIZO	5.00	10.00
6+450	6+470	VOLADIZO	7.50	20.00
		GRAVEDAD	2.50	20.00
6+590	6+660	GRAVEDAD	3.50	70.00
7+000	7+090	GRAVEDAD	3.00	90.00
7+560	7+585	VOLADIZO	8.50	25.00
8+480	8+560	GRAVEDAD	2.50	80.00
10+100	10+205	VOLADIZO	7.50	105.00
10+355	10+380	VOLADIZO	5.50	25.00

Tabla 6.4: Muros de contención a proyectar - Fuente. Elaboración Propia

PUENTE		
PROG. INICIAL	PROG. FINAL	L (m)
0+055	0+110	55.00
0+245	0+285	40.00
1+105	1+185	80.00
4+500	4+540	40.00
5+715	5+750	35.00
10+305	10+355	50.00
10+910	10+950	40.00

Tabla 6.5: Puentes a proyectar - Fuente. Elaboración Propia

ALCANTARILLA RIB STEEL		
PROGRESIVA	CANTIDAD	DIÁMETRO
0+520	01 tubo	36"
0+810	01 tubo	36"
1+460	01 tubo	36"
1+650	01 tubo	36"
2+460	01 tubo	36"
2+670	01 tubo	36"
3+000	01 tubo	36"
3+260	02 tubos	56"
3+560	02 tubos	56"
3+770	01 tubo	36"
3+985	01 tubo	36"
4+290	01 tubo	56"
4+625	01 tubo	36"
4+890	01 tubo	36"
5+090	01 tubo	36"
5+435	01 tubo	56"
6+045	01 tubo	56"
6+455	01 tubo	36"
6+630	01 tubo	36"
7+010	01 tubo	36"
7+255	01 tubo	56"
7+570	01 tubo	36"
7+955	01 tubo	56"
8+280	01 tubo	36"
8+540	01 tubo	36"
8+950	01 tubo	36"
9+330	01 tubo	36"
10+130	01 tubo	36"
10+190	01 tubo	36"
10+245	01 tubo	36"
11+290	01 tubo	36"

Tabla 6.6: Alcantarillas RIB STEEL a proyectar - Fuente. Elaboración Propia

	CURVAS CIRCULARES	CURVAS CLOTOIDES	DIFERENCIA
LONGITUD (Km)	10.99	11.51	0.52
VOLUMEN CORTE MATERIAL SUELTO (m3)	4,202,475.63	4,169,745.34	-32,730.29
VOLUMEN CORTE ROCA SUELTA (m3)	86,648.98	85,974.13	-674.85
VOLUMEN CORTE ROCA FIJA (m3)	43,324.49	42,987.07	-337.43
VOLUMEN RELLENO (m3)	8,859.78	10,187.15	1,327.38
MURO DE GRAVEDAD (m)	355.00	590.00	235.00
MURO EN VOLADIZO (m)	360.00	495.00	135.00
PUENTE (m)	550.00	340.00	-210.00
ALCANTARILLA RIB STEEL 1 Tub. 36" (und)	22.00	25.00	3.00
ALCANTARILLA RIB STEEL 1 Tub. 56" (und)	1.00	4.00	3.00
ALCANTARILLA RIB STEEL 2 Tub. 56" (und)	1.00	2.00	1.00
CUNETA TRIANGULAR (m)	10,992.17	11,506.63	514.46
PAVIMENTO FLEXIBLE CON CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE E=3" (m2)	98,929.53	103,559.67	4,630.14
TIEMPO A RECORRER	13'11.4"	13'48.6"	
TIEMPO RECORRIDO	14'52.6"	13'48.6"	

Tabla 6.7: Análisis comparativo técnico entre curvas circulares y clotoides - Fuente. Elaboración Propia

- En la Tabla 6.4 se puede observar 590 m de muro por gravedad a proyectar, con una altura promedio de 3.0 m; además se tiene 495 m de muro en voladizo a proyectar, con una altura promedio de 6.0 m.
- En la Tabla 6.5 se puede observar 340 m de puente a proyectar.
- En la Tabla 6.6 se puede observar 25 alcantarillas RIB STEEL con 01 tubería de 36", 04 alcantarillas RIB STEEL con 01 tubería de 56", y 02 alcantarillas RIB STEEL con 02 tuberías de 56".

6.2. Análisis Comparativo Técnico - Económico

6.2.1. Análisis Comparativo Técnico

En la Tabla 6.7 se muestra una comparación técnica entre ambas alternativas:

- Al usar curvas clotoides en el diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S, la vía posee una longitud de 0.51 km más que al usar curvas circulares; lo que significa que las clotoides se adaptan mejor a la topografía del terreno, y por ende tendrá mayor longitud.

- Al usar curvas clotoideas en el diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S, arroja un volumen de corte de 33,742.56 m³ más que al usar curvas circulares; lo que significa que las clotoideas a pesar de tener una longitud mayor que las circulares arroja un menor volumen de corte, esto también se debe a que se adaptan mejor a la topografía del terreno.
- Al usar curvas clotoideas en el diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S, arroja un volumen de relleno de 1,327.38 m³ menos que al usar curvas circulares; esto se debe a que en el caso de las clotoideas se presentan mayor muros de contención.
- Al usar curvas clotoideas en el diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S, la vía posee muros de contención con una longitud de 370 m más que al usar curvas circulares.
- Al usar curvas clotoideas en el diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S, la vía posee puentes con una longitud de 210 m menos que al usar curvas circulares; lo que significa que las clotoideas se adaptan mejor a la topografía del terreno (huaycos), y por ende en algunos huaycos se evitarán el uso puentes, y serán reemplazados por alcantarillas RIB STEEL.
- Al usar curvas clotoideas en el diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S, la vía posee 7 alcantarillas RIB STEEL más que al usar curvas circulares; lo que significa que las clotoideas se adaptan mejor a la topografía del terreno (huaycos), y por ende en algunos huaycos se evitarán el uso puentes, y serán reemplazados por alcantarillas RIB STEEL.
- Al usar curvas clotoideas en el diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S, la vía posee 514.46 m de cuneta más que al usar curvas circulares, por la misma mayor longitud que se genera al usar curvas clotoideas.
- Al usar curvas clotoideas en el diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S, la vía posee 4,630.14 m² de carpeta asfáltica más que al usar curvas circulares, por la misma mayor longitud que se genera al usar curvas clotoideas.
- Al hacer la simulación en tiempo real al usar curvas clotoideas en el diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S, el vehículo recorre la vía de interconexión PE 28A - PE 3S en un tiempo de 13'48.6"; el mismo tiempo para que mantenga su velocidad constante.
- Además al hacer la simulación en tiempo real al usar circulares en el diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S, el vehículo recorre la vía de interconexión PE 28A - PE 3S en un tiempo de 14'52.6"; 1'41.2" más de lo que debería hacer, es decir el vehículo no mantiene su velocidad constante.
- Además de las comparaciones anteriores que se hizo, es muy importante hacer la comparación entre las vías existentes y a proyectar; es decir, en la vía PE 28A (Lima - Ayacucho) se tiene una ancho de carril de 3.30 m, tal como se muestra en la Fig. 6.1, lo que significa que se está



Figura 6.1: Medición del carril de la vía PE 28A (Lima - Ayacucho) - Fuente. Elaboración Propia

cumpliendo con el ancho mínimo de calzada en tangente que es de 6.60 m como lo estipula el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”

- En la vía PE 28A (Lima - Ayacucho) se tiene una ancho de berma de 0.95 m, tal como se muestra en la Fig. 6.2, lo que significa que no se está cumpliendo con el ancho mínimo de berma que es de 1.20 m como lo estipula el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- En lo que respecta al sobreancho de compactación (s.a.c.) para permitir la localización de señalización y defensas en la vía PE 28A (Lima - Ayacucho) posee un ancho variable, pero que sí cumple con una banda de mínima de 0.5 m de ancho sin pavimentar como lo estipula el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- Finalmente, las cunetas de la vía PE 28A (Lima - Ayacucho) posee una sección transversal triangular con un ancho y una altura de 1.15 m y 0.50 m respectivamente, tal como se muestra en la Fig. 6.3, lo que significa que se está cumpliendo con el ancho y la altura mínima que es de 0.90 m y 0.30 m como lo estipula el MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
- Por otro lado, en la vía PE 3S (Ayacucho - Cuzco) se tiene una ancho de carril de 3.00 m, tal como se muestra en la Fig. 6.4, lo que significa que no se está cumpliendo con el ancho mínimo

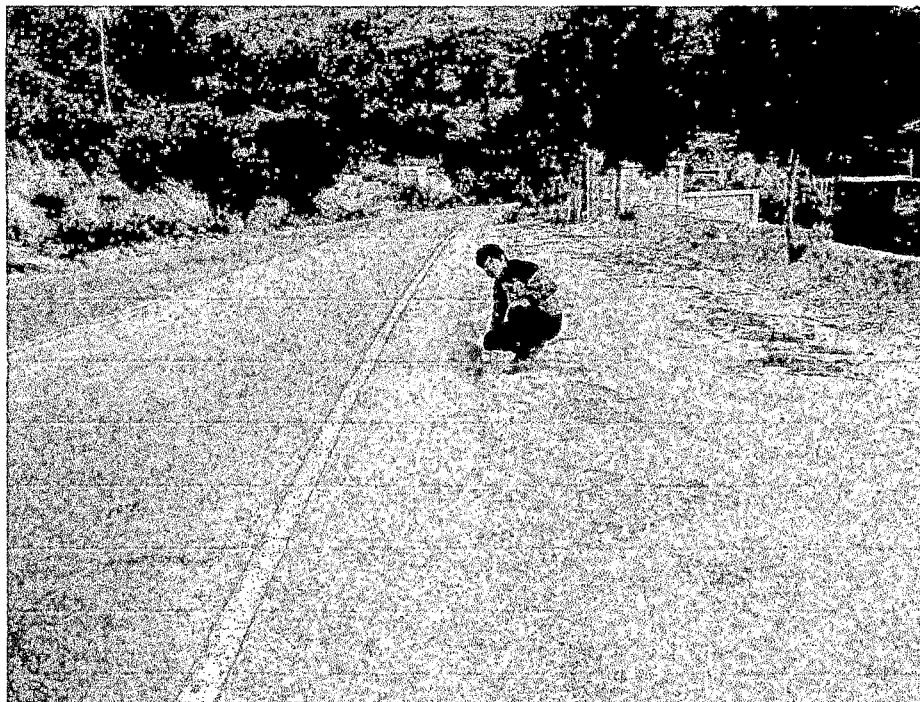


Figura 6.2: Medición de berma de la vía PE 28A (Lima - Ayacucho) - Fuente. Elaboración Propia



Figura 6.3: Medición de cuneta de la vía PE 28A (Lima - Ayacucho) - Fuente. Elaboración Propia

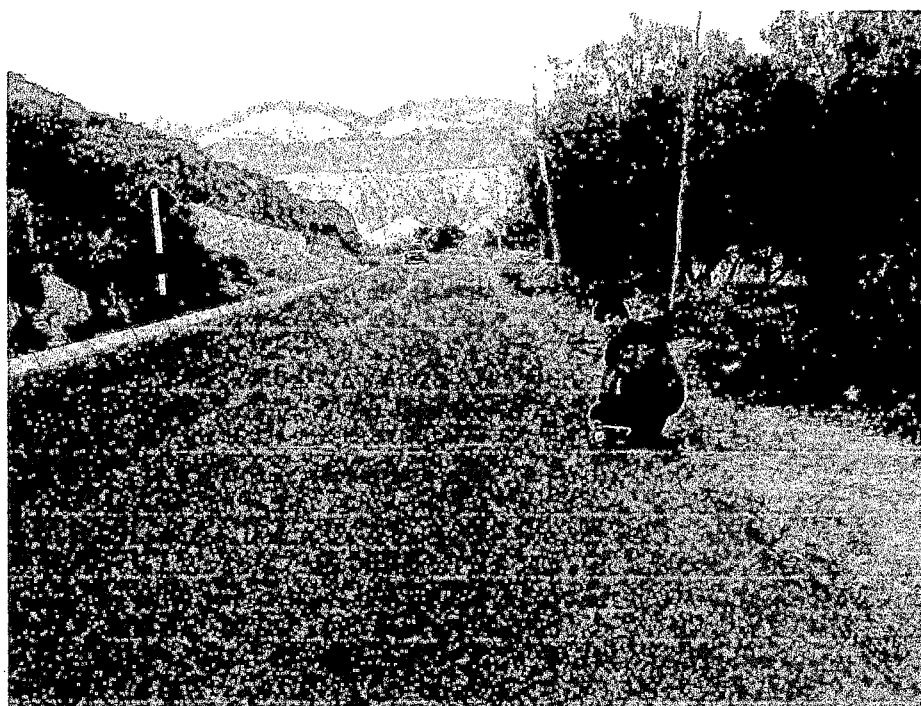


Figura 6.4: Medición del carril de la vía PE 3S (Ayacucho - Cuzco) - Fuente. Elaboración Propia

de calzada en tangente que es de 6.60 m como lo estipula el MANUAL DE CARRETERAS "DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013."

- Además en la vía PE 3S (Ayacucho - Cuzco) se tiene un ancho de berma de 0.50 m, tal como se muestra en la Fig. 6.5, lo que significa que no se está cumpliendo con el ancho mínimo de berma que es de 1.20 m como lo estipula el MANUAL DE CARRETERAS "DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013."
- En lo que respecta al sobreancho de compactación (s.a.c.) para permitir la localización de señalización y defensas en la vía PE 3S (Ayacucho - Cuzco) posee un ancho variable, pero que sí cumple con una banda mínima de 0.5 m de ancho sin pavimentar como lo estipula el MANUAL DE CARRETERAS "DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013."
- Finalmente, las cunetas de la vía PE 3S (Ayacucho - Cuzco) poseen una sección transversal trapezoidal con un ancho y una altura de 0.95 m y 0.55 m respectivamente, tal como se muestra en la Fig. 6.6, lo que significa que se está cumpliendo con el ancho y la altura mínima que es de 0.90 m y 0.30 m como lo estipula el MANUAL DE CARRETERAS "DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013."



Figura 6.5: Medición de berma de la vía PE 3S (Ayacucho - Cuzco) - Fuente. Elaboración Propia



Figura 6.6: Medición de cuneta de la vía PE 3S (Ayacucho - Cuzco) - Fuente. Elaboración Propia

	CURVAS CIRCULARES	CURVAS CLOTOIDES	COSTO (S/.)	CURVAS CIRCULARES (S/.)	CURVAS CLOTOIDES (S/.)
VOLUMEN CORTE MATERIAL SUELTO (m3)	4,202,475.63	4,169,745.34	2.50	10,506,189.08	10,424,363.36
VOLUMEN CORTE ROCA SUELTA (m3)	86,648.98	85,974.13	15.00	1,299,734.73	1,289,611.96
VOLUMEN CORTE ROCA FIJA (m3)	43,324.49	42,987.07	25.00	1,083,112.28	1,074,676.63
VOLUMEN RELLENO CONFORMACIÓN TERRAPLENES (m3)	8,859.78	10,187.15	5.00	44,298.88	50,935.76
MURO DE GRAVEDAD (m)	355.00	590.00	2,000.00	710,000.00	1,180,000.00
MURO EN VOLADIZO (m)	360.00	495.00	4,500.00	1,620,000.00	2,227,500.00
PUENTE (m)	550.00	340.00	10,000.00	5,500,000.00	3,400,000.00
ALCANTARILLA RIB STEEL 1 Tub. 36" (und)	22.00	25.00	1,000.00	22,000.00	25,000.00
ALCANTARILLA RIB STEEL 1 Tub. 56" (und)	1.00	4.00	1,500.00	1,500.00	6,000.00
ALCANTARILLA RIB STEEL 2 Tub. 56" (und)	1.00	2.00	2,000.00	2,000.00	4,000.00
CUNETA TRIANGULAR (m)	10,992.17	11,506.63	80.00	879,373.60	920,530.40
PAVIMENTO FLEXIBLE CON CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE E=3" (m2)	98,929.53	103,559.67	300.00	29,678,859.00	31,067,901.00
A	COSTO DIRECTO (S/.)			51,347,078.55	51,670,530.62
B	GASTOS GENERALES (10% CD)			5,134,707.85	5,167,053.06
C	SUPERVISIÓN (3% CD)			1,540,412.36	1,550,115.92
A+B+C	SUB TOTAL (S/.)			58,022,198.76	58,387,699.61
D	I.G.V (18% SUB TOTAL)			10,443,995.78	10,509,785.93
E	EXPEDIENTE TÉCNICO (S/.)			1,026,941.57	1,033,410.61
A+B+C+D+E	TOTAL DE PRESUPUESTO (S/.)			69,493,136.11	69,930,896.15
DIFERENCIA (S/.)				437,760.04	

Tabla 6.8: Análisis comparativo económico entre curvas circulares y clotoides - Fuente. Elaboración Propia

6.2.2. Análisis Comparativo Económico

En la Tabla 6.8 se muestra una comparación económica entre ambas alternativas:

- El costo total al usar curvas clotoides en el diseño geométrico de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S es S/. 437,760.04 más que al usar curvas circulares; lo que significa que el uso de curvas circulares en el diseño geométrico de carreteras es más económico que al usar curvas clotoides.

6.3. Conclusiones y Recomendaciones

6.3.1. Conclusiones

- Se determinó que el comportamiento vehicular en curvas clotoides es más cómodo que en las curvas circulares, ya que la fuerza centrífuga aparece de forma gradual, así el volante es accionado de manera uniforme.

2. Se optimizó el diseño geométrico de las curvas horizontales mediante curvas clotoides, de tal forma que el vehículo mantiene su velocidad constante.
3. Al optimizar el diseño geométrico de las curvas horizontales mediante curvas clotoides, el vehículo mantiene su carril, y así reducir los accidentes.
4. La construcción de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S es factible, ya que mediante esta construcción se reducirá el congestionamiento vehicular en el transporte urbano de la Ciudad de Ayacucho, principalmente de los vehículos de carga, ya que tal vía pasará por la zona de Quicapata, lugar donde se piensa construir el terminal terrestre de carga.
5. En las curvas clotoides tipo espiral-espiral, mientras menor sea el ángulo de deflexión, mayor es el radio de curvatura.
6. En general en lo que respecta al diseño de la vía de interconexión PE 28A - PE 3S con curvas circulares, sí se está cumpliendo con los aspectos mínimos y máximos en planta, perfil longitudinal y sección transversal.
7. El ángulo límite de deflexión será de 58° para el uso de curvas clotoides tipo espiral-espiral, además para que cumpla con la relación:

$$R/3 \leq A \leq R$$

Para curvas clotoides tipo espiral-circular-espiral, sí cumple con la relación anterior para todos los casos; lo que significa que lo que estipula El MANUAL DE CARRETERAS "DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013" es solo para curvas clotoides tipo espiral-circular-espiral o curvas de transición.

8. El parámetro "A" y radio mínimo para curvas clotoides, siempre cumplen cuando estas sean del tipo espiral-circular-espiral. En caso de las curvas clotoides tipo espiral-espiral, solo cumplen cuando el ángulo de deflexión sea menor a 37° .
9. En lo que respecta a la coordinación en planta y perfil, la relación:

$$5A \leq \frac{L}{R} \leq 10A$$

y

$$L = \frac{100AR}{P}$$

Siempre cumple para el caso de curvas circulares. En caso de las curvas clotoides tipo espiral-circular-espiral, solo cumple con la primera relación; y para las curvas clotoides

tipo espiral-espiral solo cumple el primer caso para cuando el ángulo de deflexión sea menor a 37°.

10. En lo referente a la longitud mínima de curvas verticales cóncavas, solo cumple cuando $D > L$:

$$L = 2D - \left(\frac{120 + 3.5D}{A} \right)$$

Mas no cuando $D < L$.

11. En lo referente a la longitud mínima de curvas verticales convexas, solo cumple cuando $D_p < L$:

$$L = \frac{AD_p^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

Mas no cuando $D_p > L$, y tampoco con la fórmula donde se usa la distancia de paso o adelantamiento, fórmulas que deberían corregirse en El MANUAL DE CARRETERAS "DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013."

12. Al no existir una norma bien definida para curvas clotoides respecto a su diseño vertical, las longitudes de las curvas verticales cóncavas y convexas resultan ser más grandes y mejor para el tránsito vehicular.
13. Como se pudo ver en el análisis comparativo técnico - económico entre usar curvas circulares o clotoides en el diseño geométrico de carreteras; el uso de curvas clotoides es mejor técnicamente mas no económicamente, además de la comodidad que se pueda tener al viajar.
14. Normalmente cuando se hace un diseño de carreteras se busca que la velocidad sea constante, esto solo se logra cuando en el diseño de carreteras se usan curvas clotoides.
15. Se espera que todos empiecen a diseñar en una dimensión totalmente diferente.

6.3.2. Recomendaciones

1. El MANUAL DE CARRETERAS "DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013" no estipula en que casos debería usarse curvas clotoides tipo espiral-circular-espiral o espiral-espiral; por lo que de acuerdo a los resultados se recomienda que para ángulos de deflexión menores a 58° se usen curvas clotoides tipo espiral-espiral.
2. Así como se tiene un radio mínimo para cada velocidad de diseño, también debería existir un radio máximo para cada velocidad de diseño para evitar contraperaltes; principalmente para velocidades de diseño menores a 60 km/h.

3. Para el cálculo de la longitud mínima para curvas verticales cóncavas y convexas para contar con visibilidad de parada, para cada fórmula estipulado en El MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013” debería haber límites de pendientes o una diferencia algebraica de pendientes para cada fórmula, es decir, ambas fórmulas están bien, sino que con algunas pendientes cumple y con otras no para ambos casos.
4. En lo que respecta a las banquetas, se recomienda medir la altura de la primera banqueta a partir de la profundidad de la cuneta, ya que sería más fácil hacer dicha medición en campo, que tomando como referencia la parte central de la calzada como lo estipula El MANUAL DE CARRETERAS “DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2013.”
5. Se recomienda agregar más casos de coordinación del trazo en planta y perfil específicamente para curvas clotoideas en el siguiente MANUAL DE CARRETERAS.
6. En general se recomienda que cuando se usen curvas clotoideas en un determinado diseño de carreteras, que ninguna curva prescinda de estas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Humanchao U. Implementación de Políticas y Técnicas Innovadoras de Seguridad Vial Mediante la Aplicación de Auditorías de Seguridad Vial en Carreteras Nacionales. Tesis Para Optar el Grado de Maestro en Ciencias con Mención en Ingeniería de Transportes. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima; 2015.
- [2] MTC. Manual de Carreteras "Diseño Geométrico DG-2013". Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Perú; 2013.
- [3] Silvera M. Ingeniería de Carreteras. Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú; 2007.
- [4] Estuardo J. Diseño y Replanteo Geométrico de Carreteras con Clotoide. Tesis para Obtener el Título de Ingeniero Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala; 2007.
- [5] Agudelo J. Diseño Computarizado de Carreteras. Instituto Nacional de Vías. Universidad de Eafit, Colombia; 2008.
- [6] Pedret J. Trazado de Carreteras. Departamento de Infraestructura Vial. Universidad Politécnica de Catalunya, España; 2012.
- [7] Wikipedia. <http://www.wikipedia.org/wiki/Modeladodeinformacióndeconstrucción>. Modelado de Información de Construcción; 2014.
- [8] Graphisoft. <http://www.graphisoft.es/archicad/openbim/aboutbim/>. Acerca del BIM; 2014.
- [9] Holness G. Building Information Modeling Gaining Momentum. ASHRAE Journal, pp. 28-40, New York; 2008.
- [10] Lee G. Parametric Building Object Behavior for a Building Information Modeling System. Automation in Construction, pp. 758-776, Florida; 2006.
- [11] Autodesk. Modelado de Información para la Edificación. Autodesk, California; 2008.

Parte I

MOVIMIENTO DE TIERRAS: CURVAS CIRCULARES

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES CON PROGRAMA BIM
APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 38"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
0+0.00	6.11	0.06			97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
0+010.00	13.52	0.02	98.15	0.40	97.00	95.21	2.00	1.96	1.00	0.98
0+020.00	26.00	0.00	197.60	0.05	97.00	191.67	2.00	3.95	1.00	1.98
0+030.00	52.42	0.07	392.10	0.18	97.00	380.34	2.00	7.84	1.00	3.92
0+040.00	103.26	0.00	778.40	0.18	97.00	755.05	2.00	15.57	1.00	7.78
0+050.00	136.02	0.00	1,196.40	0.00	97.00	1,160.51	2.00	23.93	1.00	11.96
0+060.00	125.24	0.00	1,306.30	0.00	97.00	1,267.11	2.00	26.13	1.00	13.06
0+070.00	60.95	0.00	930.95	0.00	97.00	903.02	2.00	18.62	1.00	9.31
0+080.00	1.10	0.00	310.25	0.00	97.00	300.94	2.00	6.21	1.00	3.10
0+100.00	0.00	0.00	5.50	0.00	97.00	5.34	2.00	0.11	1.00	0.06
0+120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
0+140.00	39.63	0.00	198.15	0.00	97.00	192.21	2.00	3.96	1.00	1.98
0+160.00	109.27	0.00	1,489.00	0.00	97.00	1,444.33	2.00	29.78	1.00	14.89
0+170.00	233.26	0.00	1,712.65	0.00	97.00	1,661.27	2.00	34.25	1.00	17.13
0+180.00	315.24	0.00	2,742.50	0.00	97.00	2,660.23	2.00	54.85	1.00	27.43
0+190.00	397.40	0.00	3,563.20	0.00	97.00	3,456.30	2.00	71.26	1.00	35.63
0+200.00	397.14	0.00	3,972.70	0.00	97.00	3,853.52	2.00	79.45	1.00	39.73
0+210.00	337.03	0.00	3,670.85	0.00	97.00	3,560.72	2.00	73.42	1.00	36.71
0+220.00	315.58	0.00	3,263.05	0.00	97.00	3,165.16	2.00	65.26	1.00	32.63
0+230.00	238.40	0.00	2,769.90	0.00	97.00	2,686.80	2.00	55.40	1.00	27.70
0+240.00	191.74	0.00	2,150.70	0.00	97.00	2,086.18	2.00	43.01	1.00	21.51
0+250.00	125.71	0.00	1,587.25	0.00	97.00	1,539.63	2.00	31.75	1.00	15.87
0+260.00	79.91	0.00	1,028.10	0.00	97.00	997.26	2.00	20.56	1.00	10.28
0+280.00	0.00	0.00	399.55	0.00	97.00	387.56	2.00	7.99	1.00	4.00
0+300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
0+320.00	65.12	0.00	325.60	0.00	97.00	315.83	2.00	6.51	1.00	3.26
0+340.00	194.17	0.00	2,592.90	0.00	97.00	2,515.11	2.00	51.86	1.00	25.93
0+360.00	179.40	0.00	3,735.70	0.00	97.00	3,623.63	2.00	74.71	1.00	37.36
0+380.00	105.68	0.00	2,850.80	0.00	97.00	2,765.28	2.00	57.02	1.00	28.51
0+400.00	101.82	0.00	2,075.00	0.00	97.00	2,012.75	2.00	41.50	1.00	20.75
0+420.00	55.08	0.00	1,569.00	0.00	97.00	1,521.93	2.00	31.38	1.00	15.69
0+440.00	63.11	0.00	1,181.90	0.00	97.00	1,146.44	2.00	23.64	1.00	11.82
0+460.00	143.91	0.00	2,070.20	0.00	97.00	2,008.09	2.00	41.40	1.00	20.70
0+480.00	126.88	0.00	2,707.90	0.00	97.00	2,626.66	2.00	54.16	1.00	27.08
0+500.00	97.64	0.00	2,245.20	0.00	97.00	2,177.84	2.00	44.90	1.00	22.45
0+520.00	71.90	0.00	1,695.40	0.00	97.00	1,644.54	2.00	33.91	1.00	16.95
0+540.00	53.58	0.00	1,254.80	0.00	97.00	1,217.16	2.00	25.10	1.00	12.55
0+560.00	108.14	0.00	1,617.20	0.00	97.00	1,568.68	2.00	32.34	1.00	16.17
0+580.00	137.47	0.00	2,456.10	0.00	97.00	2,382.42	2.00	49.12	1.00	24.56
0+600.00	27.00	0.00	1,644.70	0.00	97.00	1,595.36	2.00	32.89	1.00	16.45
0+620.00	76.08	0.00	1,030.80	0.00	97.00	999.88	2.00	20.62	1.00	10.31

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES CON PROGRAMA BIM
APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 38"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
0+640.00	152.46	0.00	2,285.40	0.00	97.00	2,216.84	2.00	45.71	1.00	22.85
0+650.00	188.46	0.00	1,704.60	0.00	97.00	1,653.46	2.00	34.09	1.00	17.05
0+660.00	275.14	0.00	2,318.00	0.00	97.00	2,248.46	2.00	46.36	1.00	23.18
0+670.00	291.94	0.00	2,835.40	0.00	97.00	2,750.34	2.00	56.71	1.00	28.35
0+680.00	223.38	0.00	2,576.60	0.00	97.00	2,499.30	2.00	51.53	1.00	25.77
0+700.00	29.71	1.39	2,530.90	6.95	97.00	2,454.97	2.00	50.62	1.00	25.31
0+720.00	49.87	5.67	795.80	70.60	97.00	771.93	2.00	15.92	1.00	7.96
0+740.00	355.81	0.00	4,056.80	28.35	97.00	3,935.10	2.00	81.14	1.00	40.57
0+760.00	426.78	0.00	7,825.90	0.00	97.00	7,591.12	2.00	156.52	1.00	78.26
0+770.00	332.21	0.00	3,794.95	0.00	97.00	3,681.10	2.00	75.90	1.00	37.95
0+780.00	311.49	0.00	3,218.50	0.00	97.00	3,121.95	2.00	64.37	1.00	32.19
0+790.00	312.00	0.00	3,117.45	0.00	97.00	3,023.93	2.00	62.35	1.00	31.17
0+800.00	323.33	0.00	3,176.65	0.00	97.00	3,081.35	2.00	63.53	1.00	31.77
0+820.00	376.09	0.00	6,994.20	0.00	97.00	6,784.37	2.00	139.88	1.00	69.94
0+840.00	200.72	0.00	5,768.10	0.00	97.00	5,595.06	2.00	115.36	1.00	57.68
0+860.00	407.04	0.00	6,077.60	0.00	97.00	5,895.27	2.00	121.55	1.00	60.78
0+880.00	919.11	0.00	13,261.50	0.00	97.00	12,863.66	2.00	265.23	1.00	132.62
0+890.00	867.28	0.00	8,931.95	0.00	97.00	8,663.99	2.00	178.64	1.00	89.32
0+900.00	966.21	0.00	9,167.45	0.00	97.00	8,892.43	2.00	183.35	1.00	91.67
0+910.00	899.75	0.00	9,329.80	0.00	97.00	9,049.91	2.00	186.60	1.00	93.30
0+920.00	915.14	0.00	9,074.45	0.00	97.00	8,802.22	2.00	181.49	1.00	90.74
0+940.00	664.39	0.00	15,795.30	0.00	97.00	15,321.44	2.00	315.91	1.00	157.95
0+960.00	675.49	0.00	13,398.80	0.00	97.00	12,996.84	2.00	267.98	1.00	133.99
0+980.00	668.99	0.00	13,444.80	0.00	97.00	13,041.46	2.00	268.90	1.00	134.45
1+000.00	734.28	0.00	14,032.70	0.00	97.00	13,611.72	2.00	280.65	1.00	140.33
1+020.00	737.89	0.00	14,721.70	0.00	97.00	14,280.05	2.00	294.43	1.00	147.22
1+040.00	648.47	0.00	13,863.60	0.00	97.00	13,447.69	2.00	277.27	1.00	138.64
1+060.00	608.31	0.00	12,567.80	0.00	97.00	12,190.77	2.00	251.36	1.00	125.68
1+080.00	441.84	0.00	10,501.50	0.00	97.00	10,186.46	2.00	210.03	1.00	105.02
1+100.00	494.42	0.00	9,362.60	0.00	97.00	9,081.72	2.00	187.25	1.00	93.63
1+120.00	304.40	0.00	7,988.20	0.00	97.00	7,748.55	2.00	159.76	1.00	79.88
1+140.00	98.56	0.00	4,029.60	0.00	97.00	3,908.71	2.00	80.59	1.00	40.30
1+160.00	0.00	0.00	492.80	0.00	97.00	478.02	2.00	9.86	1.00	4.93
1+180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
1+200.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
1+220.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
1+230.00	78.78	17.48	196.95	43.70	97.00	191.04	2.00	3.94	1.00	1.97
1+240.00	189.30	5.39	1,340.40	114.35	97.00	1,300.19	2.00	26.81	1.00	13.40
1+260.00	345.48	0.00	5,347.80	26.95	97.00	5,187.37	2.00	106.96	1.00	53.48
1+280.00	605.00	0.00	9,504.80	0.00	97.00	9,219.66	2.00	190.10	1.00	95.05
1+300.00	782.83	0.00	13,878.30	0.00	97.00	13,461.95	2.00	277.57	1.00	138.78

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES CON PROGRAMA BIM
APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
1+320.00	816.38	0.00	15,992.10	0.00	97.00	15,512.34	2.00	319.84	1.00	159.92
1+340.00	805.81	0.00	16,221.90	0.00	97.00	15,735.24	2.00	324.44	1.00	162.22
1+360.00	794.27	0.00	16,000.80	0.00	97.00	15,520.78	2.00	320.02	1.00	160.01
1+380.00	608.70	0.00	14,029.70	0.00	97.00	13,608.81	2.00	280.59	1.00	140.30
1+390.00	568.73	0.00	5,887.15	0.00	97.00	5,710.54	2.00	117.74	1.00	58.87
1+400.00	489.89	0.00	5,293.10	0.00	97.00	5,134.31	2.00	105.86	1.00	52.93
1+410.00	373.62	0.00	4,317.55	0.00	97.00	4,188.02	2.00	86.35	1.00	43.18
1+420.00	261.36	0.00	3,174.90	0.00	97.00	3,079.65	2.00	63.50	1.00	31.75
1+430.00	183.77	0.00	2,225.65	0.00	97.00	2,158.88	2.00	44.51	1.00	22.26
1+440.00	143.27	0.00	1,635.20	0.00	97.00	1,586.14	2.00	32.70	1.00	16.35
1+450.00	131.52	0.00	1,373.95	0.00	97.00	1,332.73	2.00	27.48	1.00	13.74
1+460.00	132.55	0.00	1,320.35	0.00	97.00	1,280.74	2.00	26.41	1.00	13.20
1+470.00	139.56	0.00	1,360.55	0.00	97.00	1,319.73	2.00	27.21	1.00	13.61
1+480.00	131.50	0.00	1,355.30	0.00	97.00	1,314.64	2.00	27.11	1.00	13.55
1+490.00	113.06	0.00	1,222.80	0.00	97.00	1,186.12	2.00	24.46	1.00	12.23
1+500.00	104.12	0.00	1,085.90	0.00	97.00	1,053.32	2.00	21.72	1.00	10.86
1+510.00	102.70	0.00	1,034.10	0.00	97.00	1,003.08	2.00	20.68	1.00	10.34
1+520.00	127.56	0.00	1,151.30	0.00	97.00	1,116.76	2.00	23.03	1.00	11.51
1+530.00	169.49	0.00	1,485.25	0.00	97.00	1,440.69	2.00	29.71	1.00	14.85
1+540.00	212.85	0.00	1,911.70	0.00	97.00	1,854.35	2.00	38.23	1.00	19.12
1+550.00	263.06	0.00	2,379.55	0.00	97.00	2,308.16	2.00	47.59	1.00	23.80
1+560.00	291.74	0.00	2,774.00	0.00	97.00	2,690.78	2.00	55.48	1.00	27.74
1+580.00	304.51	0.00	5,962.50	0.00	97.00	5,783.63	2.00	119.25	1.00	59.63
1+600.00	282.54	0.00	5,870.50	0.00	97.00	5,694.39	2.00	117.41	1.00	58.71
1+620.00	219.48	0.00	5,020.20	0.00	97.00	4,869.59	2.00	100.40	1.00	50.20
1+640.00	119.30	0.00	3,387.80	0.00	97.00	3,286.17	2.00	67.76	1.00	33.88
1+660.00	40.74	2.29	1,600.40	11.45	97.00	1,552.39	2.00	32.01	1.00	16.00
1+680.00	27.61	5.90	683.50	81.90	97.00	663.00	2.00	13.67	1.00	6.84
1+700.00	28.09	3.54	557.00	94.40	97.00	540.29	2.00	11.14	1.00	5.57
1+720.00	62.02	0.00	901.10	17.70	97.00	874.07	2.00	18.02	1.00	9.01
1+740.00	200.19	0.00	2,622.10	0.00	97.00	2,543.44	2.00	52.44	1.00	26.22
1+750.00	189.81	0.00	1,950.00	0.00	97.00	1,891.50	2.00	39.00	1.00	19.50
1+760.00	182.57	0.00	1,861.90	0.00	97.00	1,806.04	2.00	37.24	1.00	18.62
1+770.00	176.67	0.00	1,796.20	0.00	97.00	1,742.31	2.00	35.92	1.00	17.96
1+780.00	166.34	0.00	1,715.05	0.00	97.00	1,663.60	2.00	34.30	1.00	17.15
1+790.00	151.71	0.00	1,590.25	0.00	97.00	1,542.54	2.00	31.81	1.00	15.90
1+800.00	119.01	0.00	1,353.60	0.00	97.00	1,312.99	2.00	27.07	1.00	13.54
1+820.00	52.24	0.00	1,712.50	0.00	97.00	1,661.13	2.00	34.25	1.00	17.13
1+840.00	33.55	0.00	857.90	0.00	97.00	832.16	2.00	17.16	1.00	8.58
1+860.00	29.03	0.00	625.80	0.00	97.00	607.03	2.00	12.52	1.00	6.26
1+880.00	42.81	0.00	718.40	0.00	97.00	696.85	2.00	14.37	1.00	7.18

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES CON PROGRAMA BIM
APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 35"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
1+890.00	45.88	0.00	443.45	0.00	97.00	430.15	2.00	8.87	1.00	4.43
1+900.00	42.82	0.00	443.50	0.00	97.00	430.20	2.00	8.87	1.00	4.44
1+910.00	34.68	0.00	387.50	0.00	97.00	375.88	2.00	7.75	1.00	3.88
1+920.00	35.77	0.00	352.25	0.00	97.00	341.68	2.00	7.05	1.00	3.52
1+930.00	33.16	0.00	344.65	0.00	97.00	334.31	2.00	6.89	1.00	3.45
1+940.00	32.43	0.00	327.95	0.00	97.00	318.11	2.00	6.56	1.00	3.28
1+950.00	25.11	0.00	287.70	0.00	97.00	279.07	2.00	5.75	1.00	2.88
1+960.00	16.84	0.00	209.75	0.00	97.00	203.46	2.00	4.20	1.00	2.10
1+980.00	8.90	0.00	257.40	0.00	97.00	249.68	2.00	5.15	1.00	2.57
2+000.00	5.30	0.00	142.00	0.00	97.00	137.74	2.00	2.84	1.00	1.42
2+020.00	4.69	2.23	99.90	11.15	97.00	96.90	2.00	2.00	1.00	1.00
2+040.00	15.62	0.00	203.10	11.15	97.00	197.01	2.00	4.06	1.00	2.03
2+050.00	27.08	0.00	213.50	0.00	97.00	207.10	2.00	4.27	1.00	2.14
2+060.00	36.79	0.00	319.35	0.00	97.00	309.77	2.00	6.39	1.00	3.19
2+070.00	49.29	0.00	430.40	0.00	97.00	417.49	2.00	8.61	1.00	4.30
2+080.00	62.93	0.00	561.10	0.00	97.00	544.27	2.00	11.22	1.00	5.61
2+090.00	76.32	0.00	696.25	0.00	97.00	675.36	2.00	13.93	1.00	6.96
2+100.00	82.34	0.00	793.30	0.00	97.00	769.50	2.00	15.87	1.00	7.93
2+110.00	93.09	0.00	877.15	0.00	97.00	850.84	2.00	17.54	1.00	8.77
2+120.00	95.28	0.00	941.85	0.00	97.00	913.59	2.00	18.84	1.00	9.42
2+130.00	107.30	0.00	1,012.90	0.00	97.00	982.51	2.00	20.26	1.00	10.13
2+140.00	131.00	0.00	1,191.50	0.00	97.00	1,155.76	2.00	23.83	1.00	11.92
2+150.00	153.85	0.00	1,424.25	0.00	97.00	1,381.52	2.00	28.49	1.00	14.24
2+160.00	174.79	0.00	1,643.20	0.00	97.00	1,593.90	2.00	32.86	1.00	16.43
2+180.00	229.35	0.00	4,041.40	0.00	97.00	3,920.16	2.00	80.83	1.00	40.41
2+200.00	276.69	0.00	5,060.40	0.00	97.00	4,908.59	2.00	101.21	1.00	50.60
2+220.00	333.77	0.00	6,104.60	0.00	97.00	5,921.46	2.00	122.09	1.00	61.05
2+240.00	447.11	0.00	7,808.80	0.00	97.00	7,574.54	2.00	156.18	1.00	78.09
2+250.00	540.96	0.00	4,940.35	0.00	97.00	4,792.14	2.00	98.81	1.00	49.40
2+260.00	642.44	0.00	5,917.00	0.00	97.00	5,739.49	2.00	118.34	1.00	59.17
2+270.00	692.96	0.00	6,677.00	0.00	97.00	6,476.69	2.00	133.54	1.00	66.77
2+280.00	629.22	0.00	6,610.90	0.00	97.00	6,412.57	2.00	132.22	1.00	66.11
2+290.00	470.02	0.00	5,496.20	0.00	97.00	5,331.31	2.00	109.92	1.00	54.96
2+300.00	387.21	0.00	4,286.15	0.00	97.00	4,157.57	2.00	85.72	1.00	42.86
2+310.00	394.96	0.00	3,910.85	0.00	97.00	3,793.52	2.00	78.22	1.00	39.11
2+320.00	434.65	0.00	4,148.05	0.00	97.00	4,023.61	2.00	82.96	1.00	41.48
2+330.00	415.98	0.00	4,253.15	0.00	97.00	4,125.56	2.00	85.06	1.00	42.53
2+340.00	426.04	0.00	4,210.10	0.00	97.00	4,083.80	2.00	84.20	1.00	42.10
2+350.00	385.79	0.00	4,059.15	0.00	97.00	3,937.38	2.00	81.18	1.00	40.59
2+360.00	342.30	0.00	3,640.45	0.00	97.00	3,531.24	2.00	72.81	1.00	36.40
2+380.00	281.82	0.00	6,241.20	0.00	97.00	6,053.96	2.00	124.82	1.00	62.41

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES CON PROGRAMA BIM
APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
2+400.00	244.41	0.00	5,262.30	0.00	97.00	5,104.43	2.00	105.25	1.00	52.62
2+420.00	233.05	0.00	4,774.60	0.00	97.00	4,631.36	2.00	95.49	1.00	47.75
2+440.00	123.64	0.00	3,566.90	0.00	97.00	3,459.89	2.00	71.34	1.00	35.67
2+450.00	84.74	0.00	1,041.90	0.00	97.00	1,010.64	2.00	20.84	1.00	10.42
2+460.00	57.64	0.22	711.90	0.55	97.00	690.54	2.00	14.24	1.00	7.12
2+470.00	45.19	1.86	514.15	10.40	97.00	498.73	2.00	10.28	1.00	5.14
2+480.00	33.62	0.13	394.05	9.95	97.00	382.23	2.00	7.88	1.00	3.94
2+490.00	21.30	0.74	274.60	4.35	97.00	266.36	2.00	5.49	1.00	2.75
2+500.00	10.87	1.46	160.85	11.00	97.00	156.02	2.00	3.22	1.00	1.61
2+510.00	7.27	3.75	90.70	26.05	97.00	87.98	2.00	1.81	1.00	0.91
2+520.00	23.71	0.81	154.90	22.80	97.00	150.25	2.00	3.10	1.00	1.55
2+530.00	68.75	0.00	462.30	2.03	97.00	448.43	2.00	9.25	1.00	4.62
2+540.00	110.75	0.00	897.50	0.00	97.00	870.58	2.00	17.95	1.00	8.98
2+550.00	131.35	0.00	1,210.50	0.00	97.00	1,174.19	2.00	24.21	1.00	12.11
2+560.00	151.58	0.00	1,414.65	0.00	97.00	1,372.21	2.00	28.29	1.00	14.15
2+570.00	161.39	0.00	1,564.85	0.00	97.00	1,517.90	2.00	31.30	1.00	15.65
2+580.00	163.84	0.00	1,626.15	0.00	97.00	1,577.37	2.00	32.52	1.00	16.26
2+600.00	184.09	0.00	3,479.30	0.00	97.00	3,374.92	2.00	69.59	1.00	34.79
2+620.00	220.03	0.00	4,041.20	0.00	97.00	3,919.96	2.00	80.82	1.00	40.41
2+640.00	158.48	0.00	3,785.10	0.00	97.00	3,671.55	2.00	75.70	1.00	37.85
2+660.00	288.59	0.00	4,470.70	0.00	97.00	4,336.58	2.00	89.41	1.00	44.71
2+670.00	326.39	0.00	3,074.90	0.00	97.00	2,982.65	2.00	61.50	1.00	30.75
2+680.00	320.20	0.00	3,232.95	0.00	97.00	3,135.96	2.00	64.66	1.00	32.33
2+690.00	297.33	0.00	3,087.65	0.00	97.00	2,995.02	2.00	61.75	1.00	30.88
2+700.00	291.39	0.00	2,943.60	0.00	97.00	2,855.29	2.00	58.87	1.00	29.44
2+710.00	240.76	0.00	2,660.75	0.00	97.00	2,580.93	2.00	53.22	1.00	26.61
2+720.00	168.40	0.00	2,045.80	0.00	97.00	1,984.43	2.00	40.92	1.00	20.46
2+740.00	294.24	0.00	4,626.40	0.00	97.00	4,487.61	2.00	92.53	1.00	46.26
2+760.00	358.27	0.00	6,525.10	0.00	97.00	6,329.35	2.00	130.50	1.00	65.25
2+780.00	359.82	0.00	7,180.90	0.00	97.00	6,965.47	2.00	143.62	1.00	71.81
2+800.00	449.83	0.00	8,096.50	0.00	97.00	7,853.61	2.00	161.93	1.00	80.97
2+820.00	597.42	0.00	10,472.50	0.00	97.00	10,158.33	2.00	209.45	1.00	104.73
2+840.00	617.18	0.00	12,146.00	0.00	97.00	11,781.62	2.00	242.92	1.00	121.46
2+860.00	514.84	0.00	11,320.20	0.00	97.00	10,980.59	2.00	226.40	1.00	113.20
2+870.00	444.44	0.00	4,796.40	0.00	97.00	4,652.51	2.00	95.93	1.00	47.96
2+880.00	351.38	0.00	3,979.10	0.00	97.00	3,859.73	2.00	79.58	1.00	39.79
2+890.00	576.15	0.00	4,637.65	0.00	97.00	4,498.52	2.00	92.75	1.00	46.38
2+900.00	792.80	0.00	6,844.75	0.00	97.00	6,639.41	2.00	136.90	1.00	68.45
2+910.00	863.62	0.00	8,282.10	0.00	97.00	8,033.64	2.00	165.64	1.00	82.82
2+920.00	958.64	0.00	9,111.30	0.00	97.00	8,837.96	2.00	182.23	1.00	91.11
2+940.00	833.48	0.00	17,921.20	0.00	97.00	17,383.56	2.00	358.42	1.00	179.21

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES CON PROGRAMA BIM
APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 38"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
2+960.00	461.60	0.00	12,950.80	0.00	97.00	12,562.28	2.00	259.02	1.00	129.51
2+980.00	319.60	0.00	7,812.00	0.00	97.00	7,577.64	2.00	156.24	1.00	78.12
3+000.00	214.40	0.00	5,340.00	0.00	97.00	5,179.80	2.00	106.80	1.00	53.40
3+020.00	106.31	0.00	3,207.10	0.00	97.00	3,110.89	2.00	64.14	1.00	32.07
3+040.00	147.89	0.00	2,542.00	0.00	97.00	2,465.74	2.00	50.84	1.00	25.42
3+060.00	29.52	0.00	1,774.10	0.00	97.00	1,720.88	2.00	35.48	1.00	17.74
3+080.00	229.86	0.00	2,593.80	0.00	97.00	2,515.99	2.00	51.88	1.00	25.94
3+090.00	247.44	0.00	2,386.50	0.00	97.00	2,314.91	2.00	47.73	1.00	23.87
3+100.00	204.47	0.00	2,259.55	0.00	97.00	2,191.76	2.00	45.19	1.00	22.60
3+110.00	160.80	0.00	1,826.35	0.00	97.00	1,771.56	2.00	36.53	1.00	18.26
3+120.00	105.97	0.00	1,333.85	0.00	97.00	1,293.83	2.00	26.68	1.00	13.34
3+130.00	49.29	0.00	776.30	0.00	97.00	753.01	2.00	15.53	1.00	7.76
3+140.00	18.73	0.00	340.10	0.00	97.00	329.90	2.00	6.80	1.00	3.40
3+150.00	0.00	0.00	46.83	0.00	97.00	45.42	2.00	0.94	1.00	0.47
3+160.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
3+170.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
3+180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
3+190.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
3+200.00	2.47	5.87	6.18	14.68	97.00	5.99	2.00	0.12	1.00	0.06
3+210.00	35.39	0.00	189.30	14.68	97.00	183.62	2.00	3.79	1.00	1.89
3+220.00	89.64	0.00	625.15	0.00	97.00	606.40	2.00	12.50	1.00	6.25
3+230.00	182.04	0.00	1,358.40	0.00	97.00	1,317.65	2.00	27.17	1.00	13.58
3+240.00	339.57	0.00	2,608.05	0.00	97.00	2,529.81	2.00	52.16	1.00	26.08
3+260.00	534.31	0.00	8,738.80	0.00	97.00	8,476.64	2.00	174.78	1.00	87.39
3+280.00	362.50	0.00	8,968.10	0.00	97.00	8,699.06	2.00	179.36	1.00	89.68
3+300.00	179.50	0.00	5,420.00	0.00	97.00	5,257.40	2.00	108.40	1.00	54.20
3+320.00	79.14	0.00	2,586.40	0.00	97.00	2,508.81	2.00	51.73	1.00	25.86
3+340.00	218.44	0.00	2,975.80	0.00	97.00	2,886.53	2.00	59.52	1.00	29.76
3+360.00	436.94	0.00	6,553.80	0.00	97.00	6,357.19	2.00	131.08	1.00	65.54
3+380.00	418.47	0.00	8,554.10	0.00	97.00	8,297.48	2.00	171.08	1.00	85.54
3+400.00	177.76	0.00	5,962.30	0.00	97.00	5,783.43	2.00	119.25	1.00	59.62
3+420.00	133.12	0.00	3,108.80	0.00	97.00	3,015.54	2.00	62.18	1.00	31.09
3+440.00	176.07	0.00	3,091.90	0.00	97.00	2,999.14	2.00	61.84	1.00	30.92
3+460.00	322.58	0.00	4,986.50	0.00	97.00	4,836.91	2.00	99.73	1.00	49.87
3+480.00	502.50	0.00	8,250.80	0.00	97.00	8,003.28	2.00	165.02	1.00	82.51
3+500.00	507.10	0.00	10,096.00	0.00	97.00	9,793.12	2.00	201.92	1.00	100.96
3+520.00	245.02	0.00	7,521.20	0.00	97.00	7,295.56	2.00	150.42	1.00	75.21
3+540.00	240.26	0.00	4,852.80	0.00	97.00	4,707.22	2.00	97.06	1.00	48.53
3+560.00	253.58	0.00	4,938.40	0.00	97.00	4,790.25	2.00	98.77	1.00	49.38
3+580.00	355.76	0.00	6,093.40	0.00	97.00	5,910.60	2.00	121.87	1.00	60.93
3+590.00	411.99	0.00	3,838.75	0.00	97.00	3,723.59	2.00	76.78	1.00	38.39

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES CON PROGRAMA BIM
APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
3+600.00	489.39	0.00	4,506.90	0.00	97.00	4,371.69	2.00	90.14	1.00	45.07
3+610.00	593.47	0.00	5,414.30	0.00	97.00	5,251.87	2.00	108.29	1.00	54.14
3+620.00	710.29	0.00	6,518.80	0.00	97.00	6,323.24	2.00	130.38	1.00	65.19
3+630.00	871.77	0.00	7,910.30	0.00	97.00	7,672.99	2.00	158.21	1.00	79.10
3+640.00	1,009.95	0.00	9,408.60	0.00	97.00	9,126.34	2.00	188.17	1.00	94.09
3+650.00	1,107.30	0.00	10,586.25	0.00	97.00	10,268.66	2.00	211.73	1.00	105.86
3+660.00	1,101.73	0.00	11,045.15	0.00	97.00	10,713.80	2.00	220.90	1.00	110.45
3+680.00	1,085.23	0.00	21,869.60	0.00	97.00	21,213.51	2.00	437.39	1.00	218.70
3+700.00	1,063.87	0.00	21,491.00	0.00	97.00	20,846.27	2.00	429.82	1.00	214.91
3+720.00	932.29	0.00	19,961.60	0.00	97.00	19,362.75	2.00	399.23	1.00	199.62
3+730.00	838.54	0.00	8,854.15	0.00	97.00	8,588.53	2.00	177.08	1.00	88.54
3+740.00	854.76	0.00	8,466.50	0.00	97.00	8,212.51	2.00	169.33	1.00	84.67
3+750.00	1,058.23	0.00	9,564.95	0.00	97.00	9,278.00	2.00	191.30	1.00	95.65
3+760.00	1,114.04	0.00	10,861.35	0.00	97.00	10,535.51	2.00	217.23	1.00	108.61
3+770.00	1,119.05	0.00	11,165.45	0.00	97.00	10,830.49	2.00	223.31	1.00	111.65
3+780.00	1,140.46	0.00	11,297.55	0.00	97.00	10,958.62	2.00	225.95	1.00	112.98
3+790.00	1,171.75	0.00	11,561.05	0.00	97.00	11,214.22	2.00	231.22	1.00	115.61
3+800.00	1,139.56	0.00	11,556.55	0.00	97.00	11,209.85	2.00	231.13	1.00	115.57
3+820.00	1,244.63	0.00	23,841.90	0.00	97.00	23,126.64	2.00	476.84	1.00	238.42
3+840.00	1,286.75	0.00	25,313.80	0.00	97.00	24,554.39	2.00	506.28	1.00	253.14
3+860.00	1,218.13	0.00	25,048.80	0.00	97.00	24,297.34	2.00	500.98	1.00	250.49
3+880.00	1,138.33	0.00	23,564.60	0.00	97.00	22,857.66	2.00	471.29	1.00	235.65
3+900.00	880.44	0.00	20,187.70	0.00	97.00	19,582.07	2.00	403.75	1.00	201.88
3+920.00	911.69	0.00	17,921.30	0.00	97.00	17,383.66	2.00	358.43	1.00	179.21
3+940.00	325.76	0.00	12,374.50	0.00	97.00	12,003.27	2.00	247.49	1.00	123.75
3+960.00	0.00	0.00	1,628.80	0.00	97.00	1,579.94	2.00	32.58	1.00	16.29
3+980.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
4+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
4+020.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
4+040.00	36.69	0.00	183.45	0.00	97.00	177.95	2.00	3.67	1.00	1.83
4+060.00	16.90	0.00	535.90	0.00	97.00	519.82	2.00	10.72	1.00	5.36
4+080.00	48.38	0.00	652.80	0.00	97.00	633.22	2.00	13.06	1.00	6.53
4+100.00	158.88	0.00	2,072.60	0.00	97.00	2,010.42	2.00	41.45	1.00	20.73
4+120.00	0.00	0.00	794.40	0.00	97.00	770.57	2.00	15.89	1.00	7.94
4+140.00	233.54	0.00	1,167.70	0.00	97.00	1,132.67	2.00	23.35	1.00	11.68
4+160.00	786.89	0.00	10,204.30	0.00	97.00	9,898.17	2.00	204.09	1.00	102.04
4+180.00	836.35	0.00	16,232.40	0.00	97.00	15,745.43	2.00	324.65	1.00	162.32
4+190.00	814.33	0.00	8,253.40	0.00	97.00	8,005.80	2.00	165.07	1.00	82.53
4+200.00	811.58	0.00	8,129.55	0.00	97.00	7,885.66	2.00	162.59	1.00	81.30
4+210.00	747.79	0.00	7,796.85	0.00	97.00	7,562.94	2.00	155.94	1.00	77.97
4+220.00	598.42	0.00	6,731.05	0.00	97.00	6,529.12	2.00	134.62	1.00	67.31

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES CON PROGRAMA BIM
APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m²)		VOLUMEN (m³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
4+230.00	332.53	0.00	4,654.75	0.00	97.00	4,515.11	2.00	93.10	1.00	46.55
4+240.00	528.77	0.00	4,306.50	0.00	97.00	4,177.31	2.00	86.13	1.00	43.07
4+250.00	754.04	0.00	6,414.05	0.00	97.00	6,221.63	2.00	128.28	1.00	64.14
4+260.00	812.08	0.00	7,830.60	0.00	97.00	7,595.68	2.00	156.61	1.00	78.31
4+270.00	801.79	0.00	8,069.35	0.00	97.00	7,827.27	2.00	161.39	1.00	80.69
4+280.00	733.38	0.00	7,675.85	0.00	97.00	7,445.57	2.00	153.52	1.00	76.76
4+300.00	497.13	0.00	12,305.10	0.00	97.00	11,935.95	2.00	246.10	1.00	123.05
4+320.00	329.89	0.00	8,270.20	0.00	97.00	8,022.09	2.00	165.40	1.00	82.70
4+340.00	228.59	0.00	5,584.80	0.00	97.00	5,417.26	2.00	111.70	1.00	55.85
4+350.00	232.83	0.00	2,307.10	0.00	97.00	2,237.89	2.00	46.14	1.00	23.07
4+360.00	220.80	0.00	2,268.15	0.00	97.00	2,200.11	2.00	45.36	1.00	22.68
4+370.00	215.44	0.00	2,181.20	0.00	97.00	2,115.76	2.00	43.62	1.00	21.81
4+380.00	206.41	0.00	2,109.25	0.00	97.00	2,045.97	2.00	42.19	1.00	21.09
4+390.00	189.86	0.00	1,981.35	0.00	97.00	1,921.91	2.00	39.63	1.00	19.81
4+400.00	158.02	0.00	1,739.40	0.00	97.00	1,687.22	2.00	34.79	1.00	17.39
4+410.00	136.47	0.00	1,472.45	0.00	97.00	1,428.28	2.00	29.45	1.00	14.72
4+420.00	127.67	0.00	1,320.70	0.00	97.00	1,281.08	2.00	26.41	1.00	13.21
4+430.00	126.72	0.00	1,271.95	0.00	97.00	1,233.79	2.00	25.44	1.00	12.72
4+440.00	108.27	0.00	1,174.95	0.00	97.00	1,139.70	2.00	23.50	1.00	11.75
4+460.00	71.32	0.00	1,795.90	0.00	97.00	1,742.02	2.00	35.92	1.00	17.96
4+480.00	47.31	0.00	1,186.30	0.00	97.00	1,150.71	2.00	23.73	1.00	11.86
4+500.00	47.47	0.00	947.80	0.00	97.00	919.37	2.00	18.96	1.00	9.48
4+510.00	40.93	0.00	442.00	0.00	97.00	428.74	2.00	8.84	1.00	4.42
4+520.00	34.14	0.00	375.35	0.00	97.00	364.09	2.00	7.51	1.00	3.75
4+540.00	14.33	0.09	484.70	0.45	97.00	470.16	2.00	9.69	1.00	4.85
4+560.00	10.65	0.78	249.80	8.70	97.00	242.31	2.00	5.00	1.00	2.50
4+580.00	7.77	1.84	184.20	26.20	97.00	178.67	2.00	3.68	1.00	1.84
4+600.00	13.59	1.51	213.60	33.50	97.00	207.19	2.00	4.27	1.00	2.14
4+620.00	25.33	0.08	389.20	15.90	97.00	377.52	2.00	7.78	1.00	3.89
4+640.00	41.29	0.00	666.20	0.40	97.00	646.21	2.00	13.32	1.00	6.66
4+650.00	49.96	0.00	456.25	0.00	97.00	442.56	2.00	9.13	1.00	4.56
4+660.00	45.94	0.00	479.50	0.00	97.00	465.12	2.00	9.59	1.00	4.80
4+670.00	37.67	0.00	418.05	0.00	97.00	405.51	2.00	8.36	1.00	4.18
4+680.00	27.68	0.00	326.75	0.00	97.00	316.95	2.00	6.54	1.00	3.27
4+700.00	0.57	0.00	282.50	0.00	97.00	274.03	2.00	5.65	1.00	2.83
4+720.00	7.56	0.00	81.30	0.00	97.00	78.86	2.00	1.63	1.00	0.81
4+740.00	33.21	0.00	407.70	0.00	97.00	395.47	2.00	8.15	1.00	4.08
4+750.00	43.64	0.00	384.25	0.00	97.00	372.72	2.00	7.69	1.00	3.84
4+760.00	49.86	0.00	467.50	0.00	97.00	453.48	2.00	9.35	1.00	4.68
4+770.00	34.17	0.04	420.15	0.10	97.00	407.55	2.00	8.40	1.00	4.20
4+780.00	23.47	0.16	288.20	1.00	97.00	279.55	2.00	5.76	1.00	2.88

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES CON PROGRAMA BIM
APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 35"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
4+800.00	35.56	0.00	590.30	0.80	97.00	572.59	2.00	11.81	1.00	5.90
4+820.00	33.36	0.00	689.20	0.00	97.00	668.52	2.00	13.78	1.00	6.89
4+840.00	42.42	0.00	757.80	0.00	97.00	735.07	2.00	15.16	1.00	7.58
4+860.00	39.40	0.59	818.20	2.95	97.00	793.65	2.00	16.36	1.00	8.18
4+880.00	38.13	2.52	775.30	31.10	97.00	752.04	2.00	15.51	1.00	7.75
4+900.00	54.09	2.93	922.20	54.50	97.00	894.53	2.00	18.44	1.00	9.22
4+910.00	82.71	1.59	684.00	22.60	97.00	663.48	2.00	13.68	1.00	6.84
4+920.00	126.60	0.00	1,046.55	3.98	97.00	1,015.15	2.00	20.93	1.00	10.47
4+930.00	172.61	0.00	1,496.05	0.00	97.00	1,451.17	2.00	29.92	1.00	14.96
4+940.00	271.22	0.00	2,219.15	0.00	97.00	2,152.58	2.00	44.38	1.00	22.19
4+950.00	328.18	0.00	2,997.00	0.00	97.00	2,907.09	2.00	59.94	1.00	29.97
4+960.00	425.49	0.00	3,768.35	0.00	97.00	3,655.30	2.00	75.37	1.00	37.68
4+980.00	450.82	0.00	8,763.10	0.00	97.00	8,500.21	2.00	175.26	1.00	87.63
5+000.00	417.64	0.00	8,684.60	0.00	97.00	8,424.06	2.00	173.69	1.00	86.85
5+020.00	280.74	0.00	6,983.80	0.00	97.00	6,774.29	2.00	139.68	1.00	69.84
5+030.00	94.69	0.00	1,877.15	0.00	97.00	1,820.84	2.00	37.54	1.00	18.77
5+040.00	5.73	23.80	502.10	59.50	97.00	487.04	2.00	10.04	1.00	5.02
5+050.00	136.76	44.74	712.45	342.70	97.00	691.08	2.00	14.25	1.00	7.12
5+060.00	114.53	35.26	1,256.45	400.00	97.00	1,218.76	2.00	25.13	1.00	12.56
5+070.00	120.03	38.04	1,172.80	366.50	97.00	1,137.62	2.00	23.46	1.00	11.73
5+080.00	231.48	0.00	1,757.55	95.10	97.00	1,704.82	2.00	35.15	1.00	17.58
5+100.00	515.90	0.00	7,473.80	0.00	97.00	7,249.59	2.00	149.48	1.00	74.74
5+120.00	422.32	0.00	9,382.20	0.00	97.00	9,100.73	2.00	187.64	1.00	93.82
5+140.00	232.07	0.00	6,543.90	0.00	97.00	6,347.58	2.00	130.88	1.00	65.44
5+160.00	58.76	0.79	2,908.30	3.95	97.00	2,821.05	2.00	58.17	1.00	29.08
5+170.00	33.64	26.29	462.00	135.40	97.00	448.14	2.00	9.24	1.00	4.62
5+180.00	26.03	15.38	298.35	208.35	97.00	289.40	2.00	5.97	1.00	2.98
5+190.00	31.62	3.25	288.25	93.15	97.00	279.60	2.00	5.77	1.00	2.88
5+200.00	26.57	0.40	290.95	18.25	97.00	282.22	2.00	5.82	1.00	2.91
5+210.00	17.09	2.34	218.30	13.70	97.00	211.75	2.00	4.37	1.00	2.18
5+220.00	14.08	3.85	155.85	30.95	97.00	151.17	2.00	3.12	1.00	1.56
5+230.00	21.70	3.24	178.90	35.45	97.00	173.53	2.00	3.58	1.00	1.79
5+240.00	78.39	0.54	500.45	18.90	97.00	485.44	2.00	10.01	1.00	5.00
5+260.00	279.35	0.00	3,577.40	2.70	97.00	3,470.08	2.00	71.55	1.00	35.77
5+280.00	404.65	0.00	6,840.00	0.00	97.00	6,634.80	2.00	136.80	1.00	68.40
5+300.00	294.25	0.00	6,989.00	0.00	97.00	6,779.33	2.00	139.78	1.00	69.89
5+310.00	137.55	0.00	2,159.00	0.00	97.00	2,094.23	2.00	43.18	1.00	21.59
5+320.00	0.00	23.51	343.88	58.78	97.00	333.56	2.00	6.88	1.00	3.44
5+330.00	0.00	54.25	0.00	388.80	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
5+340.00	20.95	35.82	52.38	450.35	97.00	50.80	2.00	1.05	1.00	0.52
5+350.00	22.40	14.10	216.75	249.60	97.00	210.25	2.00	4.34	1.00	2.17

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES CON PROGRAMA BIM
APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
5+360.00	151.68	0.00	870.40	35.25	97.00	844.29	2.00	17.41	1.00	8.70
5+370.00	197.70	0.01	1,746.90	0.03	97.00	1,694.49	2.00	34.94	1.00	17.47
5+380.00	227.83	0.00	2,127.65	0.03	97.00	2,063.82	2.00	42.55	1.00	21.28
5+400.00	284.06	0.00	5,118.90	0.00	97.00	4,965.33	2.00	102.38	1.00	51.19
5+420.00	210.17	0.00	4,942.30	0.00	97.00	4,794.03	2.00	98.85	1.00	49.42
5+440.00	203.49	0.00	4,136.60	0.00	97.00	4,012.50	2.00	82.73	1.00	41.37
5+460.00	209.99	0.00	4,134.80	0.00	97.00	4,010.76	2.00	82.70	1.00	41.35
5+470.00	212.22	0.00	2,111.05	0.00	97.00	2,047.72	2.00	42.22	1.00	21.11
5+480.00	204.14	0.00	2,081.80	0.00	97.00	2,019.35	2.00	41.64	1.00	20.82
5+490.00	197.51	0.00	2,008.25	0.00	97.00	1,948.00	2.00	40.17	1.00	20.08
5+500.00	231.36	0.00	2,144.35	0.00	97.00	2,080.02	2.00	42.89	1.00	21.44
5+510.00	258.77	0.00	2,450.65	0.00	97.00	2,377.13	2.00	49.01	1.00	24.51
5+520.00	270.75	0.00	2,647.60	0.00	97.00	2,568.17	2.00	52.95	1.00	26.48
5+540.00	327.22	0.00	5,979.70	0.00	97.00	5,800.31	2.00	119.59	1.00	59.80
5+560.00	424.17	0.00	7,513.90	0.00	97.00	7,288.48	2.00	150.28	1.00	75.14
5+580.00	510.06	0.00	9,342.30	0.00	97.00	9,062.03	2.00	186.85	1.00	93.42
5+600.00	579.85	0.00	10,899.10	0.00	97.00	10,572.13	2.00	217.98	1.00	108.99
5+610.00	696.58	0.00	6,382.15	0.00	97.00	6,190.69	2.00	127.64	1.00	63.82
5+620.00	328.70	0.00	5,126.40	0.00	97.00	4,972.61	2.00	102.53	1.00	51.26
5+630.00	5.14	116.91	1,669.20	292.28	97.00	1,619.12	2.00	33.38	1.00	16.69
5+640.00	37.57	0.00	213.55	292.28	97.00	207.14	2.00	4.27	1.00	2.14
5+650.00	222.45	0.00	1,300.10	0.00	97.00	1,261.10	2.00	26.00	1.00	13.00
5+660.00	148.78	0.00	1,856.15	0.00	97.00	1,800.47	2.00	37.12	1.00	18.56
5+670.00	306.67	9.31	2,277.25	23.28	97.00	2,208.93	2.00	45.55	1.00	22.77
5+680.00	522.30	0.00	4,144.85	23.28	97.00	4,020.50	2.00	82.90	1.00	41.45
5+700.00	653.45	0.00	11,757.50	0.00	97.00	11,404.78	2.00	235.15	1.00	117.58
5+720.00	763.05	0.00	14,165.00	0.00	97.00	13,740.05	2.00	283.30	1.00	141.65
5+740.00	981.14	0.00	17,441.90	0.00	97.00	16,918.64	2.00	348.84	1.00	174.42
5+750.00	996.58	0.00	9,888.60	0.00	97.00	9,591.94	2.00	197.77	1.00	98.89
5+760.00	890.53	0.00	9,435.55	0.00	97.00	9,152.48	2.00	188.71	1.00	94.36
5+770.00	977.49	0.00	9,340.10	0.00	97.00	9,059.90	2.00	186.80	1.00	93.40
5+780.00	1,055.91	0.00	10,167.00	0.00	97.00	9,861.99	2.00	203.34	1.00	101.67
5+800.00	607.44	0.00	16,633.50	0.00	97.00	16,134.50	2.00	332.67	1.00	166.34
5+820.00	279.30	0.00	8,867.40	0.00	97.00	8,601.38	2.00	177.35	1.00	88.67
5+840.00	264.58	0.00	5,438.80	0.00	97.00	5,275.64	2.00	108.78	1.00	54.39
5+860.00	288.06	0.00	5,526.40	0.00	97.00	5,360.61	2.00	110.53	1.00	55.26
5+870.00	273.30	0.00	2,806.80	0.00	97.00	2,722.60	2.00	56.14	1.00	28.07
5+880.00	261.75	0.00	2,675.25	0.00	97.00	2,594.99	2.00	53.51	1.00	26.75
5+900.00	266.62	0.00	5,283.70	0.00	97.00	5,125.19	2.00	105.67	1.00	52.84
5+920.00	294.47	0.00	5,610.90	0.00	97.00	5,442.57	2.00	112.22	1.00	56.11
5+940.00	289.24	0.00	5,837.10	0.00	97.00	5,661.99	2.00	116.74	1.00	58.37

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES CON PROGRAMA BIM
APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 35"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
5+960.00	323.44	0.00	6,126.80	0.00	97.00	5,943.00	2.00	122.54	1.00	61.27
5+970.00	338.69	0.00	3,310.65	0.00	97.00	3,211.33	2.00	66.21	1.00	33.11
5+980.00	339.14	0.00	3,389.15	0.00	97.00	3,287.48	2.00	67.78	1.00	33.89
5+990.00	333.35	0.00	3,362.45	0.00	97.00	3,261.58	2.00	67.25	1.00	33.62
6+000.00	297.70	0.00	3,155.25	0.00	97.00	3,060.59	2.00	63.11	1.00	31.55
6+010.00	240.55	0.00	2,691.25	0.00	97.00	2,610.51	2.00	53.83	1.00	26.91
6+020.00	138.19	0.00	1,893.70	0.00	97.00	1,836.89	2.00	37.87	1.00	18.94
6+040.00	0.00	0.00	690.95	0.00	97.00	670.22	2.00	13.82	1.00	6.91
6+060.00	18.84	9.42	94.20	47.10	97.00	91.37	2.00	1.88	1.00	0.94
6+080.00	141.51	0.00	1,603.50	47.10	97.00	1,555.40	2.00	32.07	1.00	16.04
6+100.00	212.64	0.00	3,541.50	0.00	97.00	3,435.26	2.00	70.83	1.00	35.42
6+120.00	199.01	0.00	4,116.50	0.00	97.00	3,993.01	2.00	82.33	1.00	41.17
6+140.00	182.10	0.00	3,811.10	0.00	97.00	3,696.77	2.00	76.22	1.00	38.11
6+160.00	122.41	0.00	3,045.10	0.00	97.00	2,953.75	2.00	60.90	1.00	30.45
6+170.00	90.34	0.00	1,063.75	0.00	97.00	1,031.84	2.00	21.28	1.00	10.64
6+180.00	72.53	0.10	814.35	0.25	97.00	789.92	2.00	16.29	1.00	8.14
6+190.00	52.79	0.21	626.60	1.55	97.00	607.80	2.00	12.53	1.00	6.27
6+200.00	34.76	0.39	437.75	3.00	97.00	424.62	2.00	8.76	1.00	4.38
6+210.00	35.49	0.56	351.25	4.75	97.00	340.71	2.00	7.03	1.00	3.51
6+220.00	34.98	0.68	352.35	6.20	97.00	341.78	2.00	7.05	1.00	3.52
6+230.00	39.43	1.35	372.05	10.15	97.00	360.89	2.00	7.44	1.00	3.72
6+240.00	49.64	1.22	445.35	12.85	97.00	431.99	2.00	8.91	1.00	4.45
6+250.00	63.95	0.03	567.95	6.25	97.00	550.91	2.00	11.36	1.00	5.68
6+260.00	85.67	0.00	748.10	0.08	97.00	725.66	2.00	14.96	1.00	7.48
6+280.00	111.77	0.00	1,974.40	0.00	97.00	1,915.17	2.00	39.49	1.00	19.74
6+300.00	123.50	0.00	2,352.70	0.00	97.00	2,282.12	2.00	47.05	1.00	23.53
6+320.00	148.55	0.00	2,720.50	0.00	97.00	2,638.89	2.00	54.41	1.00	27.21
6+340.00	212.97	0.00	3,615.20	0.00	97.00	3,506.74	2.00	72.30	1.00	36.15
6+360.00	232.85	0.00	4,458.20	0.00	97.00	4,324.45	2.00	89.16	1.00	44.58
6+380.00	210.32	0.00	4,431.70	0.00	97.00	4,298.75	2.00	88.63	1.00	44.32
6+400.00	198.12	0.00	4,084.40	0.00	97.00	3,961.87	2.00	81.69	1.00	40.84
6+420.00	171.92	0.00	3,700.40	0.00	97.00	3,589.39	2.00	74.01	1.00	37.00
6+440.00	165.83	0.00	3,377.50	0.00	97.00	3,276.18	2.00	67.55	1.00	33.78
6+460.00	174.48	0.00	3,403.10	0.00	97.00	3,301.01	2.00	68.06	1.00	34.03
6+480.00	206.58	0.00	3,810.60	0.00	97.00	3,696.28	2.00	76.21	1.00	38.11
6+500.00	170.75	0.00	3,773.30	0.00	97.00	3,660.10	2.00	75.47	1.00	37.73
6+520.00	207.82	0.00	3,785.70	0.00	97.00	3,672.13	2.00	75.71	1.00	37.86
6+540.00	221.20	0.00	4,290.20	0.00	97.00	4,161.49	2.00	85.80	1.00	42.90
6+560.00	195.21	0.00	4,164.10	0.00	97.00	4,039.18	2.00	83.28	1.00	41.64
6+580.00	171.21	0.00	3,664.20	0.00	97.00	3,554.27	2.00	73.28	1.00	36.64
6+600.00	198.77	0.00	3,699.80	0.00	97.00	3,588.81	2.00	74.00	1.00	37.00

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES CON PROGRAMA BIM
APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)						
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija		
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen	
X	6+620.00	283.66	0.00	4,824.30	0.00	97.00	4,679.57	2.00	96.49	1.00	48.24
	6+630.00	308.79	0.00	2,962.25	0.00	97.00	2,873.38	2.00	59.25	1.00	29.62
	6+640.00	318.10	0.00	3,134.45	0.00	97.00	3,040.42	2.00	62.69	1.00	31.34
	6+650.00	326.80	0.00	3,224.50	0.00	97.00	3,127.77	2.00	64.49	1.00	32.25
	6+660.00	340.51	0.00	3,336.55	0.00	97.00	3,236.45	2.00	66.73	1.00	33.37
	6+670.00	366.99	0.00	3,537.50	0.00	97.00	3,431.38	2.00	70.75	1.00	35.38
	6+680.00	398.01	0.00	3,825.00	0.00	97.00	3,710.25	2.00	76.50	1.00	38.25
	6+690.00	422.70	0.00	4,103.55	0.00	97.00	3,980.44	2.00	82.07	1.00	41.04
	6+700.00	442.69	0.00	4,326.95	0.00	97.00	4,197.14	2.00	86.54	1.00	43.27
	6+710.00	419.14	0.00	4,309.15	0.00	97.00	4,179.88	2.00	86.18	1.00	43.09
	6+720.00	264.18	0.00	3,416.60	0.00	97.00	3,314.10	2.00	68.33	1.00	34.17
	6+730.00	58.13	7.28	1,611.55	18.20	97.00	1,563.20	2.00	32.23	1.00	16.12
	6+740.00	0.00	0.00	145.33	18.20	97.00	140.97	2.00	2.91	1.00	1.45
	6+760.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
	6+780.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
	6+800.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
	6+820.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
	6+830.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
	6+840.00	83.76	0.00	209.40	0.00	97.00	203.12	2.00	4.19	1.00	2.09
	6+850.00	308.24	0.00	1,960.00	0.00	97.00	1,901.20	2.00	39.20	1.00	19.60
6+860.00	493.51	0.00	4,008.75	0.00	97.00	3,888.49	2.00	80.18	1.00	40.09	
6+880.00	727.17	0.00	12,206.80	0.00	97.00	11,840.60	2.00	244.14	1.00	122.07	
6+900.00	651.79	0.00	13,789.60	0.00	97.00	13,375.91	2.00	275.79	1.00	137.90	
6+920.00	509.15	0.00	11,609.40	0.00	97.00	11,261.12	2.00	232.19	1.00	116.09	
6+940.00	530.96	0.00	10,401.10	0.00	97.00	10,089.07	2.00	208.02	1.00	104.01	
6+950.00	517.29	0.00	5,241.25	0.00	97.00	5,084.01	2.00	104.83	1.00	52.41	
6+960.00	569.11	0.00	5,432.00	0.00	97.00	5,269.04	2.00	108.64	1.00	54.32	
6+980.00	807.79	0.00	13,769.00	0.00	97.00	13,355.93	2.00	275.38	1.00	137.69	
7+000.00	845.90	0.00	16,536.90	0.00	97.00	16,040.79	2.00	330.74	1.00	165.37	
7+020.00	917.20	0.00	17,631.00	0.00	97.00	17,102.07	2.00	352.62	1.00	176.31	
7+040.00	878.38	0.00	17,955.80	0.00	97.00	17,417.13	2.00	359.12	1.00	179.56	
7+060.00	356.25	0.98	12,346.30	4.90	97.00	11,975.91	2.00	246.93	1.00	123.46	
7+080.00	616.75	0.00	9,730.00	4.90	97.00	9,438.10	2.00	194.60	1.00	97.30	
7+100.00	468.76	0.00	10,855.10	0.00	97.00	10,529.45	2.00	217.10	1.00	108.55	
7+110.00	381.28	0.00	4,250.20	0.00	97.00	4,122.69	2.00	85.00	1.00	42.50	
7+120.00	348.68	0.00	3,649.80	0.00	97.00	3,540.31	2.00	73.00	1.00	36.50	
7+130.00	344.79	0.00	3,467.35	0.00	97.00	3,363.33	2.00	69.35	1.00	34.67	
7+140.00	354.92	0.00	3,498.55	0.00	97.00	3,393.59	2.00	69.97	1.00	34.99	
7+160.00	317.46	0.00	6,723.80	0.00	97.00	6,522.09	2.00	134.48	1.00	67.24	
7+180.00	106.24	0.00	4,237.00	0.00	97.00	4,109.89	2.00	84.74	1.00	42.37	
7+200.00	682.33	0.00	7,885.70	0.00	97.00	7,649.13	2.00	157.71	1.00	78.86	

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES CON PROGRAMA BIM
APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
7+210.00	668.67	0.00	6,755.00	0.00	97.00	6,552.35	2.00	135.10	1.00	67.55
7+220.00	476.92	0.00	5,727.95	0.00	97.00	5,556.11	2.00	114.56	1.00	57.28
7+230.00	470.57	0.00	4,737.45	0.00	97.00	4,595.33	2.00	94.75	1.00	47.37
7+240.00	192.55	0.19	3,315.60	0.48	97.00	3,216.13	2.00	66.31	1.00	33.16
7+250.00	195.26	2.05	1,939.05	11.20	97.00	1,880.88	2.00	38.78	1.00	19.39
7+260.00	150.20	0.00	1,727.30	5.13	97.00	1,675.48	2.00	34.55	1.00	17.27
7+280.00	342.79	0.00	4,929.90	0.00	97.00	4,782.00	2.00	98.60	1.00	49.30
7+300.00	962.31	0.00	13,051.00	0.00	97.00	12,659.47	2.00	261.02	1.00	130.51
7+320.00	962.26	0.00	19,245.70	0.00	97.00	18,668.33	2.00	384.91	1.00	192.46
7+340.00	762.79	0.00	17,250.50	0.00	97.00	16,732.99	2.00	345.01	1.00	172.51
7+360.00	604.14	0.00	13,669.30	0.00	97.00	13,259.22	2.00	273.39	1.00	136.69
7+380.00	201.29	18.31	8,054.30	91.55	97.00	7,812.67	2.00	161.09	1.00	80.54
7+400.00	97.19	19.70	2,984.80	380.10	97.00	2,895.26	2.00	59.70	1.00	29.85
7+420.00	0.00	0.00	485.95	98.50	97.00	471.37	2.00	9.72	1.00	4.86
7+430.00	135.90	0.00	339.75	0.00	97.00	329.56	2.00	6.80	1.00	3.40
7+440.00	653.40	0.00	3,946.50	0.00	97.00	3,828.11	2.00	78.93	1.00	39.47
7+450.00	902.13	0.00	7,777.65	0.00	97.00	7,544.32	2.00	155.55	1.00	77.78
7+460.00	1,130.05	0.00	10,160.90	0.00	97.00	9,856.07	2.00	203.22	1.00	101.61
7+470.00	1,304.01	0.00	12,170.30	0.00	97.00	11,805.19	2.00	243.41	1.00	121.70
7+480.00	1,400.22	0.00	13,521.15	0.00	97.00	13,115.52	2.00	270.42	1.00	135.21
7+490.00	1,473.70	0.00	14,369.60	0.00	97.00	13,938.51	2.00	287.39	1.00	143.70
7+500.00	1,540.85	0.00	15,072.75	0.00	97.00	14,620.57	2.00	301.46	1.00	150.73
7+520.00	1,639.75	0.00	31,806.00	0.00	97.00	30,851.82	2.00	636.12	1.00	318.06
7+540.00	1,154.12	0.00	27,938.70	0.00	97.00	27,100.54	2.00	558.77	1.00	279.39
7+560.00	1,261.67	0.00	24,157.90	0.00	97.00	23,433.16	2.00	483.16	1.00	241.58
7+580.00	1,224.73	0.00	24,864.00	0.00	97.00	24,118.08	2.00	497.28	1.00	248.64
7+590.00	967.39	0.00	10,960.60	0.00	97.00	10,631.78	2.00	219.21	1.00	109.61
7+600.00	768.90	0.00	8,681.45	0.00	97.00	8,421.01	2.00	173.63	1.00	86.81
7+610.00	609.64	0.00	6,892.70	0.00	97.00	6,685.92	2.00	137.85	1.00	68.93
7+620.00	495.46	0.00	5,525.50	0.00	97.00	5,359.74	2.00	110.51	1.00	55.26
7+630.00	418.28	0.00	4,568.70	0.00	97.00	4,431.64	2.00	91.37	1.00	45.69
7+640.00	341.70	0.00	3,799.90	0.00	97.00	3,685.90	2.00	76.00	1.00	38.00
7+650.00	293.19	0.00	3,174.45	0.00	97.00	3,079.22	2.00	63.49	1.00	31.74
7+660.00	245.68	0.97	2,694.35	2.43	97.00	2,613.52	2.00	53.89	1.00	26.94
7+670.00	225.72	3.59	2,357.00	22.80	97.00	2,286.29	2.00	47.14	1.00	23.57
7+680.00	188.24	5.21	2,069.80	44.00	97.00	2,007.71	2.00	41.40	1.00	20.70
7+690.00	181.01	4.03	1,846.25	46.20	97.00	1,790.86	2.00	36.93	1.00	18.46
7+700.00	213.76	1.19	1,973.85	26.10	97.00	1,914.63	2.00	39.48	1.00	19.74
7+720.00	235.21	0.00	4,489.70	5.95	97.00	4,355.01	2.00	89.79	1.00	44.90
7+740.00	213.77	0.00	4,489.80	0.00	97.00	4,355.11	2.00	89.80	1.00	44.90
7+760.00	194.73	0.00	4,085.00	0.00	97.00	3,962.45	2.00	81.70	1.00	40.85

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES CON PROGRAMA BIM
APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
7+780.00	238.85	0.00	4,335.80	0.00	97.00	4,205.73	2.00	86.72	1.00	43.36
7+800.00	254.53	0.00	4,933.80	0.00	97.00	4,785.79	2.00	98.68	1.00	49.34
7+820.00	245.33	0.00	4,998.60	0.00	97.00	4,848.64	2.00	99.97	1.00	49.99
7+840.00	277.71	0.00	5,230.40	0.00	97.00	5,073.49	2.00	104.61	1.00	52.30
7+860.00	265.64	0.00	5,433.50	0.00	97.00	5,270.50	2.00	108.67	1.00	54.34
7+880.00	163.49	0.00	4,291.30	0.00	97.00	4,162.56	2.00	85.83	1.00	42.91
7+900.00	215.83	0.00	3,793.20	0.00	97.00	3,679.40	2.00	75.86	1.00	37.93
7+920.00	241.57	0.00	4,574.00	0.00	97.00	4,436.78	2.00	91.48	1.00	45.74
7+940.00	249.73	0.00	4,913.00	0.00	97.00	4,765.61	2.00	98.26	1.00	49.13
7+960.00	245.15	0.00	4,948.80	0.00	97.00	4,800.34	2.00	98.98	1.00	49.49
7+980.00	193.10	0.00	4,382.50	0.00	97.00	4,251.03	2.00	87.65	1.00	43.83
8+000.00	156.36	0.00	3,494.60	0.00	97.00	3,389.76	2.00	69.89	1.00	34.95
8+020.00	116.05	0.00	2,724.10	0.00	97.00	2,642.38	2.00	54.48	1.00	27.24
8+040.00	69.95	0.00	1,860.00	0.00	97.00	1,804.20	2.00	37.20	1.00	18.60
8+060.00	54.04	0.00	1,239.90	0.00	97.00	1,202.70	2.00	24.80	1.00	12.40
8+080.00	51.01	0.00	1,050.50	0.00	97.00	1,018.99	2.00	21.01	1.00	10.51
8+100.00	91.70	0.00	1,427.10	0.00	97.00	1,384.29	2.00	28.54	1.00	14.27
8+120.00	132.76	0.00	2,244.60	0.00	97.00	2,177.26	2.00	44.89	1.00	22.45
8+130.00	137.25	0.00	1,350.05	0.00	97.00	1,309.55	2.00	27.00	1.00	13.50
8+140.00	130.55	0.00	1,339.00	0.00	97.00	1,298.83	2.00	26.78	1.00	13.39
8+150.00	112.26	0.00	1,214.05	0.00	97.00	1,177.63	2.00	24.28	1.00	12.14
8+160.00	125.57	0.00	1,189.15	0.00	97.00	1,153.48	2.00	23.78	1.00	11.89
8+170.00	124.21	0.00	1,248.90	0.00	97.00	1,211.43	2.00	24.98	1.00	12.49
8+180.00	120.22	0.00	1,222.15	0.00	97.00	1,185.49	2.00	24.44	1.00	12.22
8+190.00	122.84	0.00	1,215.30	0.00	97.00	1,178.84	2.00	24.31	1.00	12.15
8+200.00	118.73	0.00	1,207.85	0.00	97.00	1,171.61	2.00	24.16	1.00	12.08
8+220.00	114.18	0.00	2,329.10	0.00	97.00	2,259.23	2.00	46.58	1.00	23.29
8+240.00	99.20	0.00	2,133.80	0.00	97.00	2,069.79	2.00	42.68	1.00	21.34
8+260.00	131.54	0.00	2,307.40	0.00	97.00	2,238.18	2.00	46.15	1.00	23.07
8+280.00	156.37	0.00	2,879.10	0.00	97.00	2,792.73	2.00	57.58	1.00	28.79
8+290.00	153.15	0.00	1,547.60	0.00	97.00	1,501.17	2.00	30.95	1.00	15.48
8+300.00	164.25	0.00	1,587.00	0.00	97.00	1,539.39	2.00	31.74	1.00	15.87
8+310.00	173.48	0.00	1,688.65	0.00	97.00	1,637.99	2.00	33.77	1.00	16.89
8+320.00	185.38	0.00	1,794.30	0.00	97.00	1,740.47	2.00	35.89	1.00	17.94
8+330.00	176.26	0.00	1,808.20	0.00	97.00	1,753.95	2.00	36.16	1.00	18.08
8+340.00	154.32	0.00	1,652.90	0.00	97.00	1,603.31	2.00	33.06	1.00	16.53
8+350.00	131.40	0.00	1,428.60	0.00	97.00	1,385.74	2.00	28.57	1.00	14.29
8+360.00	99.76	0.00	1,155.80	0.00	97.00	1,121.13	2.00	23.12	1.00	11.56
8+370.00	81.00	0.00	903.80	0.00	97.00	876.69	2.00	18.08	1.00	9.04
8+380.00	74.13	0.00	775.65	0.00	97.00	752.38	2.00	15.51	1.00	7.76
8+390.00	73.45	0.00	737.90	0.00	97.00	715.76	2.00	14.76	1.00	7.38

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES CON PROGRAMA BIM
APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
8+400.00	90.09	0.00	817.70	0.00	97.00	793.17	2.00	16.35	1.00	8.18
8+410.00	112.37	0.00	1,012.30	0.00	97.00	981.93	2.00	20.25	1.00	10.12
8+420.00	135.97	0.00	1,241.70	0.00	97.00	1,204.45	2.00	24.83	1.00	12.42
8+440.00	177.05	0.00	3,130.20	0.00	97.00	3,036.29	2.00	62.60	1.00	31.30
8+460.00	229.60	0.00	4,066.50	0.00	97.00	3,944.51	2.00	81.33	1.00	40.67
8+480.00	292.52	0.00	5,221.20	0.00	97.00	5,064.56	2.00	104.42	1.00	52.21
8+500.00	389.28	0.00	6,818.00	0.00	97.00	6,613.46	2.00	136.36	1.00	68.18
8+520.00	506.53	0.00	8,958.10	0.00	97.00	8,689.36	2.00	179.16	1.00	89.58
8+530.00	566.61	0.00	5,365.70	0.00	97.00	5,204.73	2.00	107.31	1.00	53.66
8+540.00	635.27	0.00	6,009.40	0.00	97.00	5,829.12	2.00	120.19	1.00	60.09
8+550.00	694.82	0.00	6,650.45	0.00	97.00	6,450.94	2.00	133.01	1.00	66.50
8+560.00	767.32	0.00	7,310.70	0.00	97.00	7,091.38	2.00	146.21	1.00	73.11
8+570.00	810.90	0.00	7,891.10	0.00	97.00	7,654.37	2.00	157.82	1.00	78.91
8+580.00	925.72	0.00	8,683.10	0.00	97.00	8,422.61	2.00	173.66	1.00	86.83
8+590.00	947.00	0.00	9,363.60	0.00	97.00	9,082.69	2.00	187.27	1.00	93.64
8+600.00	990.34	0.00	9,686.70	0.00	97.00	9,396.10	2.00	193.73	1.00	96.87
8+610.00	1,027.50	0.00	10,089.20	0.00	97.00	9,786.52	2.00	201.78	1.00	100.89
8+620.00	1,047.39	0.00	10,374.45	0.00	97.00	10,063.22	2.00	207.49	1.00	103.74
8+630.00	1,068.27	0.00	10,578.30	0.00	97.00	10,260.95	2.00	211.57	1.00	105.78
8+640.00	1,078.30	0.00	10,732.85	0.00	97.00	10,410.86	2.00	214.66	1.00	107.33
8+660.00	1,106.14	0.00	21,844.40	0.00	97.00	21,189.07	2.00	436.89	1.00	218.44
8+680.00	1,157.45	0.00	22,635.90	0.00	97.00	21,956.82	2.00	452.72	1.00	226.36
8+700.00	1,102.03	0.00	22,594.80	0.00	97.00	21,916.96	2.00	451.90	1.00	225.95
8+720.00	1,216.02	0.00	23,180.50	0.00	97.00	22,485.09	2.00	463.61	1.00	231.81
8+730.00	1,290.17	0.00	12,530.95	0.00	97.00	12,155.02	2.00	250.62	1.00	125.31
8+740.00	1,319.83	0.00	13,050.00	0.00	97.00	12,658.50	2.00	261.00	1.00	130.50
8+750.00	1,361.30	0.00	13,405.65	0.00	97.00	13,003.48	2.00	268.11	1.00	134.06
8+760.00	1,369.49	0.00	13,653.95	0.00	97.00	13,244.33	2.00	273.08	1.00	136.54
8+770.00	1,403.44	0.00	13,864.65	0.00	97.00	13,448.71	2.00	277.29	1.00	138.65
8+780.00	1,077.07	0.00	12,402.55	0.00	97.00	12,030.47	2.00	248.05	1.00	124.03
8+790.00	1,161.91	0.00	11,194.90	0.00	97.00	10,859.05	2.00	223.90	1.00	111.95
8+800.00	1,128.53	0.00	11,452.20	0.00	97.00	11,108.63	2.00	229.04	1.00	114.52
8+810.00	1,124.87	0.00	11,267.00	0.00	97.00	10,928.99	2.00	225.34	1.00	112.67
8+820.00	1,125.54	0.00	11,252.05	0.00	97.00	10,914.49	2.00	225.04	1.00	112.52
8+840.00	1,005.21	0.00	21,307.50	0.00	97.00	20,668.28	2.00	426.15	1.00	213.08
8+860.00	1,111.24	0.00	21,164.50	0.00	97.00	20,529.57	2.00	423.29	1.00	211.65
8+880.00	1,210.89	0.00	23,221.30	0.00	97.00	22,524.66	2.00	464.43	1.00	232.21
8+900.00	1,332.46	0.00	25,433.50	0.00	97.00	24,670.50	2.00	508.67	1.00	254.34
8+910.00	1,415.38	0.00	13,739.20	0.00	97.00	13,327.02	2.00	274.78	1.00	137.39
8+920.00	1,537.24	0.00	14,763.10	0.00	97.00	14,320.21	2.00	295.26	1.00	147.63
8+930.00	1,576.08	0.00	15,566.60	0.00	97.00	15,099.60	2.00	311.33	1.00	155.67

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES CON PROGRAMA BIM
APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
8+940.00	1,609.66	0.00	15,928.70	0.00	97.00	15,450.84	2.00	318.57	1.00	159.29
8+950.00	1,654.66	0.00	16,321.60	0.00	97.00	15,831.95	2.00	326.43	1.00	163.22
8+960.00	1,656.03	0.00	16,553.45	0.00	97.00	16,056.85	2.00	331.07	1.00	165.53
8+970.00	1,675.25	0.00	16,656.40	0.00	97.00	16,156.71	2.00	333.13	1.00	166.56
8+980.00	1,623.32	0.00	16,492.85	0.00	97.00	15,998.06	2.00	329.86	1.00	164.93
9+000.00	1,119.18	0.00	27,425.00	0.00	97.00	26,602.25	2.00	548.50	1.00	274.25
9+020.00	1,129.96	0.00	22,491.40	0.00	97.00	21,816.66	2.00	449.83	1.00	224.91
9+040.00	1,197.90	0.00	23,278.60	0.00	97.00	22,580.24	2.00	465.57	1.00	232.79
9+060.00	1,257.58	0.00	24,554.80	0.00	97.00	23,818.16	2.00	491.10	1.00	245.55
9+080.00	1,358.90	0.00	26,164.80	0.00	97.00	25,379.86	2.00	523.30	1.00	261.65
9+100.00	1,488.94	0.00	28,478.40	0.00	97.00	27,624.05	2.00	569.57	1.00	284.78
9+120.00	1,634.63	0.00	31,235.70	0.00	97.00	30,298.63	2.00	624.71	1.00	312.36
9+140.00	1,636.21	0.00	32,708.40	0.00	97.00	31,727.15	2.00	654.17	1.00	327.08
9+150.00	1,577.32	0.00	16,067.65	0.00	97.00	15,585.62	2.00	321.35	1.00	160.68
9+160.00	1,197.61	0.00	13,874.65	0.00	97.00	13,458.41	2.00	277.49	1.00	138.75
9+170.00	1,238.78	0.00	12,181.95	0.00	97.00	11,816.49	2.00	243.64	1.00	121.82
9+180.00	1,277.94	0.00	12,583.60	0.00	97.00	12,206.09	2.00	251.67	1.00	125.84
9+200.00	1,289.69	0.00	25,676.30	0.00	97.00	24,906.01	2.00	513.53	1.00	256.76
9+220.00	1,312.01	0.00	26,017.00	0.00	97.00	25,236.49	2.00	520.34	1.00	260.17
9+240.00	1,372.59	0.00	26,846.00	0.00	97.00	26,040.62	2.00	536.92	1.00	268.46
9+260.00	1,457.33	0.00	28,299.20	0.00	97.00	27,450.22	2.00	565.98	1.00	282.99
9+270.00	1,428.33	0.00	14,428.30	0.00	97.00	13,995.45	2.00	288.57	1.00	144.28
9+280.00	1,453.86	0.00	14,410.95	0.00	97.00	13,978.62	2.00	288.22	1.00	144.11
9+290.00	1,535.45	0.00	14,946.55	0.00	97.00	14,498.15	2.00	298.93	1.00	149.47
9+300.00	1,554.24	0.00	15,448.45	0.00	97.00	14,985.00	2.00	308.97	1.00	154.48
9+310.00	1,594.63	0.00	15,744.35	0.00	97.00	15,272.02	2.00	314.89	1.00	157.44
9+320.00	1,568.68	0.00	15,816.55	0.00	97.00	15,342.05	2.00	316.33	1.00	158.17
9+330.00	1,326.24	0.00	14,474.60	0.00	97.00	14,040.36	2.00	289.49	1.00	144.75
9+340.00	1,377.08	0.00	13,516.60	0.00	97.00	13,111.10	2.00	270.33	1.00	135.17
9+350.00	1,426.88	0.00	14,019.80	0.00	97.00	13,599.21	2.00	280.40	1.00	140.20
9+360.00	1,475.33	0.00	14,511.05	0.00	97.00	14,075.72	2.00	290.22	1.00	145.11
9+370.00	1,527.72	0.00	15,015.25	0.00	97.00	14,564.79	2.00	300.31	1.00	150.15
9+380.00	1,574.34	0.00	15,510.30	0.00	97.00	15,044.99	2.00	310.21	1.00	155.10
9+400.00	1,659.00	0.00	32,333.40	0.00	97.00	31,363.40	2.00	646.67	1.00	323.33
9+420.00	2,162.73	0.00	38,217.30	0.00	97.00	37,070.78	2.00	764.35	1.00	382.17
9+440.00	2,257.74	0.00	44,204.70	0.00	97.00	42,878.56	2.00	884.09	1.00	442.05
9+450.00	2,305.67	0.00	22,817.05	0.00	97.00	22,132.54	2.00	456.34	1.00	228.17
9+460.00	2,317.74	0.00	23,117.05	0.00	97.00	22,423.54	2.00	462.34	1.00	231.17
9+470.00	1,736.09	0.00	20,269.15	0.00	97.00	19,661.08	2.00	405.38	1.00	202.69
9+480.00	1,929.17	0.00	18,326.30	0.00	97.00	17,776.51	2.00	366.53	1.00	183.26
9+500.00	1,011.97	0.00	29,411.40	0.00	97.00	28,529.06	2.00	588.23	1.00	294.11

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES CON PROGRAMA BIM
APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
9+520.00	728.48	0.00	17,404.50	0.00	97.00	16,882.37	2.00	348.09	1.00	174.05
9+540.00	11.27	16.31	7,397.50	81.55	97.00	7,175.58	2.00	147.95	1.00	73.98
9+560.00	3.10	32.45	143.70	487.60	97.00	139.39	2.00	2.87	1.00	1.44
9+570.00	3.75	37.33	34.25	348.90	97.00	33.22	2.00	0.69	1.00	0.34
9+580.00	3.92	39.98	38.35	386.55	97.00	37.20	2.00	0.77	1.00	0.38
9+590.00	6.13	25.71	50.25	328.45	97.00	48.74	2.00	1.01	1.00	0.50
9+600.00	24.52	10.32	153.25	180.15	97.00	148.65	2.00	3.07	1.00	1.53
9+620.00	104.10	0.42	1,286.20	107.40	97.00	1,247.61	2.00	25.72	1.00	12.86
9+640.00	191.56	0.00	2,956.60	2.10	97.00	2,867.90	2.00	59.13	1.00	29.57
9+660.00	277.24	0.00	4,688.00	0.00	97.00	4,547.36	2.00	93.76	1.00	46.88
9+680.00	173.99	0.00	4,512.30	0.00	97.00	4,376.93	2.00	90.25	1.00	45.12
9+700.00	195.67	0.00	3,696.60	0.00	97.00	3,585.70	2.00	73.93	1.00	36.97
9+720.00	54.77	1.39	2,504.40	6.95	97.00	2,429.27	2.00	50.09	1.00	25.04
9+740.00	90.05	0.42	1,448.20	18.10	97.00	1,404.75	2.00	28.96	1.00	14.48
9+750.00	57.39	0.33	737.20	3.75	97.00	715.08	2.00	14.74	1.00	7.37
9+760.00	24.22	5.02	408.05	26.75	97.00	395.81	2.00	8.16	1.00	4.08
9+770.00	0.31	37.69	122.65	213.55	97.00	118.97	2.00	2.45	1.00	1.23
9+780.00	0.00	43.97	0.78	408.30	97.00	0.75	2.00	0.02	1.00	0.01
9+790.00	24.74	2.69	61.85	233.30	97.00	59.99	2.00	1.24	1.00	0.62
9+800.00	181.48	1.08	1,031.10	18.85	97.00	1,000.17	2.00	20.62	1.00	10.31
9+820.00	289.37	0.00	4,708.50	5.40	97.00	4,567.25	2.00	94.17	1.00	47.09
9+840.00	8.15	60.56	2,975.20	302.80	97.00	2,885.94	2.00	59.50	1.00	29.75
9+860.00	11.04	0.00	191.90	302.80	97.00	186.14	2.00	3.84	1.00	1.92
9+870.00	154.53	0.00	827.85	0.00	97.00	803.01	2.00	16.56	1.00	8.28
9+880.00	360.45	0.00	2,574.90	0.00	97.00	2,497.65	2.00	51.50	1.00	25.75
9+890.00	482.29	0.00	4,213.70	0.00	97.00	4,087.29	2.00	84.27	1.00	42.14
9+900.00	620.50	0.00	5,513.95	0.00	97.00	5,348.53	2.00	110.28	1.00	55.14
9+910.00	662.85	0.00	6,416.75	0.00	97.00	6,224.25	2.00	128.34	1.00	64.17
9+920.00	691.06	0.00	6,769.55	0.00	97.00	6,566.46	2.00	135.39	1.00	67.70
9+930.00	698.22	0.00	6,946.40	0.00	97.00	6,738.01	2.00	138.93	1.00	69.46
9+940.00	699.12	0.00	6,986.70	0.00	97.00	6,777.10	2.00	139.73	1.00	69.87
9+950.00	706.34	0.00	7,027.30	0.00	97.00	6,816.48	2.00	140.55	1.00	70.27
9+960.00	739.56	0.00	7,229.50	0.00	97.00	7,012.62	2.00	144.59	1.00	72.30
9+970.00	774.30	0.00	7,569.30	0.00	97.00	7,342.22	2.00	151.39	1.00	75.69
9+980.00	779.58	0.00	7,769.40	0.00	97.00	7,536.32	2.00	155.39	1.00	77.69
10+000.00	827.37	0.00	16,069.50	0.00	97.00	15,587.42	2.00	321.39	1.00	160.70
10+020.00	850.09	0.00	16,774.60	0.00	97.00	16,271.36	2.00	335.49	1.00	167.75
10+040.00	861.74	0.00	17,118.30	0.00	97.00	16,604.75	2.00	342.37	1.00	171.18
10+060.00	810.32	0.00	16,720.60	0.00	97.00	16,218.98	2.00	334.41	1.00	167.21
10+070.00	812.06	0.00	8,111.90	0.00	97.00	7,868.54	2.00	162.24	1.00	81.12
10+080.00	787.10	0.00	7,995.80	0.00	97.00	7,755.93	2.00	159.92	1.00	79.96

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES CON PROGRAMA BIM
APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
10+090.00	749.93	0.00	7,685.15	0.00	97.00	7,454.60	2.00	153.70	1.00	76.85
10+100.00	732.59	0.00	7,412.60	0.00	97.00	7,190.22	2.00	148.25	1.00	74.13
10+110.00	691.63	0.00	7,121.10	0.00	97.00	6,907.47	2.00	142.42	1.00	71.21
10+120.00	651.80	0.00	6,717.15	0.00	97.00	6,515.64	2.00	134.34	1.00	67.17
10+130.00	612.61	0.00	6,322.05	0.00	97.00	6,132.39	2.00	126.44	1.00	63.22
10+140.00	631.47	0.00	6,220.40	0.00	97.00	6,033.79	2.00	124.41	1.00	62.20
10+150.00	581.05	0.00	6,062.60	0.00	97.00	5,880.72	2.00	121.25	1.00	60.63
10+160.00	508.25	0.00	5,446.50	0.00	97.00	5,283.11	2.00	108.93	1.00	54.47
10+170.00	538.05	0.00	5,231.50	0.00	97.00	5,074.56	2.00	104.63	1.00	52.32
10+180.00	438.56	0.00	4,883.05	0.00	97.00	4,736.56	2.00	97.66	1.00	48.83
10+190.00	391.37	0.00	4,149.65	0.00	97.00	4,025.16	2.00	82.99	1.00	41.50
10+200.00	302.68	0.00	3,470.25	0.00	97.00	3,366.14	2.00	69.41	1.00	34.70
10+220.00	243.37	0.00	5,460.50	0.00	97.00	5,296.69	2.00	109.21	1.00	54.61
10+240.00	172.93	0.00	4,163.00	0.00	97.00	4,038.11	2.00	83.26	1.00	41.63
10+260.00	183.50	0.00	3,564.30	0.00	97.00	3,457.37	2.00	71.29	1.00	35.64
10+280.00	181.91	0.00	3,654.10	0.00	97.00	3,544.48	2.00	73.08	1.00	36.54
10+300.00	92.41	0.00	2,743.20	0.00	97.00	2,660.90	2.00	54.86	1.00	27.43
10+320.00	74.51	0.00	1,669.20	0.00	97.00	1,619.12	2.00	33.38	1.00	16.69
10+340.00	58.23	0.00	1,327.40	0.00	97.00	1,287.58	2.00	26.55	1.00	13.27
10+360.00	57.83	0.00	1,160.60	0.00	97.00	1,125.78	2.00	23.21	1.00	11.61
10+380.00	47.00	0.00	1,048.30	0.00	97.00	1,016.85	2.00	20.97	1.00	10.48
10+400.00	0.00	0.00	235.00	0.00	97.00	227.95	2.00	4.70	1.00	2.35
10+420.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
10+440.00	29.56	0.00	147.80	0.00	97.00	143.37	2.00	2.96	1.00	1.48
10+460.00	312.99	0.00	3,425.50	0.00	97.00	3,322.74	2.00	68.51	1.00	34.26
10+480.00	461.15	0.00	7,741.40	0.00	97.00	7,509.16	2.00	154.83	1.00	77.41
10+500.00	520.47	0.00	9,816.20	0.00	97.00	9,521.71	2.00	196.32	1.00	98.16
10+520.00	516.31	0.00	10,367.80	0.00	97.00	10,056.77	2.00	207.36	1.00	103.68
10+530.00	490.33	0.00	5,033.20	0.00	97.00	4,882.20	2.00	100.66	1.00	50.33
10+540.00	473.44	0.00	4,818.85	0.00	97.00	4,674.28	2.00	96.38	1.00	48.19
10+550.00	447.72	0.00	4,805.80	0.00	97.00	4,467.63	2.00	92.12	1.00	46.06
10+560.00	406.77	0.00	4,272.45	0.00	97.00	4,144.28	2.00	85.45	1.00	42.72
10+570.00	383.45	0.00	3,951.10	0.00	97.00	3,832.57	2.00	79.02	1.00	39.51
10+580.00	403.69	0.00	3,935.70	0.00	97.00	3,817.63	2.00	78.71	1.00	39.36
10+590.00	410.65	0.00	4,071.70	0.00	97.00	3,949.55	2.00	81.43	1.00	40.72
10+600.00	408.05	0.00	4,093.50	0.00	97.00	3,970.70	2.00	81.87	1.00	40.94
10+610.00	393.19	0.00	4,006.20	0.00	97.00	3,886.01	2.00	80.12	1.00	40.06
10+620.00	382.97	0.00	3,880.80	0.00	97.00	3,764.38	2.00	77.62	1.00	38.81
10+630.00	360.54	0.00	3,717.55	0.00	97.00	3,606.02	2.00	74.35	1.00	37.18
10+640.00	338.09	0.00	3,493.15	0.00	97.00	3,388.36	2.00	69.86	1.00	34.93
10+650.00	328.21	0.00	3,331.50	0.00	97.00	3,231.56	2.00	66.63	1.00	33.32

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CIRCULARES CON PROGRAMA BIM
APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
10+660.00	304.89	0.00	3,165.50	0.00	97.00	3,070.54	2.00	63.31	1.00	31.66
10+670.00	283.00	0.00	2,939.45	0.00	97.00	2,851.27	2.00	58.79	1.00	29.39
10+680.00	253.68	0.00	2,683.40	0.00	97.00	2,602.90	2.00	53.67	1.00	26.83
10+690.00	246.97	0.00	2,503.25	0.00	97.00	2,428.15	2.00	50.07	1.00	25.03
10+700.00	236.35	0.00	2,416.60	0.00	97.00	2,344.10	2.00	48.33	1.00	24.17
10+710.00	212.75	0.00	2,245.50	0.00	97.00	2,178.14	2.00	44.91	1.00	22.46
10+720.00	197.96	0.00	2,053.55	0.00	97.00	1,991.94	2.00	41.07	1.00	20.54
10+740.00	176.95	0.00	3,749.10	0.00	97.00	3,636.63	2.00	74.98	1.00	37.49
10+760.00	147.51	0.00	3,244.60	0.00	97.00	3,147.26	2.00	64.89	1.00	32.45
10+780.00	105.92	0.00	2,534.30	0.00	97.00	2,458.27	2.00	50.69	1.00	25.34
10+800.00	83.58	0.00	1,895.00	0.00	97.00	1,838.15	2.00	37.90	1.00	18.95
10+820.00	68.28	0.00	1,518.60	0.00	97.00	1,473.04	2.00	30.37	1.00	15.19
10+840.00	46.36	0.00	1,146.40	0.00	97.00	1,112.01	2.00	22.93	1.00	11.46
10+860.00	49.12	0.00	954.80	0.00	97.00	926.16	2.00	19.10	1.00	9.55
10+880.00	45.09	0.00	942.10	0.00	97.00	913.84	2.00	18.84	1.00	9.42
10+900.00	37.69	0.00	827.80	0.00	97.00	802.97	2.00	16.56	1.00	8.28
10+920.00	44.00	0.00	816.90	0.00	97.00	792.39	2.00	16.34	1.00	8.17
10+940.00	45.28	0.00	892.80	0.00	97.00	866.02	2.00	17.86	1.00	8.93
10+960.00	33.83	0.00	791.10	0.00	97.00	767.37	2.00	15.82	1.00	7.91
10+980.00	18.24	0.00	520.70	0.00	97.00	505.08	2.00	10.41	1.00	5.21
10+990.00	17.99	0.00	181.15	0.00	97.00	175.72	2.00	3.62	1.00	1.81
10+992.17	18.05	0.00	39.10	0.00	97.00	37.93	2.00	0.78	1.00	0.39
TOTAL			4,332,449.10	8,859.78		4,202,475.63		86,648.98		43,324.49

Parte II

MOVIMIENTO DE TIERRAS: CURVAS CLOTOIDES

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
0+0.00	14.99	0.00			97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
0+010.00	38.03	0.00	265.10	0.00	97.00	257.15	2.00	5.30	1.00	2.65
0+020.00	93.07	0.00	655.50	0.00	97.00	635.84	2.00	13.11	1.00	6.56
0+030.00	116.01	0.00	1,045.40	0.00	97.00	1,014.04	2.00	20.91	1.00	10.45
0+040.00	97.88	0.00	1,069.45	0.00	97.00	1,037.37	2.00	21.39	1.00	10.69
0+050.00	36.83	0.00	673.55	0.00	97.00	653.34	2.00	13.47	1.00	6.74
0+060.00	0.00	0.00	92.08	0.00	97.00	89.31	2.00	1.84	1.00	0.92
0+070.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
0+080.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
0+090.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
0+100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
0+110.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
0+120.00	16.04	0.24	40.10	0.60	97.00	38.90	2.00	0.80	1.00	0.40
0+130.00	24.71	0.00	203.75	0.60	97.00	197.64	2.00	4.08	1.00	2.04
0+140.00	55.34	0.00	400.25	0.00	97.00	388.24	2.00	8.01	1.00	4.00
0+150.00	104.89	0.00	801.15	0.00	97.00	777.12	2.00	16.02	1.00	8.01
0+160.00	296.33	0.00	2,006.10	0.00	97.00	1,945.92	2.00	40.12	1.00	20.06
0+170.00	314.65	0.00	3,054.90	0.00	97.00	2,963.25	2.00	61.10	1.00	30.55
0+180.00	177.43	0.00	2,460.40	0.00	97.00	2,386.59	2.00	49.21	1.00	24.60
0+190.00	147.60	0.00	1,625.15	0.00	97.00	1,576.40	2.00	32.50	1.00	16.25
0+200.00	142.68	0.00	1,451.40	0.00	97.00	1,407.86	2.00	29.03	1.00	14.51
0+210.00	133.32	0.00	1,380.00	0.00	97.00	1,338.60	2.00	27.60	1.00	13.80
0+220.00	93.87	0.00	1,135.95	0.00	97.00	1,101.87	2.00	22.72	1.00	11.36
0+230.00	53.40	0.00	736.35	0.00	97.00	714.26	2.00	14.73	1.00	7.36
0+240.00	15.54	0.00	344.70	0.00	97.00	334.36	2.00	6.89	1.00	3.45
0+250.00	0.00	0.00	38.85	0.00	97.00	37.68	2.00	0.78	1.00	0.39
0+260.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
0+270.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
0+280.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
0+290.00	33.22	0.00	83.05	0.00	97.00	80.56	2.00	1.66	1.00	0.83
0+300.00	102.38	0.00	678.00	0.00	97.00	657.66	2.00	13.56	1.00	6.78
0+310.00	162.99	0.00	1,326.85	0.00	97.00	1,287.04	2.00	26.54	1.00	13.27
0+320.00	117.95	0.00	678.00	0.00	97.00	657.66	2.00	13.56	1.00	6.78
0+340.00	67.05	0.00	2,653.70	0.00	97.00	2,574.09	2.00	53.07	1.00	26.54
0+360.00	86.88	0.00	2,809.40	0.00	97.00	2,725.12	2.00	56.19	1.00	28.09
0+380.00	14.53	4.04	1,850.00	0.00	97.00	1,794.50	2.00	37.00	1.00	18.50
0+400.00	82.68	0.00	1,539.30	0.00	97.00	1,493.12	2.00	30.79	1.00	15.39
0+420.00	122.30	0.00	1,014.10	20.20	97.00	983.68	2.00	20.28	1.00	10.14
0+440.00	125.33	0.00	972.10	20.20	97.00	942.94	2.00	19.44	1.00	9.72
0+460.00	72.00	0.00	2,049.80	0.00	97.00	1,988.31	2.00	41.00	1.00	20.50
0+480.00	73.10	0.00	2,476.30	0.00	97.00	2,402.01	2.00	49.53	1.00	24.76
0+500.00	29.88	0.00	1,973.30	0.00	97.00	1,914.10	2.00	39.47	1.00	19.73

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
0+520.00	31.97	0.04	1,451.00	0.00	97.00	1,407.47	2.00	29.02	1.00	14.51
0+540.00	139.92	0.00	1,029.80	0.00	97.00	998.91	2.00	20.60	1.00	10.30
0+560.00	79.08	0.00	618.50	0.20	97.00	599.95	2.00	12.37	1.00	6.19
0+570.00	56.47	1.02	859.45	0.10	97.00	833.67	2.00	17.19	1.00	8.59
0+580.00	43.19	3.88	1,095.00	0.00	97.00	1,062.15	2.00	21.90	1.00	10.95
0+590.00	54.37	1.82	677.75	2.55	97.00	657.42	2.00	13.56	1.00	6.78
0+600.00	123.61	0.32	498.30	24.50	97.00	483.35	2.00	9.97	1.00	4.98
0+610.00	120.54	0.31	487.80	28.50	97.00	473.17	2.00	9.76	1.00	4.88
0+620.00	123.95	0.00	889.90	10.70	97.00	863.20	2.00	17.80	1.00	8.90
0+630.00	198.80	0.00	1,220.75	3.15	97.00	1,184.13	2.00	24.42	1.00	12.21
0+640.00	230.82	0.00	1,222.45	0.78	97.00	1,185.78	2.00	24.45	1.00	12.22
0+650.00	190.61	0.00	1,613.75	0.00	97.00	1,565.34	2.00	32.28	1.00	16.14
0+660.00	127.05	1.02	2,148.10	0.00	97.00	2,083.66	2.00	42.96	1.00	21.48
0+670.00	26.93	2.97	2,107.15	0.00	97.00	2,043.94	2.00	42.14	1.00	21.07
0+680.00	5.09	16.38	1,588.30	2.55	97.00	1,540.65	2.00	31.77	1.00	15.88
0+690.00	27.95	8.19	769.90	19.95	97.00	746.80	2.00	15.40	1.00	7.70
0+700.00	147.20	1.60	160.10	96.75	97.00	155.30	2.00	3.20	1.00	1.60
0+710.00	293.12	0.00	165.20	122.85	97.00	160.24	2.00	3.30	1.00	1.65
0+720.00	350.67	0.00	875.75	48.95	97.00	849.48	2.00	17.52	1.00	8.76
0+730.00	368.99	0.00	2,201.60	4.00	97.00	2,135.55	2.00	44.03	1.00	22.02
0+740.00	412.68	0.00	3,218.95	0.00	97.00	3,122.38	2.00	64.38	1.00	32.19
0+750.00	392.89	0.00	3,598.30	0.00	97.00	3,490.35	2.00	71.97	1.00	35.98
0+760.00	384.49	0.00	3,908.35	0.00	97.00	3,791.10	2.00	78.17	1.00	39.08
0+770.00	403.84	0.00	4,027.85	0.00	97.00	3,907.01	2.00	80.56	1.00	40.28
0+780.00	359.28	0.00	3,886.90	0.00	97.00	3,770.29	2.00	77.74	1.00	38.87
0+790.00	363.14	0.00	3,941.65	0.00	97.00	3,823.40	2.00	78.83	1.00	39.42
0+800.00	286.50	0.72	3,815.60	0.00	97.00	3,701.13	2.00	76.31	1.00	38.16
0+810.00	306.98	0.00	3,612.10	0.00	97.00	3,503.74	2.00	72.24	1.00	36.12
0+820.00	389.44	0.00	3,248.20	1.80	97.00	3,150.75	2.00	64.96	1.00	32.48
0+830.00	483.74	0.00	2,967.40	1.80	97.00	2,878.38	2.00	59.35	1.00	29.67
0+840.00	511.68	0.00	3,482.10	0.00	97.00	3,377.64	2.00	69.64	1.00	34.82
0+850.00	603.40	0.00	4,365.90	0.00	97.00	4,234.92	2.00	87.32	1.00	43.66
0+860.00	599.22	0.00	4,977.10	0.00	97.00	4,827.79	2.00	99.54	1.00	49.77
0+870.00	542.40	0.00	5,575.40	0.00	97.00	5,408.14	2.00	111.51	1.00	55.75
0+880.00	575.12	0.00	6,013.10	0.00	97.00	5,832.71	2.00	120.26	1.00	60.13
0+890.00	418.79	0.00	5,708.10	0.00	97.00	5,536.86	2.00	114.16	1.00	57.08
0+900.00	300.32	2.60	5,587.60	0.00	97.00	5,419.97	2.00	111.75	1.00	55.88
0+920.00	318.63	6.20	9,939.10	0.00	97.00	9,640.93	2.00	198.78	1.00	99.39
0+940.00	316.53	12.40	7,191.10	13.00	97.00	6,975.37	2.00	143.82	1.00	71.91
0+960.00	298.23	14.37	6,189.50	88.00	97.00	6,003.82	2.00	123.79	1.00	61.90
0+980.00	523.19	0.00	6,351.60	186.00	97.00	6,161.05	2.00	127.03	1.00	63.52
1+000.00	361.00	0.64	6,147.60	267.70	97.00	5,963.17	2.00	122.95	1.00	61.48

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
1+020.00	334.83	13.90	8,214.20	71.85	97.00	7,967.77	2.00	164.28	1.00	82.14
1+040.00	369.01	0.00	8,841.90	3.20	97.00	8,576.64	2.00	176.84	1.00	88.42
1+060.00	260.25	0.00	6,958.30	145.40	97.00	6,749.55	2.00	139.17	1.00	69.58
1+080.00	253.81	0.56	7,038.40	69.50	97.00	6,827.25	2.00	140.77	1.00	70.38
1+100.00	78.83	7.86	6,292.60	0.00	97.00	6,103.82	2.00	125.85	1.00	62.93
1+120.00	0.00	0.00	5,140.60	2.80	97.00	4,986.38	2.00	102.81	1.00	51.41
1+130.00	0.00	0.00	1,663.20	42.10	97.00	1,613.30	2.00	33.26	1.00	16.63
1+140.00	0.00	0.00	197.08	19.65	97.00	191.16	2.00	3.94	1.00	1.97
1+150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
1+160.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
1+170.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
1+180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
1+190.00	111.58	0.82	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
1+200.00	342.52		0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
1+210.00	515.49	0.00	278.95	2.05	97.00	270.58	2.00	5.58	1.00	2.79
1+220.00	691.11	0.00	2,270.50	2.05	97.00	2,202.39	2.00	45.41	1.00	22.71
1+230.00	700.76	0.00	4,290.05	0.00	97.00	4,161.35	2.00	85.80	1.00	42.90
1+240.00	790.01	0.00	6,033.00	0.00	97.00	5,852.01	2.00	120.66	1.00	60.33
1+260.00	941.48	0.00	13,918.70	0.00	97.00	13,501.14	2.00	278.37	1.00	139.19
1+280.00	985.21	0.00	14,907.70	0.00	97.00	14,460.47	2.00	298.15	1.00	149.08
1+300.00	958.98	0.00	17,314.90	0.00	97.00	16,795.45	2.00	346.30	1.00	173.15
1+320.00	915.60	0.00	19,266.90	0.00	97.00	18,688.89	2.00	385.34	1.00	192.67
1+340.00	672.42	0.00	19,441.90	0.00	97.00	18,858.64	2.00	388.84	1.00	194.42
1+350.00	585.55	0.00	9,372.90	0.00	97.00	9,091.71	2.00	187.46	1.00	93.73
1+360.00	474.19	0.00	7,940.10	0.00	97.00	7,701.90	2.00	158.80	1.00	79.40
1+370.00	331.94	0.00	6,289.35	0.00	97.00	6,101.15	2.00	125.80	1.00	62.90
1+380.00	208.56	0.00	5,298.70	0.00	97.00	5,139.74	2.00	105.97	1.00	52.99
1+390.00	122.93	0.00	4,030.65	0.00	97.00	3,909.73	2.00	80.61	1.00	40.31
1+400.00	68.45	4.34	2,702.50	0.00	97.00	2,621.43	2.00	54.05	1.00	27.03
1+410.00	50.34	6.74	1,657.45	0.00	97.00	1,607.73	2.00	33.15	1.00	16.57
1+420.00	42.23	6.33	956.90	10.85	97.00	928.19	2.00	19.14	1.00	9.57
1+430.00	39.56	5.12	593.95	55.40	97.00	576.13	2.00	11.88	1.00	5.94
1+440.00	49.39	4.73	462.85	65.35	97.00	448.96	2.00	9.26	1.00	4.63
1+450.00	45.63	6.66	408.95	57.25	97.00	396.68	2.00	8.18	1.00	4.09
1+460.00	40.89	8.91	444.75	49.25	97.00	431.41	2.00	8.90	1.00	4.45
1+470.00	45.91	7.57	475.10	56.95	97.00	460.85	2.00	9.50	1.00	4.75
1+480.00	63.67	2.27	432.60	77.85	97.00	419.62	2.00	8.65	1.00	4.33
1+490.00	98.62	0.00	434.00	82.40	97.00	420.98	2.00	8.68	1.00	4.34
1+500.00	148.57	0.00	547.90	49.20	97.00	531.46	2.00	10.96	1.00	5.48
1+510.00	205.77	0.00	811.45	5.68	97.00	787.11	2.00	16.23	1.00	8.11
1+520.00	257.62	0.00	1,235.95	0.00	97.00	1,198.87	2.00	24.72	1.00	12.36
1+530.00	292.58	0.00	1,771.70	0.00	97.00	1,718.55	2.00	35.43	1.00	17.72

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
1+540.00	316.50	0.00	2,316.95	0.00	97.00	2,247.44	2.00	46.34	1.00	23.17
1+560.00	278.25	0.00	5,502.00	0.00	97.00	5,336.94	2.00	110.04	1.00	55.02
1+580.00	243.92	0.00	6,090.80	0.00	97.00	5,908.08	2.00	121.82	1.00	60.91
1+600.00	137.22	0.00	5,947.50	0.00	97.00	5,769.08	2.00	118.95	1.00	59.48
1+620.00	27.45	2.45	5,221.70	0.00	97.00	5,065.05	2.00	104.43	1.00	52.22
1+640.00	4.23	18.42	3,811.40	0.00	97.00	3,697.06	2.00	76.23	1.00	38.11
1+660.00	23.45	1.10	1,646.70	12.25	97.00	1,597.30	2.00	32.93	1.00	16.47
1+670.00	21.59	1.39	158.40	104.35	97.00	153.65	2.00	3.17	1.00	1.58
1+680.00	3.25	14.50	138.40	97.60	97.00	134.25	2.00	2.77	1.00	1.38
1+690.00	24.99	3.59	225.20	12.45	97.00	218.44	2.00	4.50	1.00	2.25
1+700.00	83.30	0.00	124.20	79.45	97.00	120.47	2.00	2.48	1.00	1.24
1+710.00	151.38	0.00	141.20	90.45	97.00	136.96	2.00	2.82	1.00	1.41
1+720.00	162.39	0.00	541.45	8.98	97.00	525.21	2.00	10.83	1.00	5.41
1+730.00	174.53	0.00	1,173.40	0.00	97.00	1,138.20	2.00	23.47	1.00	11.73
1+740.00	191.42	0.00	1,568.85	0.00	97.00	1,521.78	2.00	31.38	1.00	15.69
1+750.00	172.73	0.00	1,684.60	0.00	97.00	1,634.06	2.00	33.69	1.00	16.85
1+760.00	160.47	0.00	1,829.75	0.00	97.00	1,774.86	2.00	36.60	1.00	18.30
1+770.00	104.00	0.00	1,820.75	0.00	97.00	1,766.13	2.00	36.42	1.00	18.21
1+780.00	52.92	0.00	1,666.00	0.00	97.00	1,616.02	2.00	33.32	1.00	16.66
1+790.00	35.46	0.00	1,322.35	0.00	97.00	1,282.68	2.00	26.45	1.00	13.22
1+800.00	27.11	0.00	784.60	0.00	97.00	761.06	2.00	15.69	1.00	7.85
1+810.00	21.50	0.20	441.90	0.00	97.00	428.64	2.00	8.84	1.00	4.42
1+820.00	15.95	0.30	312.85	0.00	97.00	303.46	2.00	6.26	1.00	3.13
1+830.00	15.45	0.04	243.05	0.50	97.00	235.76	2.00	4.86	1.00	2.43
1+840.00	16.27	0.00	187.25	2.50	97.00	181.63	2.00	3.75	1.00	1.87
1+850.00	15.48	0.00	157.00	1.70	97.00	152.29	2.00	3.14	1.00	1.57
1+860.00	12.91	0.00	158.60	0.10	97.00	153.84	2.00	3.17	1.00	1.59
1+870.00	9.80	0.00	158.75	0.00	97.00	153.99	2.00	3.18	1.00	1.59
1+880.00	4.68	0.00	141.95	0.00	97.00	137.69	2.00	2.84	1.00	1.42
1+890.00	4.34	0.00	86.25	0.00	97.00	83.66	2.00	1.73	1.00	0.86
1+900.00	3.19	0.00	37.65	0.00	97.00	36.52	2.00	0.75	1.00	0.38
1+910.00	0.13	0.82	16.60	2.05	97.00	16.10	2.00	0.33	1.00	0.17
1+920.00	0.00	5.93	0.33	33.75	97.00	0.32	2.00	0.01	1.00	0.00
1+930.00	0.00	11.52	0.00	87.25	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
1+940.00	0.00	11.00	0.00	112.60	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
1+950.00	0.00	9.34	0.00	101.70	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
1+960.00	0.00	11.13	0.00	102.35	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
1+970.00	0.00	14.56	0.00	128.45	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
1+980.00	0.00	16.65	0.00	156.05	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
1+990.00	0.00	14.15	0.00	154.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
2+000.00	0.49	8.69	1.23	114.20	97.00	1.19	2.00	0.02	1.00	0.01
2+010.00	5.03	2.71	27.60	57.00	97.00	26.77	2.00	0.55	1.00	0.28

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
2+020.00	11.14	0.56	80.85	16.35	97.00	78.42	2.00	1.62	1.00	0.81
2+030.00	20.97	0.00	160.55	1.40	97.00	155.73	2.00	3.21	1.00	1.61
2+040.00	34.41	0.00	276.90	0.00	97.00	268.59	2.00	5.54	1.00	2.77
2+050.00	46.31	0.00	403.60	0.00	97.00	391.49	2.00	8.07	1.00	4.04
2+060.00	53.35	0.00	498.30	0.00	97.00	483.35	2.00	9.97	1.00	4.98
2+070.00	64.29	0.00	588.20	0.00	97.00	570.55	2.00	11.76	1.00	5.88
2+080.00	70.67	0.00	674.80	0.00	97.00	654.56	2.00	13.50	1.00	6.75
2+090.00	79.07	0.00	748.70	0.00	97.00	726.24	2.00	14.97	1.00	7.49
2+100.00	93.25	0.00	861.60	0.00	97.00	835.75	2.00	17.23	1.00	8.62
2+110.00	111.95	0.00	1,026.00	0.00	97.00	995.22	2.00	20.52	1.00	10.26
2+120.00	126.42	0.00	1,191.85	0.00	97.00	1,156.09	2.00	23.84	1.00	11.92
2+130.00	160.20	0.00	1,433.10	0.00	97.00	1,390.11	2.00	28.66	1.00	14.33
2+140.00	184.64	0.00	1,724.20	0.00	97.00	1,672.47	2.00	34.48	1.00	17.24
2+150.00	213.54	0.00	1,990.90	0.00	97.00	1,931.17	2.00	39.82	1.00	19.91
2+160.00	245.32	0.00	2,294.30	0.00	97.00	2,225.47	2.00	45.89	1.00	22.94
2+170.00	255.10	0.00	2,502.10	0.00	97.00	2,427.04	2.00	50.04	1.00	25.02
2+180.00	286.91	0.00	2,710.05	0.00	97.00	2,628.75	2.00	54.20	1.00	27.10
2+190.00	319.25	0.00	3,030.80	0.00	97.00	2,939.88	2.00	60.62	1.00	30.31
2+200.00	362.28	0.00	3,407.65	0.00	97.00	3,305.42	2.00	68.15	1.00	34.08
2+210.00	436.52	0.00	3,994.00	0.00	97.00	3,874.18	2.00	79.88	1.00	39.94
2+220.00	521.73	0.00	4,791.25	0.00	97.00	4,647.51	2.00	95.83	1.00	47.91
2+230.00	550.99	0.00	5,363.60	0.00	97.00	5,202.69	2.00	107.27	1.00	53.64
2+240.00	483.24	0.00	5,171.15	0.00	97.00	5,016.02	2.00	103.42	1.00	51.71
2+250.00	383.37	0.00	4,333.05	0.00	97.00	4,203.06	2.00	86.66	1.00	43.33
2+260.00	284.59	0.00	3,339.80	0.00	97.00	3,239.61	2.00	66.80	1.00	33.40
2+270.00	285.51	0.00	2,850.50	0.00	97.00	2,764.99	2.00	57.01	1.00	28.51
2+280.00	270.14	0.00	2,778.25	0.00	97.00	2,694.90	2.00	55.57	1.00	27.78
2+290.00	264.94	0.00	2,675.40	0.00	97.00	2,595.14	2.00	53.51	1.00	26.75
2+300.00	259.68	0.00	2,623.10	0.00	97.00	2,544.41	2.00	52.46	1.00	26.23
2+310.00	245.33	0.00	2,525.05	0.00	97.00	2,449.30	2.00	50.50	1.00	25.25
2+320.00	241.10	0.00	2,432.15	0.00	97.00	2,359.19	2.00	48.64	1.00	24.32
2+330.00	228.93	0.00	2,350.15	0.00	97.00	2,279.65	2.00	47.00	1.00	23.50
2+340.00	218.65	0.00	2,237.90	0.00	97.00	2,170.76	2.00	44.76	1.00	22.38
2+350.00	198.55	0.00	2,086.00	0.00	97.00	2,023.42	2.00	41.72	1.00	20.86
2+360.00	190.86	0.00	1,947.05	0.00	97.00	1,888.64	2.00	38.94	1.00	19.47
2+370.00	180.06	0.00	1,854.60	0.00	97.00	1,798.96	2.00	37.09	1.00	18.55
2+380.00	127.59	0.00	1,538.25	0.00	97.00	1,492.10	2.00	30.77	1.00	15.38
2+390.00	83.69	0.00	1,056.40	0.00	97.00	1,024.71	2.00	21.13	1.00	10.56
2+400.00	43.99	0.00	638.40	0.00	97.00	619.25	2.00	12.77	1.00	6.38
2+410.00	28.00	0.99	359.95	2.48	97.00	349.15	2.00	7.20	1.00	3.60
2+420.00	20.74	3.84	243.70	24.15	97.00	236.39	2.00	4.87	1.00	2.44
2+430.00	12.49	8.56	166.15	62.00	97.00	161.17	2.00	3.32	1.00	1.66

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA
BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 35"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
2+440.00	4.14	15.49	83.15	120.25	97.00	80.66	2.00	1.66	1.00	0.83
2+450.00	0.00	22.38	10.35	189.35	97.00	10.04	2.00	0.21	1.00	0.10
2+460.00	0.92	19.46	2.30	209.20	97.00	2.23	2.00	0.05	1.00	0.02
2+470.00	12.60	3.18	67.60	113.20	97.00	65.57	2.00	1.35	1.00	0.68
2+480.00	51.65	0.00	321.25	7.95	97.00	311.61	2.00	6.43	1.00	3.21
2+490.00	80.60	0.00	661.25	0.00	97.00	641.41	2.00	13.23	1.00	6.61
2+500.00	95.70	0.00	881.50	0.00	97.00	855.06	2.00	17.63	1.00	8.82
2+510.00	105.68	0.00	1,006.90	0.00	97.00	976.69	2.00	20.14	1.00	10.07
2+520.00	108.73	0.00	1,072.05	0.00	97.00	1,039.89	2.00	21.44	1.00	10.72
2+530.00	107.00	0.00	1,078.65	0.00	97.00	1,046.29	2.00	21.57	1.00	10.79
2+540.00	110.74	0.00	1,088.70	0.00	97.00	1,056.04	2.00	21.77	1.00	10.89
2+550.00	149.02	0.00	1,298.80	0.00	97.00	1,259.84	2.00	25.98	1.00	12.99
2+560.00	176.23	0.00	1,626.25	0.00	97.00	1,577.46	2.00	32.53	1.00	16.26
2+570.00	181.76	0.00	1,789.95	0.00	97.00	1,736.25	2.00	35.80	1.00	17.90
2+580.00	119.36	0.00	1,505.60	0.00	97.00	1,460.43	2.00	30.11	1.00	15.06
2+590.00	83.55	0.00	1,014.55	0.00	97.00	984.11	2.00	20.29	1.00	10.15
2+600.00	123.41	0.00	1,034.80	0.00	97.00	1,003.76	2.00	20.70	1.00	10.35
2+610.00	123.65	0.00	1,235.30	0.00	97.00	1,198.24	2.00	24.71	1.00	12.35
2+620.00	116.63	0.00	1,201.40	0.00	97.00	1,165.36	2.00	24.03	1.00	12.01
2+630.00	96.98	0.00	1,068.05	0.00	97.00	1,036.01	2.00	21.36	1.00	10.68
2+640.00	74.19	0.00	855.85	0.00	97.00	830.17	2.00	17.12	1.00	8.56
2+650.00	53.34	0.00	637.65	0.00	97.00	618.52	2.00	12.75	1.00	6.38
2+660.00	29.43	0.00	413.85	0.00	97.00	401.43	2.00	8.28	1.00	4.14
2+680.00	47.93	3.26	773.60	16.30	97.00	750.39	2.00	15.47	1.00	7.74
2+700.00	113.76	0.96	1,616.90	42.20	97.00	1,568.39	2.00	32.34	1.00	16.17
2+720.00	105.81	0.06	2,195.70	10.20	97.00	2,129.83	2.00	43.31	1.00	21.96
2+740.00	209.76	0.13	3,155.70	1.90	97.00	3,061.03	2.00	63.11	1.00	31.56
2+760.00	396.70	0.00	6,064.60	0.65	97.00	5,882.66	2.00	121.29	1.00	60.65
2+780.00	478.52	0.00	8,752.20	0.00	97.00	8,489.63	2.00	175.04	1.00	87.52
2+790.00	456.52	0.00	4,675.20	0.00	97.00	4,534.94	2.00	93.50	1.00	46.75
2+800.00	425.89	0.00	4,412.05	0.00	97.00	4,279.69	2.00	88.24	1.00	44.12
2+810.00	388.43	0.00	4,071.60	0.00	97.00	3,949.45	2.00	81.43	1.00	40.72
2+820.00	300.13	0.00	3,442.80	0.00	97.00	3,339.52	2.00	68.86	1.00	34.43
2+830.00	469.36	0.00	3,847.45	0.00	97.00	3,732.03	2.00	76.95	1.00	38.47
2+840.00	733.66	0.00	6,015.10	0.00	97.00	5,834.65	2.00	120.30	1.00	60.15
2+850.00	799.93	0.00	7,667.95	0.00	97.00	7,437.91	2.00	153.36	1.00	76.68
2+860.00	881.07	0.00	8,405.00	0.00	97.00	8,152.85	2.00	168.10	1.00	84.05
2+870.00	898.08	0.00	8,895.75	0.00	97.00	8,628.88	2.00	177.92	1.00	88.96
2+880.00	805.04	0.00	8,515.60	0.00	97.00	8,260.13	2.00	170.31	1.00	85.16
2+890.00	663.19	0.00	7,341.15	0.00	97.00	7,120.92	2.00	146.82	1.00	73.41
2+900.00	557.93	0.00	6,105.60	0.00	97.00	5,922.43	2.00	122.11	1.00	61.06
2+920.00	439.55	0.00	9,974.80	0.00	97.00	9,675.56	2.00	199.50	1.00	99.75

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
2+940.00	302.43	0.00	7,419.80	0.00	97.00	7,197.21	2.00	148.40	1.00	74.20
2+960.00	210.19	0.00	5,126.20	0.00	97.00	4,972.41	2.00	102.52	1.00	51.26
2+980.00	133.99	0.00	3,441.80	0.00	97.00	3,338.55	2.00	68.84	1.00	34.42
3+000.00	24.97	0.66	1,589.60	3.30	97.00	1,541.91	2.00	31.79	1.00	15.90
3+020.00	130.72	0.00	1,556.90	3.30	97.00	1,510.19	2.00	31.14	1.00	15.57
3+040.00	249.53	0.00	3,802.50	0.00	97.00	3,688.43	2.00	76.05	1.00	38.03
3+060.00	210.49	0.00	4,600.20	0.00	97.00	4,462.19	2.00	92.00	1.00	46.00
3+080.00	234.06	0.00	4,445.50	0.00	97.00	4,312.14	2.00	88.91	1.00	44.46
3+100.00	292.51	0.00	5,265.70	0.00	97.00	5,107.73	2.00	105.31	1.00	52.66
3+120.00	282.35	0.00	5,748.60	0.00	97.00	5,576.14	2.00	114.97	1.00	57.49
3+140.00	249.92	0.00	5,322.70	0.00	97.00	5,163.02	2.00	106.45	1.00	53.23
3+160.00	458.94	0.00	7,088.60	0.00	97.00	6,875.94	2.00	141.77	1.00	70.89
3+180.00	497.01	0.00	9,559.50	0.00	97.00	9,272.72	2.00	191.19	1.00	95.60
3+190.00	538.18	0.00	5,175.95	0.00	97.00	5,020.67	2.00	103.52	1.00	51.76
3+200.00	590.22	0.00	5,642.00	0.00	97.00	5,472.74	2.00	112.84	1.00	56.42
3+210.00	599.81	0.00	5,950.15	0.00	97.00	5,771.65	2.00	119.00	1.00	59.50
3+220.00	577.04	0.00	5,884.25	0.00	97.00	5,707.72	2.00	117.69	1.00	58.84
3+230.00	382.18	0.00	4,796.10	0.00	97.00	4,652.22	2.00	95.92	1.00	47.96
3+240.00	238.13	0.00	3,101.55	0.00	97.00	3,008.50	2.00	62.03	1.00	31.02
3+250.00	147.07	0.00	1,926.00	0.00	97.00	1,868.22	2.00	38.52	1.00	19.26
3+260.00	153.09	0.00	1,500.80	0.00	97.00	1,455.78	2.00	30.02	1.00	15.01
3+270.00	480.11	0.00	3,166.00	0.00	97.00	3,071.02	2.00	63.32	1.00	31.66
3+280.00	552.61	0.00	5,163.60	0.00	97.00	5,008.69	2.00	103.27	1.00	51.64
3+290.00	533.43	0.00	5,430.20	0.00	97.00	5,267.29	2.00	108.60	1.00	54.30
3+300.00	506.61	0.00	5,200.20	0.00	97.00	5,044.19	2.00	104.00	1.00	52.00
3+310.00	414.00	0.00	4,603.05	0.00	97.00	4,464.96	2.00	92.06	1.00	46.03
3+320.00	302.34	0.00	3,581.70	0.00	97.00	3,474.25	2.00	71.63	1.00	35.82
3+330.00	207.27	0.00	2,548.05	0.00	97.00	2,471.61	2.00	50.96	1.00	25.48
3+340.00	234.59	0.00	2,209.30	0.00	97.00	2,143.02	2.00	44.19	1.00	22.09
3+360.00	703.65	0.00	9,382.40	0.00	97.00	9,100.93	2.00	187.65	1.00	93.82
3+380.00	692.15	0.00	13,958.00	0.00	97.00	13,539.26	2.00	279.16	1.00	139.58
3+400.00	524.94	0.00	12,170.90	0.00	97.00	11,805.77	2.00	243.42	1.00	121.71
3+410.00	462.63	0.00	4,937.85	0.00	97.00	4,789.71	2.00	98.76	1.00	49.38
3+420.00	366.20	0.00	4,144.15	0.00	97.00	4,019.83	2.00	82.88	1.00	41.44
3+430.00	279.88	0.00	3,230.40	0.00	97.00	3,133.49	2.00	64.61	1.00	32.30
3+440.00	249.18	0.00	2,645.30	0.00	97.00	2,565.94	2.00	52.91	1.00	26.45
3+450.00	261.33	0.00	2,552.55	0.00	97.00	2,475.97	2.00	51.05	1.00	25.53
3+460.00	279.61	0.00	2,704.70	0.00	97.00	2,623.56	2.00	54.09	1.00	27.05
3+470.00	303.03	0.00	2,913.20	0.00	97.00	2,825.80	2.00	58.26	1.00	29.13
3+480.00	351.84	0.00	3,274.35	0.00	97.00	3,176.12	2.00	65.49	1.00	32.74
3+490.00	394.32	0.00	3,730.80	0.00	97.00	3,618.88	2.00	74.62	1.00	37.31
3+500.00	405.93	0.00	4,001.25	0.00	97.00	3,881.21	2.00	80.03	1.00	40.01

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
3+510.00	363.03	0.00	3,844.80	0.00	97.00	3,729.46	2.00	76.90	1.00	38.45
3+520.00	282.51	0.00	3,227.70	0.00	97.00	3,130.87	2.00	64.55	1.00	32.28
3+530.00	156.04	0.00	2,192.75	0.00	97.00	2,126.97	2.00	43.86	1.00	21.93
3+540.00	72.43	0.00	1,142.35	0.00	97.00	1,108.08	2.00	22.85	1.00	11.42
3+550.00	29.43	0.00	509.30	0.00	97.00	494.02	2.00	10.19	1.00	5.09
3+560.00	20.25	0.00	248.40	0.00	97.00	240.95	2.00	4.97	1.00	2.48
3+580.00	127.75	0.00	1,480.00	0.00	97.00	1,435.60	2.00	29.60	1.00	14.80
3+600.00	325.31	0.00	4,530.60	0.00	97.00	4,394.68	2.00	90.61	1.00	45.31
3+620.00	301.22	0.00	6,265.30	0.00	97.00	6,077.34	2.00	125.31	1.00	62.65
3+640.00	87.94	0.00	3,891.60	0.00	97.00	3,774.85	2.00	77.83	1.00	38.92
3+660.00	51.64	0.00	1,395.80	0.00	97.00	1,353.93	2.00	27.92	1.00	13.96
3+680.00	67.44	0.00	1,190.80	0.00	97.00	1,155.08	2.00	23.82	1.00	11.91
3+700.00	162.37	0.00	2,298.10	0.00	97.00	2,229.16	2.00	45.96	1.00	22.98
3+710.00	244.30	0.00	2,033.35	0.00	97.00	1,972.35	2.00	40.67	1.00	20.33
3+720.00	340.29	0.00	2,922.95	0.00	97.00	2,835.26	2.00	58.46	1.00	29.23
3+730.00	383.20	0.00	3,617.45	0.00	97.00	3,508.93	2.00	72.35	1.00	36.17
3+740.00	387.64	0.00	3,854.20	0.00	97.00	3,738.57	2.00	77.08	1.00	38.54
3+750.00	330.77	0.00	3,592.05	0.00	97.00	3,484.29	2.00	71.84	1.00	35.92
3+760.00	217.31	0.00	2,740.40	0.00	97.00	2,658.19	2.00	54.81	1.00	27.40
3+770.00	162.76	0.00	1,900.35	0.00	97.00	1,843.34	2.00	38.01	1.00	19.00
3+780.00	245.70	0.00	2,042.30	0.00	97.00	1,981.03	2.00	40.85	1.00	20.42
3+790.00	302.60	0.00	2,741.50	0.00	97.00	2,659.26	2.00	54.83	1.00	27.42
3+800.00	282.21	0.00	2,924.05	0.00	97.00	2,836.33	2.00	58.48	1.00	29.24
3+810.00	284.48	0.00	2,833.45	0.00	97.00	2,748.45	2.00	56.67	1.00	28.33
3+820.00	308.50	0.00	2,964.90	0.00	97.00	2,875.95	2.00	59.30	1.00	29.65
3+830.00	360.71	0.00	3,346.05	0.00	97.00	3,245.67	2.00	66.92	1.00	33.46
3+840.00	367.51	0.00	3,641.10	0.00	97.00	3,531.87	2.00	72.82	1.00	36.41
3+850.00	368.35	0.00	3,679.30	0.00	97.00	3,568.92	2.00	73.59	1.00	36.79
3+860.00	375.15	0.00	3,717.50	0.00	97.00	3,605.98	2.00	74.35	1.00	37.18
3+870.00	408.45	0.00	3,918.00	0.00	97.00	3,800.46	2.00	78.36	1.00	39.18
3+880.00	457.36	0.00	4,329.05	0.00	97.00	4,199.18	2.00	86.58	1.00	43.29
3+890.00	474.20	0.00	4,657.80	0.00	97.00	4,518.07	2.00	93.16	1.00	46.58
3+900.00	527.96	0.00	5,010.80	0.00	97.00	4,860.48	2.00	100.22	1.00	50.11
3+910.00	544.52	0.00	5,362.40	0.00	97.00	5,201.53	2.00	107.25	1.00	53.62
3+920.00	639.63	0.00	5,920.75	0.00	97.00	5,743.13	2.00	118.42	1.00	59.21
3+930.00	733.32	0.00	6,864.75	0.00	97.00	6,658.81	2.00	137.30	1.00	68.65
3+940.00	760.98	0.00	7,471.50	0.00	97.00	7,247.36	2.00	149.43	1.00	74.72
3+950.00	920.99	0.00	8,409.85	0.00	97.00	8,157.55	2.00	168.20	1.00	84.10
3+960.00	787.59	0.00	8,542.90	0.00	97.00	8,286.61	2.00	170.86	1.00	85.43
3+970.00	639.77	0.00	7,136.80	0.00	97.00	6,922.70	2.00	142.74	1.00	71.37
3+980.00	508.49	0.00	5,741.30	0.00	97.00	5,569.06	2.00	114.83	1.00	57.41
3+990.00	488.31	0.00	4,984.00	0.00	97.00	4,834.48	2.00	99.68	1.00	49.84

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
4+000.00	721.08	0.00	6,046.95	0.00	97.00	5,865.54	2.00	120.94	1.00	60.47
4+010.00	731.68	0.00	7,263.80	0.00	97.00	7,045.89	2.00	145.28	1.00	72.64
4+020.00	653.98	0.00	6,928.30	0.00	97.00	6,720.45	2.00	138.57	1.00	69.28
4+030.00	533.52	0.00	5,937.50	0.00	97.00	5,759.38	2.00	118.75	1.00	59.38
4+040.00	391.05	0.00	4,622.85	0.00	97.00	4,484.16	2.00	92.46	1.00	46.23
4+050.00	317.63	0.00	3,543.40	0.00	97.00	3,437.10	2.00	70.87	1.00	35.43
4+060.00	302.12	0.00	3,098.75	0.00	97.00	3,005.79	2.00	61.98	1.00	30.99
4+070.00	272.33	0.00	2,872.25	0.00	97.00	2,786.08	2.00	57.45	1.00	28.72
4+080.00	229.54	0.00	2,509.35	0.00	97.00	2,434.07	2.00	50.19	1.00	25.09
4+090.00	211.94	0.00	2,207.40	0.00	97.00	2,141.18	2.00	44.15	1.00	22.07
4+100.00	187.36	0.00	1,996.50	0.00	97.00	1,936.61	2.00	39.93	1.00	19.97
4+110.00	111.71	0.02	1,495.35	0.05	97.00	1,450.49	2.00	29.91	1.00	14.95
4+120.00	75.87	7.31	937.90	36.65	97.00	909.76	2.00	18.76	1.00	9.38
4+130.00	105.56	6.04	907.15	66.75	97.00	879.94	2.00	18.14	1.00	9.07
4+140.00	129.09	2.86	1,173.25	44.50	97.00	1,138.05	2.00	23.47	1.00	11.73
4+150.00	151.40	2.69	1,402.45	27.75	97.00	1,360.38	2.00	28.05	1.00	14.02
4+160.00	131.78	8.04	1,415.90	53.65	97.00	1,373.42	2.00	28.32	1.00	14.16
4+170.00	199.53	0.00	1,656.55	20.10	97.00	1,606.85	2.00	33.13	1.00	16.57
4+180.00	342.70	0.00	2,711.15	0.00	97.00	2,629.82	2.00	54.22	1.00	27.11
4+190.00	435.40	0.00	3,890.50	0.00	97.00	3,773.79	2.00	77.81	1.00	38.91
4+200.00	481.29	0.00	4,583.45	0.00	97.00	4,445.95	2.00	91.67	1.00	45.83
4+210.00	601.88	0.00	5,415.85	0.00	97.00	5,253.37	2.00	108.32	1.00	54.16
4+220.00	711.60	0.00	6,567.40	0.00	97.00	6,370.38	2.00	131.35	1.00	65.67
4+230.00	832.43	0.00	7,720.15	0.00	97.00	7,488.55	2.00	154.40	1.00	77.20
4+240.00	975.34	0.00	9,038.85	0.00	97.00	8,767.68	2.00	180.78	1.00	90.39
4+250.00	1,093.33	0.00	10,343.35	0.00	97.00	10,033.05	2.00	206.87	1.00	103.43
4+260.00	1,173.11	0.00	11,332.20	0.00	97.00	10,992.23	2.00	226.64	1.00	113.32
4+270.00	1,070.69	0.00	11,219.00	0.00	97.00	10,882.43	2.00	224.38	1.00	112.19
4+280.00	792.02	0.00	9,313.55	0.00	97.00	9,034.14	2.00	186.27	1.00	93.14
4+290.00	92.57	0.76	4,422.95	1.90	97.00	4,290.26	2.00	88.46	1.00	44.23
4+300.00	59.76	0.44	761.65	6.00	97.00	738.80	2.00	15.23	1.00	7.62
4+310.00	508.51	0.00	2,841.35	1.10	97.00	2,756.11	2.00	56.83	1.00	28.41
4+320.00	560.97	0.00	5,347.40	0.00	97.00	5,186.98	2.00	106.95	1.00	53.47
4+330.00	516.07	0.00	5,385.20	0.00	97.00	5,223.64	2.00	107.70	1.00	53.85
4+340.00	595.07	0.00	5,555.70	0.00	97.00	5,389.03	2.00	111.11	1.00	55.56
4+350.00	519.25	0.00	5,571.60	0.00	97.00	5,404.45	2.00	111.43	1.00	55.72
4+360.00	398.34	0.00	4,587.95	0.00	97.00	4,450.31	2.00	91.76	1.00	45.88
4+370.00	368.95	0.00	3,836.45	0.00	97.00	3,721.36	2.00	76.73	1.00	38.36
4+380.00	301.92	0.00	3,354.35	0.00	97.00	3,253.72	2.00	67.09	1.00	33.54
4+390.00	300.11	0.00	3,010.15	0.00	97.00	2,919.85	2.00	60.20	1.00	30.10
4+400.00	244.38	0.00	2,722.45	0.00	97.00	2,640.78	2.00	54.45	1.00	27.22
4+410.00	191.72	0.00	2,180.50	0.00	97.00	2,115.09	2.00	43.61	1.00	21.81

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
4+420.00	133.27	0.00	1,624.95	0.00	97.00	1,576.20	2.00	32.50	1.00	16.25
4+430.00	62.06	0.00	976.65	0.00	97.00	947.35	2.00	19.53	1.00	9.77
4+440.00	43.98	5.65	530.20	14.13	97.00	514.29	2.00	10.60	1.00	5.30
4+450.00	58.79	4.21	513.85	49.30	97.00	498.43	2.00	10.28	1.00	5.14
4+460.00	62.68	2.70	607.35	34.55	97.00	589.13	2.00	12.15	1.00	6.07
4+470.00	49.18	4.88	559.30	37.90	97.00	542.52	2.00	11.19	1.00	5.59
4+480.00	31.84	5.77	405.10	53.25	97.00	392.95	2.00	8.10	1.00	4.05
4+500.00	0.00	0.00	159.20	28.85	97.00	154.42	2.00	3.18	1.00	1.59
4+520.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
4+540.00	40.83	0.00	204.15	0.00	97.00	198.03	2.00	4.08	1.00	2.04
4+550.00	160.85	0.00	1,008.40	0.00	97.00	978.15	2.00	20.17	1.00	10.08
4+560.00	284.93	0.00	2,228.90	0.00	97.00	2,162.03	2.00	44.58	1.00	22.29
4+570.00	389.95	0.00	3,374.40	0.00	97.00	3,273.17	2.00	67.49	1.00	33.74
4+580.00	381.93	0.00	3,859.40	0.00	97.00	3,743.62	2.00	77.19	1.00	38.59
4+590.00	332.87	0.00	3,574.00	0.00	97.00	3,466.78	2.00	71.48	1.00	35.74
4+600.00	275.16	0.00	3,040.15	0.00	97.00	2,948.95	2.00	60.80	1.00	30.40
4+610.00	123.14	0.00	1,991.50	0.00	97.00	1,931.76	2.00	39.83	1.00	19.92
4+620.00	4.02	10.00	635.80	25.00	97.00	616.73	2.00	12.72	1.00	6.36
4+630.00	6.45	12.64	52.35	113.20	97.00	50.78	2.00	1.05	1.00	0.52
4+640.00	204.01	0.00	1,052.30	31.60	97.00	1,020.73	2.00	21.05	1.00	10.52
4+650.00	406.73	0.00	3,053.70	0.00	97.00	2,962.09	2.00	61.07	1.00	30.54
4+660.00	476.86	0.00	4,417.95	0.00	97.00	4,285.41	2.00	88.36	1.00	44.18
4+670.00	398.37	0.00	4,376.15	0.00	97.00	4,244.87	2.00	87.52	1.00	43.76
4+680.00	298.36	0.00	3,483.65	0.00	97.00	3,379.14	2.00	69.67	1.00	34.84
4+690.00	222.67	0.00	2,605.15	0.00	97.00	2,527.00	2.00	52.10	1.00	26.05
4+700.00	175.93	0.00	1,993.00	0.00	97.00	1,933.21	2.00	39.86	1.00	19.93
4+710.00	146.79	0.00	1,613.60	0.00	97.00	1,565.19	2.00	32.27	1.00	16.14
4+720.00	125.23	0.00	1,360.10	0.00	97.00	1,319.30	2.00	27.20	1.00	13.60
4+730.00	111.58	0.00	1,184.05	0.00	97.00	1,148.53	2.00	23.68	1.00	11.84
4+740.00	102.66	0.00	1,071.20	0.00	97.00	1,039.06	2.00	21.42	1.00	10.71
4+750.00	110.54	0.00	1,066.00	0.00	97.00	1,034.02	2.00	21.32	1.00	10.66
4+760.00	121.18	0.00	1,158.60	0.00	97.00	1,123.84	2.00	23.17	1.00	11.59
4+770.00	124.37	0.00	1,227.75	0.00	97.00	1,190.92	2.00	24.56	1.00	12.28
4+780.00	115.91	0.00	1,201.40	0.00	97.00	1,165.36	2.00	24.03	1.00	12.01
4+790.00	96.89	0.00	1,064.00	0.00	97.00	1,032.08	2.00	21.28	1.00	10.64
4+800.00	78.08	0.00	874.85	0.00	97.00	848.60	2.00	17.50	1.00	8.75
4+810.00	66.65	0.00	723.65	0.00	97.00	701.94	2.00	14.47	1.00	7.24
4+820.00	52.87	0.00	597.60	0.00	97.00	579.67	2.00	11.95	1.00	5.98
4+830.00	37.22	0.00	450.45	0.00	97.00	436.94	2.00	9.01	1.00	4.50
4+840.00	24.03	0.48	306.25	1.20	97.00	297.06	2.00	6.13	1.00	3.06
4+860.00	13.49	1.41	375.20	18.90	97.00	363.94	2.00	7.50	1.00	3.75
4+880.00	6.66	4.65	201.50	60.60	97.00	195.46	2.00	4.03	1.00	2.02

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
4+900.00	4.20	4.86	108.60	95.10	97.00	105.34	2.00	2.17	1.00	1.09
4+920.00	8.98	1.45	131.80	63.10	97.00	127.85	2.00	2.64	1.00	1.32
4+940.00	12.12	0.00	211.00	7.25	97.00	204.67	2.00	4.22	1.00	2.11
4+960.00	23.92	0.00	360.40	0.00	97.00	349.59	2.00	7.21	1.00	3.60
4+970.00	24.81	0.00	243.65	0.00	97.00	236.34	2.00	4.87	1.00	2.44
4+980.00	27.57	0.00	261.90	0.00	97.00	254.04	2.00	5.24	1.00	2.62
4+990.00	35.54	0.00	315.55	0.00	97.00	306.08	2.00	6.31	1.00	3.16
5+000.00	47.30	0.00	414.20	0.00	97.00	401.77	2.00	8.28	1.00	4.14
5+010.00	60.57	0.00	539.35	0.00	97.00	523.17	2.00	10.79	1.00	5.39
5+020.00	74.72	0.00	676.45	0.00	97.00	656.16	2.00	13.53	1.00	6.76
5+030.00	94.06	0.00	843.90	0.00	97.00	818.58	2.00	16.88	1.00	8.44
5+040.00	110.02	0.00	1,020.40	0.00	97.00	989.79	2.00	20.41	1.00	10.20
5+050.00	109.07	0.00	1,095.45	0.00	97.00	1,062.59	2.00	21.91	1.00	10.95
5+060.00	91.60	0.00	1,003.35	0.00	97.00	973.25	2.00	20.07	1.00	10.03
5+070.00	77.64	0.00	846.20	0.00	97.00	820.81	2.00	16.92	1.00	8.46
5+080.00	47.61	0.00	626.25	0.00	97.00	607.46	2.00	12.53	1.00	6.26
5+090.00	18.83	0.84	332.20	2.10	97.00	322.23	2.00	6.64	1.00	3.32
5+100.00	27.42	0.00	231.25	2.10	97.00	224.31	2.00	4.63	1.00	2.31
5+110.00	57.67	0.00	425.45	0.00	97.00	412.69	2.00	8.51	1.00	4.25
5+120.00	88.07	0.00	728.70	0.00	97.00	706.84	2.00	14.57	1.00	7.29
5+130.00	106.25	0.00	971.60	0.00	97.00	942.45	2.00	19.43	1.00	9.72
5+140.00	115.75	0.00	1,110.00	0.00	97.00	1,076.70	2.00	22.20	1.00	11.10
5+150.00	115.98	0.00	1,158.65	0.00	97.00	1,123.89	2.00	23.17	1.00	11.59
5+160.00	92.36	0.00	1,041.70	0.00	97.00	1,010.45	2.00	20.83	1.00	10.42
5+170.00	87.24	0.00	898.00	0.00	97.00	871.06	2.00	17.96	1.00	8.98
5+180.00	103.30	0.00	952.70	0.00	97.00	924.12	2.00	19.05	1.00	9.53
5+190.00	109.79	0.00	1,065.45	0.00	97.00	1,033.49	2.00	21.31	1.00	10.65
5+200.00	107.83	0.00	1,088.10	0.00	97.00	1,055.46	2.00	21.76	1.00	10.88
5+220.00	113.12	0.00	2,209.50	0.00	97.00	2,143.22	2.00	44.19	1.00	22.10
5+240.00	119.88	0.00	2,330.00	0.00	97.00	2,260.10	2.00	46.60	1.00	23.30
5+260.00	103.61	0.00	2,234.90	0.00	97.00	2,167.85	2.00	44.70	1.00	22.35
5+280.00	111.39	0.00	2,150.00	0.00	97.00	2,085.50	2.00	43.00	1.00	21.50
5+300.00	128.73	0.00	2,401.20	0.00	97.00	2,329.16	2.00	48.02	1.00	24.01
5+310.00	155.54	0.00	1,421.35	0.00	97.00	1,378.71	2.00	28.43	1.00	14.21
5+320.00	188.79	0.00	1,721.65	0.00	97.00	1,670.00	2.00	34.43	1.00	17.22
5+330.00	239.01	0.00	2,139.00	0.00	97.00	2,074.83	2.00	42.78	1.00	21.39
5+340.00	278.53	0.00	2,587.70	0.00	97.00	2,510.07	2.00	51.75	1.00	25.88
5+350.00	310.13	0.00	2,943.30	0.00	97.00	2,855.00	2.00	58.87	1.00	29.43
5+360.00	306.37	0.00	3,082.50	0.00	97.00	2,990.03	2.00	61.65	1.00	30.83
5+370.00	283.62	0.00	2,949.95	0.00	97.00	2,861.45	2.00	59.00	1.00	29.50
5+380.00	294.98	0.00	2,893.00	0.00	97.00	2,806.21	2.00	57.86	1.00	28.93
5+390.00	320.31	0.00	3,076.45	0.00	97.00	2,984.16	2.00	61.53	1.00	30.76

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
5+400.00	346.47	0.00	3,333.90	0.00	97.00	3,233.88	2.00	66.68	1.00	33.34
5+410.00	437.56	0.00	3,920.15	0.00	97.00	3,802.55	2.00	78.40	1.00	39.20
5+420.00	399.28	0.00	4,184.20	0.00	97.00	4,058.67	2.00	83.68	1.00	41.84
5+430.00	133.06	0.00	2,661.70	0.00	97.00	2,581.85	2.00	53.23	1.00	26.62
5+440.00	278.79	0.00	2,059.25	0.00	97.00	1,997.47	2.00	41.19	1.00	20.59
5+450.00	486.31	0.00	3,825.50	0.00	97.00	3,710.74	2.00	76.51	1.00	38.26
5+460.00	502.19	0.00	4,942.50	0.00	97.00	4,794.23	2.00	98.85	1.00	49.43
5+470.00	479.83	0.00	4,910.10	0.00	97.00	4,762.80	2.00	98.20	1.00	49.10
5+480.00	514.84	0.00	4,973.35	0.00	97.00	4,824.15	2.00	99.47	1.00	49.73
5+490.00	597.16	0.00	5,560.00	0.00	97.00	5,393.20	2.00	111.20	1.00	55.60
5+500.00	676.70	0.00	6,369.30	0.00	97.00	6,178.22	2.00	127.39	1.00	63.69
5+510.00	740.34	0.00	7,085.20	0.00	97.00	6,872.64	2.00	141.70	1.00	70.85
5+520.00	666.73	0.00	7,035.35	0.00	97.00	6,824.29	2.00	140.71	1.00	70.35
5+530.00	533.36	0.00	6,000.45	0.00	97.00	5,820.44	2.00	120.01	1.00	60.00
5+540.00	419.89	0.00	4,766.25	0.00	97.00	4,623.26	2.00	95.33	1.00	47.66
5+550.00	328.13	0.00	3,740.10	0.00	97.00	3,627.90	2.00	74.80	1.00	37.40
5+560.00	262.96	0.00	2,955.45	0.00	97.00	2,866.79	2.00	59.11	1.00	29.55
5+570.00	231.00	0.00	2,469.80	0.00	97.00	2,395.71	2.00	49.40	1.00	24.70
5+580.00	249.43	0.00	2,402.15	0.00	97.00	2,330.09	2.00	48.04	1.00	24.02
5+590.00	299.89	0.00	2,746.60	0.00	97.00	2,664.20	2.00	54.93	1.00	27.47
5+600.00	366.10	0.00	3,329.95	0.00	97.00	3,230.05	2.00	66.60	1.00	33.30
5+620.00	456.14	0.00	8,222.40	0.00	97.00	7,975.73	2.00	164.45	1.00	82.22
5+640.00	543.45	0.00	9,995.90	0.00	97.00	9,696.02	2.00	199.92	1.00	99.96
5+660.00	734.13	0.00	12,775.80	0.00	97.00	12,392.53	2.00	255.52	1.00	127.76
5+680.00	572.76	0.00	13,068.90	0.00	97.00	12,676.83	2.00	261.38	1.00	130.69
5+700.00	305.32	0.00	8,780.80	0.00	97.00	8,517.38	2.00	175.62	1.00	87.81
5+720.00	0.00	0.00	1,526.60	0.00	97.00	1,480.80	2.00	30.53	1.00	15.27
5+740.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
5+760.00	89.97	0.00	449.85	0.00	97.00	436.35	2.00	9.00	1.00	4.50
5+780.00	151.30	0.00	2,412.70	0.00	97.00	2,340.32	2.00	48.25	1.00	24.13
5+800.00	261.77	0.00	4,130.70	0.00	97.00	4,006.78	2.00	82.61	1.00	41.31
5+820.00	202.53	0.00	4,643.00	0.00	97.00	4,503.71	2.00	92.86	1.00	46.43
5+840.00	217.56	0.00	4,200.90	0.00	97.00	4,074.87	2.00	84.02	1.00	42.01
5+860.00	238.74	0.00	4,563.00	0.00	97.00	4,426.11	2.00	91.26	1.00	45.63
5+870.00	227.97	0.00	2,333.55	0.00	97.00	2,263.54	2.00	46.67	1.00	23.34
5+880.00	181.77	0.00	2,048.70	0.00	97.00	1,987.24	2.00	40.97	1.00	20.49
5+890.00	170.22	0.00	1,759.95	0.00	97.00	1,707.15	2.00	35.20	1.00	17.60
5+900.00	179.44	0.00	1,748.30	0.00	97.00	1,695.85	2.00	34.97	1.00	17.48
5+910.00	171.93	0.00	1,756.85	0.00	97.00	1,704.14	2.00	35.14	1.00	17.57
5+920.00	145.35	0.00	1,586.40	0.00	97.00	1,538.81	2.00	31.73	1.00	15.86
5+930.00	112.28	0.00	1,288.15	0.00	97.00	1,249.51	2.00	25.76	1.00	12.88
5+940.00	113.18	0.00	1,127.30	0.00	97.00	1,093.48	2.00	22.55	1.00	11.27

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA
BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
5+950.00	143.16	0.00	1,281.70	0.00	97.00	1,243.25	2.00	25.63	1.00	12.82
5+960.00	180.94	0.00	1,620.50	0.00	97.00	1,571.89	2.00	32.41	1.00	16.21
5+970.00	208.74	0.00	1,948.40	0.00	97.00	1,889.95	2.00	38.97	1.00	19.48
5+980.00	265.97	0.00	2,373.55	0.00	97.00	2,302.34	2.00	47.47	1.00	23.74
5+990.00	335.33	0.00	3,006.50	0.00	97.00	2,916.31	2.00	60.13	1.00	30.07
6+000.00	244.05	0.00	2,896.90	0.00	97.00	2,809.99	2.00	57.94	1.00	28.97
6+010.00	319.87	0.00	2,819.60	0.00	97.00	2,735.01	2.00	56.39	1.00	28.20
6+020.00	642.69	0.00	4,812.80	0.00	97.00	4,668.42	2.00	96.26	1.00	48.13
6+030.00	547.89	0.00	5,952.90	0.00	97.00	5,774.31	2.00	119.06	1.00	59.53
6+040.00	438.66	6.69	4,932.75	16.73	97.00	4,784.77	2.00	98.66	1.00	49.33
6+050.00	71.53	0.00	2,550.95	16.73	97.00	2,474.42	2.00	51.02	1.00	25.51
6+060.00	507.87	0.00	2,897.00	0.00	97.00	2,810.09	2.00	57.94	1.00	28.97
6+070.00	418.81	0.00	4,633.40	0.00	97.00	4,494.40	2.00	92.67	1.00	46.33
6+080.00	554.56	0.00	4,866.85	0.00	97.00	4,720.84	2.00	97.34	1.00	48.67
6+090.00	599.79	0.00	5,771.75	0.00	97.00	5,598.60	2.00	115.44	1.00	57.72
6+100.00	747.34	0.00	6,735.65	0.00	97.00	6,533.58	2.00	134.71	1.00	67.36
6+110.00	765.46	0.00	7,564.00	0.00	97.00	7,337.08	2.00	151.28	1.00	75.64
6+120.00	718.71	0.00	7,420.85	0.00	97.00	7,198.22	2.00	148.42	1.00	74.21
6+130.00	676.95	0.00	6,978.30	0.00	97.00	6,768.95	2.00	139.57	1.00	69.78
6+140.00	724.24	0.00	7,005.95	0.00	97.00	6,795.77	2.00	140.12	1.00	70.06
6+150.00	845.80	0.00	7,850.20	0.00	97.00	7,614.69	2.00	157.00	1.00	78.50
6+160.00	929.25	0.00	8,875.25	0.00	97.00	8,608.99	2.00	177.51	1.00	88.75
6+170.00	830.38	0.00	8,798.15	0.00	97.00	8,534.21	2.00	175.96	1.00	87.98
6+180.00	704.16	0.00	7,672.70	0.00	97.00	7,442.52	2.00	153.45	1.00	76.73
6+190.00	790.16	0.00	7,471.60	0.00	97.00	7,247.45	2.00	149.43	1.00	74.72
6+200.00	951.83	0.00	8,709.95	0.00	97.00	8,448.65	2.00	174.20	1.00	87.10
6+210.00	859.51	0.00	9,056.70	0.00	97.00	8,785.00	2.00	181.13	1.00	90.57
6+220.00	715.11	0.00	7,873.10	0.00	97.00	7,636.91	2.00	157.46	1.00	78.73
6+230.00	592.63	0.00	6,538.70	0.00	97.00	6,342.54	2.00	130.77	1.00	65.39
6+240.00	525.83	0.00	5,592.30	0.00	97.00	5,424.53	2.00	111.85	1.00	55.92
6+250.00	497.55	0.00	5,116.90	0.00	97.00	4,963.39	2.00	102.34	1.00	51.17
6+260.00	499.73	0.00	4,986.40	0.00	97.00	4,836.81	2.00	99.73	1.00	49.86
6+270.00	534.42	0.00	5,170.75	0.00	97.00	5,015.63	2.00	103.42	1.00	51.71
6+280.00	543.67	0.00	5,390.45	0.00	97.00	5,228.74	2.00	107.81	1.00	53.90
6+290.00	564.44	0.00	5,540.55	0.00	97.00	5,374.33	2.00	110.81	1.00	55.41
6+300.00	494.87	0.00	5,296.55	0.00	97.00	5,137.65	2.00	105.93	1.00	52.97
6+310.00	533.45	0.00	5,141.60	0.00	97.00	4,987.35	2.00	102.83	1.00	51.42
6+320.00	335.03	0.00	4,342.40	0.00	97.00	4,212.13	2.00	86.85	1.00	43.42
6+330.00	364.40	0.00	3,497.15	0.00	97.00	3,392.24	2.00	69.94	1.00	34.97
6+340.00	358.70	0.00	3,615.50	0.00	97.00	3,507.04	2.00	72.31	1.00	36.16
6+350.00	343.99	0.00	3,513.45	0.00	97.00	3,408.05	2.00	70.27	1.00	35.13
6+360.00	332.47	0.00	3,382.30	0.00	97.00	3,280.83	2.00	67.65	1.00	33.82

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
6+370.00	372.42	0.00	3,524.45	0.00	97.00	3,418.72	2.00	70.49	1.00	35.24
6+380.00	414.05	0.00	3,932.35	0.00	97.00	3,814.38	2.00	78.65	1.00	39.32
6+390.00	467.15	0.00	4,406.00	0.00	97.00	4,273.82	2.00	88.12	1.00	44.06
6+400.00	497.37	0.00	4,822.60	0.00	97.00	4,677.92	2.00	96.45	1.00	48.23
6+410.00	496.73	0.00	4,970.50	0.00	97.00	4,821.39	2.00	99.41	1.00	49.71
6+420.00	444.14	0.00	4,704.35	0.00	97.00	4,563.22	2.00	94.09	1.00	47.04
6+430.00	301.41	0.00	3,727.75	0.00	97.00	3,615.92	2.00	74.56	1.00	37.28
6+440.00	106.84	0.00	2,041.25	0.00	97.00	1,980.01	2.00	40.83	1.00	20.41
6+460.00	0.00	34.22	534.20	171.10	97.00	518.17	2.00	10.68	1.00	5.34
6+480.00	194.08	0.00	970.40	171.10	97.00	941.29	2.00	19.41	1.00	9.70
6+500.00	323.46	0.00	5,175.40	0.00	97.00	5,020.14	2.00	103.51	1.00	51.75
6+520.00	471.89	0.00	7,953.50	0.00	97.00	7,714.90	2.00	159.07	1.00	79.54
6+540.00	367.30	0.00	8,391.90	0.00	97.00	8,140.14	2.00	167.84	1.00	83.92
6+550.00	238.05	0.00	3,026.75	0.00	97.00	2,935.95	2.00	60.54	1.00	30.27
6+560.00	212.86	0.00	2,254.55	0.00	97.00	2,186.91	2.00	45.09	1.00	22.55
6+570.00	148.62	0.00	1,807.40	0.00	97.00	1,753.18	2.00	36.15	1.00	18.07
6+580.00	90.48	0.00	1,195.50	0.00	97.00	1,159.64	2.00	23.91	1.00	11.96
6+590.00	46.52	0.03	685.00	0.08	97.00	664.45	2.00	13.70	1.00	6.85
6+600.00	25.15	2.23	358.35	11.30	97.00	347.60	2.00	7.17	1.00	3.58
6+610.00	11.18	8.32	181.65	52.75	97.00	176.20	2.00	3.63	1.00	1.82
6+620.00	5.82	13.24	85.00	107.80	97.00	82.45	2.00	1.70	1.00	0.85
6+630.00	5.84	12.53	58.30	128.85	97.00	56.55	2.00	1.17	1.00	0.58
6+640.00	8.66	9.07	72.50	108.00	97.00	70.33	2.00	1.45	1.00	0.73
6+650.00	14.39	4.80	115.25	69.35	97.00	111.79	2.00	2.31	1.00	1.15
6+660.00	28.86	0.63	216.25	27.15	97.00	209.76	2.00	4.33	1.00	2.16
6+680.00	78.42	0.00	1,072.80	3.15	97.00	1,040.62	2.00	21.46	1.00	10.73
6+700.00	113.62	0.00	1,920.40	0.00	97.00	1,862.79	2.00	38.41	1.00	19.20
6+720.00	131.91	0.00	2,455.30	0.00	97.00	2,381.64	2.00	49.11	1.00	24.55
6+740.00	149.90	0.00	2,818.10	0.00	97.00	2,733.56	2.00	56.36	1.00	28.18
6+760.00	202.79	0.00	3,526.90	0.00	97.00	3,421.09	2.00	70.54	1.00	35.27
6+780.00	206.70	0.00	4,094.90	0.00	97.00	3,972.05	2.00	81.90	1.00	40.95
6+800.00	175.26	0.00	3,819.60	0.00	97.00	3,705.01	2.00	76.39	1.00	38.20
6+820.00	153.59	0.00	3,288.50	0.00	97.00	3,189.85	2.00	65.77	1.00	32.89
6+840.00	121.82	0.00	2,754.10	0.00	97.00	2,671.48	2.00	55.08	1.00	27.54
6+860.00	108.37	0.00	2,301.90	0.00	97.00	2,232.84	2.00	46.04	1.00	23.02
6+880.00	112.86	0.00	2,212.30	0.00	97.00	2,145.93	2.00	44.25	1.00	22.12
6+900.00	126.57	0.00	2,394.30	0.00	97.00	2,322.47	2.00	47.89	1.00	23.94
6+920.00	96.52	0.00	2,230.90	0.00	97.00	2,163.97	2.00	44.62	1.00	22.31
6+940.00	112.53	0.00	2,090.50	0.00	97.00	2,027.79	2.00	41.81	1.00	20.91
6+960.00	114.90	0.00	2,274.30	0.00	97.00	2,206.07	2.00	45.49	1.00	22.74
6+980.00	81.87	0.00	1,967.70	0.00	97.00	1,908.67	2.00	39.35	1.00	19.68
7+000.00	50.69	1.69	1,325.60	8.45	97.00	1,285.83	2.00	26.51	1.00	13.26

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
7+020.00	54.93	2.54	1,056.20	42.30	97.00	1,024.51	2.00	21.12	1.00	10.56
7+030.00	75.13	2.54	650.30	25.40	97.00	630.79	2.00	13.01	1.00	6.50
7+040.00	89.41	0.67	1,443.40	32.10	97.00	1,400.10	2.00	28.87	1.00	14.43
7+050.00	103.34	0.45	963.75	5.60	97.00	934.84	2.00	19.28	1.00	9.64
7+060.00	93.72	0.90	985.30	6.75	97.00	955.74	2.00	19.71	1.00	9.85
7+070.00	92.14	1.54	929.30	12.20	97.00	901.42	2.00	18.59	1.00	9.29
7+080.00	102.37	1.76	972.55	16.50	97.00	943.37	2.00	19.45	1.00	9.73
7+090.00	127.60	0.51	1,149.85	11.35	97.00	1,115.35	2.00	23.00	1.00	11.50
7+100.00	170.96	0.88	1,492.80	6.95	97.00	1,448.02	2.00	29.86	1.00	14.93
7+110.00	225.09	0.00	1,980.25	2.20	97.00	1,920.84	2.00	39.61	1.00	19.80
7+120.00	313.93	0.00	2,695.10	0.00	97.00	2,614.25	2.00	53.90	1.00	26.95
7+130.00	381.86	0.00	3,478.95	0.00	97.00	3,374.58	2.00	69.58	1.00	34.79
7+140.00	430.94	0.00	4,064.00	0.00	97.00	3,942.08	2.00	81.28	1.00	40.64
7+150.00	471.72	0.00	4,513.30	0.00	97.00	4,377.90	2.00	90.27	1.00	45.13
7+160.00	497.84	0.00	4,847.80	0.00	97.00	4,702.37	2.00	96.96	1.00	48.48
7+170.00	577.15	0.00	5,374.95	0.00	97.00	5,213.70	2.00	107.50	1.00	53.75
7+180.00	668.03	0.00	6,225.90	0.00	97.00	6,039.12	2.00	124.52	1.00	62.26
7+190.00	756.65	0.00	7,123.40	0.00	97.00	6,909.70	2.00	142.47	1.00	71.23
7+200.00	814.19	0.00	7,854.20	0.00	97.00	7,618.57	2.00	157.08	1.00	78.54
7+210.00	839.55	0.00	8,268.70	0.00	97.00	8,020.64	2.00	165.37	1.00	82.69
7+220.00	1,018.97	0.00	9,292.60	0.00	97.00	9,013.82	2.00	185.85	1.00	92.93
7+230.00	1,158.47	0.00	10,887.20	0.00	97.00	10,560.58	2.00	217.74	1.00	108.87
7+240.00	1,039.47	0.00	10,989.70	0.00	97.00	10,660.01	2.00	219.79	1.00	109.90
7+250.00	777.09	0.00	9,082.80	0.00	97.00	8,810.32	2.00	181.66	1.00	90.83
7+260.00	599.94	0.00	6,885.15	0.00	97.00	6,678.60	2.00	137.70	1.00	68.85
7+270.00	817.01	0.00	7,084.75	0.00	97.00	6,872.21	2.00	141.70	1.00	70.85
7+280.00	909.82	0.00	8,634.15	0.00	97.00	8,375.13	2.00	172.68	1.00	86.34
7+290.00	571.35	0.00	7,405.85	0.00	97.00	7,183.67	2.00	148.12	1.00	74.06
7+300.00	494.29	0.00	5,328.20	0.00	97.00	5,168.35	2.00	106.56	1.00	53.28
7+310.00	570.07	0.00	5,321.80	0.00	97.00	5,162.15	2.00	106.44	1.00	53.22
7+320.00	517.12	0.00	5,435.95	0.00	97.00	5,272.87	2.00	108.72	1.00	54.36
7+330.00	471.22	0.00	4,941.70	0.00	97.00	4,793.45	2.00	98.83	1.00	49.42
7+340.00	423.62	0.00	4,474.20	0.00	97.00	4,339.97	2.00	89.48	1.00	44.74
7+350.00	390.56	0.00	4,070.90	0.00	97.00	3,948.77	2.00	81.42	1.00	40.71
7+360.00	379.58	0.00	3,850.70	0.00	97.00	3,735.18	2.00	77.01	1.00	38.51
7+370.00	423.37	0.00	4,014.75	0.00	97.00	3,894.31	2.00	80.30	1.00	40.15
7+380.00	475.71	0.00	4,495.40	0.00	97.00	4,360.54	2.00	89.91	1.00	44.95
7+390.00	537.15	0.00	5,064.30	0.00	97.00	4,912.37	2.00	101.29	1.00	50.64
7+400.00	531.44	0.00	5,342.95	0.00	97.00	5,182.66	2.00	106.86	1.00	53.43
7+420.00	583.34	0.00	11,147.80	0.00	97.00	10,813.37	2.00	222.96	1.00	111.48
7+440.00	647.70	0.00	12,310.40	0.00	97.00	11,941.09	2.00	246.21	1.00	123.10
7+460.00	613.05	0.00	12,607.50	0.00	97.00	12,229.28	2.00	252.15	1.00	126.08

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
7+480.00	853.25	0.00	14,663.00	0.00	97.00	14,223.11	2.00	293.26	1.00	146.63
7+500.00	824.02	0.00	16,772.70	0.00	97.00	16,269.52	2.00	335.45	1.00	167.73
7+520.00	863.54	0.00	16,875.60	0.00	97.00	16,369.33	2.00	337.51	1.00	168.76
7+530.00	781.36	0.00	8,224.50	0.00	97.00	7,977.77	2.00	164.49	1.00	82.25
7+540.00	648.98	0.00	7,151.70	0.00	97.00	6,937.15	2.00	143.03	1.00	71.52
7+550.00	292.35	11.30	4,706.65	28.25	97.00	4,565.45	2.00	94.13	1.00	47.07
7+560.00	488.76	0.00	3,905.55	28.25	97.00	3,788.38	2.00	78.11	1.00	39.06
7+570.00	291.45	37.67	3,901.05	94.18	97.00	3,784.02	2.00	78.02	1.00	39.01
7+580.00	397.38	19.20	3,444.15	284.35	97.00	3,340.83	2.00	68.88	1.00	34.44
7+590.00	477.81	0.00	4,375.95	48.00	97.00	4,244.67	2.00	87.52	1.00	43.76
7+600.00	493.74	0.00	4,857.75	0.00	97.00	4,712.02	2.00	97.16	1.00	48.58
7+610.00	490.64	0.00	4,921.90	0.00	97.00	4,774.24	2.00	98.44	1.00	49.22
7+620.00	492.55	0.00	4,915.95	0.00	97.00	4,768.47	2.00	98.32	1.00	49.16
7+630.00	514.73	0.00	5,036.40	0.00	97.00	4,885.31	2.00	100.73	1.00	50.36
7+640.00	510.13	0.00	5,124.30	0.00	97.00	4,970.57	2.00	102.49	1.00	51.24
7+660.00	495.79	0.00	10,059.20	0.00	97.00	9,757.42	2.00	201.18	1.00	100.59
7+680.00	312.11	0.00	8,079.00	0.00	97.00	7,836.63	2.00	161.58	1.00	80.79
7+690.00	455.79	0.00	3,839.50	0.00	97.00	3,724.32	2.00	76.79	1.00	38.40
7+700.00	704.92	0.00	5,803.55	0.00	97.00	5,629.44	2.00	116.07	1.00	58.04
7+710.00	781.65	0.00	7,432.85	0.00	97.00	7,209.86	2.00	148.66	1.00	74.33
7+720.00	747.06	0.00	7,643.55	0.00	97.00	7,414.24	2.00	152.87	1.00	76.44
7+730.00	787.43	0.00	7,672.45	0.00	97.00	7,442.28	2.00	153.45	1.00	76.72
7+740.00	841.14	0.00	8,142.85	0.00	97.00	7,898.56	2.00	162.86	1.00	81.43
7+750.00	562.87	0.00	7,020.05	0.00	97.00	6,809.45	2.00	140.40	1.00	70.20
7+760.00	567.55	0.00	5,652.10	0.00	97.00	5,482.54	2.00	113.04	1.00	56.52
7+770.00	399.27	0.00	4,834.10	0.00	97.00	4,689.08	2.00	96.68	1.00	48.34
7+780.00	371.95	0.00	3,856.10	0.00	97.00	3,740.42	2.00	77.12	1.00	38.56
7+790.00	397.33	0.00	3,846.40	0.00	97.00	3,731.01	2.00	76.93	1.00	38.46
7+800.00	402.02	0.00	3,996.75	0.00	97.00	3,876.85	2.00	79.94	1.00	39.97
7+810.00	492.53	0.00	4,472.75	0.00	97.00	4,338.57	2.00	89.46	1.00	44.73
7+820.00	688.76	0.00	5,906.45	0.00	97.00	5,729.26	2.00	118.13	1.00	59.06
7+830.00	731.64	0.00	7,102.00	0.00	97.00	6,888.94	2.00	142.04	1.00	71.02
7+840.00	701.84	0.00	7,167.40	0.00	97.00	6,952.38	2.00	143.35	1.00	71.67
7+850.00	641.68	0.00	6,717.60	0.00	97.00	6,516.07	2.00	134.35	1.00	67.18
7+860.00	675.59	0.00	6,586.35	0.00	97.00	6,388.76	2.00	131.73	1.00	65.86
7+870.00	684.74	0.00	6,801.65	0.00	97.00	6,597.60	2.00	136.03	1.00	68.02
7+880.00	805.71	0.00	7,452.25	0.00	97.00	7,228.68	2.00	149.05	1.00	74.52
7+890.00	793.89	0.00	7,998.00	0.00	97.00	7,758.06	2.00	159.96	1.00	79.98
7+900.00	893.28	0.00	8,435.85	0.00	97.00	8,182.77	2.00	168.72	1.00	84.36
7+910.00	1,017.63	0.00	9,554.55	0.00	97.00	9,267.91	2.00	191.09	1.00	95.55
7+920.00	908.28	0.00	9,629.55	0.00	97.00	9,340.66	2.00	192.59	1.00	96.30
7+930.00	857.57	0.00	8,829.25	0.00	97.00	8,564.37	2.00	176.59	1.00	88.29

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
7+940.00	816.12	0.00	8,368.45	0.00	97.00	8,117.40	2.00	167.37	1.00	83.68
7+950.00	441.90	0.00	6,290.10	0.00	97.00	6,101.40	2.00	125.80	1.00	62.90
7+960.00	557.03	0.00	4,994.65	0.00	97.00	4,844.81	2.00	99.89	1.00	49.95
7+970.00	925.65	0.00	7,413.40	0.00	97.00	7,191.00	2.00	148.27	1.00	74.13
7+980.00	1,068.56	0.00	9,971.05	0.00	97.00	9,671.92	2.00	199.42	1.00	99.71
7+990.00	1,180.54	0.00	11,245.50	0.00	97.00	10,908.14	2.00	224.91	1.00	112.46
8+000.00	1,130.09	0.00	11,553.15	0.00	97.00	11,206.56	2.00	231.06	1.00	115.53
8+010.00	981.32	0.00	10,557.05	0.00	97.00	10,240.34	2.00	211.14	1.00	105.57
8+020.00	979.63	0.00	9,804.75	0.00	97.00	9,510.61	2.00	196.10	1.00	98.05
8+030.00	995.09	0.00	9,873.60	0.00	97.00	9,577.39	2.00	197.47	1.00	98.74
8+040.00	988.45	0.00	9,917.70	0.00	97.00	9,620.17	2.00	198.35	1.00	99.18
8+050.00	1,008.44	0.00	9,984.45	0.00	97.00	9,684.92	2.00	199.69	1.00	99.84
8+060.00	978.31	0.00	9,933.75	0.00	97.00	9,635.74	2.00	198.68	1.00	99.34
8+070.00	1,024.07	0.00	10,011.90	0.00	97.00	9,711.54	2.00	200.24	1.00	100.12
8+080.00	1,124.88	0.00	10,744.75	0.00	97.00	10,422.41	2.00	214.90	1.00	107.45
8+090.00	1,129.48	0.00	11,271.80	0.00	97.00	10,933.65	2.00	225.44	1.00	112.72
8+100.00	1,208.04	0.00	11,687.60	0.00	97.00	11,336.97	2.00	233.75	1.00	116.88
8+110.00	1,248.20	0.00	12,281.20	0.00	97.00	11,912.76	2.00	245.62	1.00	122.81
8+120.00	1,140.63	0.00	11,944.15	0.00	97.00	11,585.83	2.00	238.88	1.00	119.44
8+130.00	1,040.51	0.00	10,905.70	0.00	97.00	10,578.53	2.00	218.11	1.00	109.06
8+140.00	891.04	0.00	9,657.75	0.00	97.00	9,368.02	2.00	193.16	1.00	96.58
8+150.00	775.41	0.00	8,332.25	0.00	97.00	8,082.28	2.00	166.65	1.00	83.32
8+160.00	688.35	0.00	7,318.80	0.00	97.00	7,099.24	2.00	146.38	1.00	73.19
8+170.00	596.95	0.00	6,426.50	0.00	97.00	6,233.71	2.00	128.53	1.00	64.27
8+180.00	555.71	0.00	5,763.30	0.00	97.00	5,590.40	2.00	115.27	1.00	57.63
8+190.00	491.28	0.00	5,234.95	0.00	97.00	5,077.90	2.00	104.70	1.00	52.35
8+200.00	478.53	0.00	4,849.05	0.00	97.00	4,703.58	2.00	96.98	1.00	48.49
8+210.00	450.79	0.00	4,646.60	0.00	97.00	4,507.20	2.00	92.93	1.00	46.47
8+220.00	435.04	0.00	4,429.15	0.00	97.00	4,296.28	2.00	88.58	1.00	44.29
8+230.00	416.65	0.00	4,258.45	0.00	97.00	4,130.70	2.00	85.17	1.00	42.58
8+240.00	384.20	0.00	4,004.25	0.00	97.00	3,884.12	2.00	80.09	1.00	40.04
8+250.00	396.95	0.00	3,905.75	0.00	97.00	3,788.58	2.00	78.12	1.00	39.06
8+260.00	394.18	0.00	3,955.65	0.00	97.00	3,836.98	2.00	79.11	1.00	39.56
8+270.00	353.33	0.00	3,737.55	0.00	97.00	3,625.42	2.00	74.75	1.00	37.38
8+280.00	309.59	0.00	3,314.60	0.00	97.00	3,215.16	2.00	66.29	1.00	33.15
8+290.00	283.95	0.00	2,967.70	0.00	97.00	2,878.67	2.00	59.35	1.00	29.68
8+300.00	258.37	0.00	2,711.60	0.00	97.00	2,630.25	2.00	54.23	1.00	27.12
8+320.00	291.10	0.00	5,494.70	0.00	97.00	5,329.86	2.00	109.89	1.00	54.95
8+340.00	274.10	0.00	5,652.00	0.00	97.00	5,482.44	2.00	113.04	1.00	56.52
8+360.00	234.04	0.00	5,081.40	0.00	97.00	4,928.96	2.00	101.63	1.00	50.81
8+380.00	214.03	0.00	4,480.70	0.00	97.00	4,346.28	2.00	89.61	1.00	44.81
8+400.00	217.14	0.00	4,311.70	0.00	97.00	4,182.35	2.00	86.23	1.00	43.12

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
8+420.00	181.94	0.00	3,990.80	0.00	97.00	3,871.08	2.00	79.82	1.00	39.91
8+430.00	185.78	0.00	1,838.60	0.00	97.00	1,783.44	2.00	36.77	1.00	18.39
8+440.00	158.32	0.00	1,720.50	0.00	97.00	1,668.89	2.00	34.41	1.00	17.21
8+450.00	140.85	0.00	1,495.85	0.00	97.00	1,450.97	2.00	29.92	1.00	14.96
8+460.00	127.86	0.57	1,343.55	1.43	97.00	1,303.24	2.00	26.87	1.00	13.44
8+470.00	116.85	1.03	1,223.55	8.00	97.00	1,186.84	2.00	24.47	1.00	12.24
8+480.00	117.10	0.19	1,169.75	6.10	97.00	1,134.66	2.00	23.40	1.00	11.70
8+490.00	114.59	0.92	1,158.45	5.55	97.00	1,123.70	2.00	23.17	1.00	11.58
8+500.00	113.13	0.99	1,138.60	9.55	97.00	1,104.44	2.00	22.77	1.00	11.39
8+510.00	115.87	0.25	1,145.00	6.20	97.00	1,110.65	2.00	22.90	1.00	11.45
8+520.00	121.72	0.07	1,187.95	1.60	97.00	1,152.31	2.00	23.76	1.00	11.88
8+530.00	119.61	0.29	1,206.65	1.80	97.00	1,170.45	2.00	24.13	1.00	12.07
8+540.00	118.60	0.33	1,191.05	3.10	97.00	1,155.32	2.00	23.82	1.00	11.91
8+550.00	126.81	0.24	1,227.05	2.85	97.00	1,190.24	2.00	24.54	1.00	12.27
8+560.00	145.04	0.07	1,359.25	1.55	97.00	1,318.47	2.00	27.19	1.00	13.59
8+570.00	169.38	0.42	1,572.10	2.45	97.00	1,524.94	2.00	31.44	1.00	15.72
8+580.00	181.82	0.37	1,756.00	3.95	97.00	1,703.32	2.00	35.12	1.00	17.56
8+590.00	218.82	0.00	2,003.20	0.93	97.00	1,943.10	2.00	40.06	1.00	20.03
8+600.00	223.56	0.00	2,211.90	0.00	97.00	2,145.54	2.00	44.24	1.00	22.12
8+610.00	236.72	0.00	2,301.40	0.00	97.00	2,232.36	2.00	46.03	1.00	23.01
8+620.00	210.27	0.00	2,234.95	0.00	97.00	2,167.90	2.00	44.70	1.00	22.35
8+630.00	209.19	0.00	2,097.30	0.00	97.00	2,034.38	2.00	41.95	1.00	20.97
8+640.00	313.55	0.00	2,613.70	0.00	97.00	2,535.29	2.00	52.27	1.00	26.14
8+650.00	347.31	0.00	3,304.30	0.00	97.00	3,205.17	2.00	66.09	1.00	33.04
8+660.00	291.99	0.00	3,196.50	0.00	97.00	3,100.61	2.00	63.93	1.00	31.97
8+670.00	306.60	0.00	2,992.95	0.00	97.00	2,903.16	2.00	59.86	1.00	29.93
8+680.00	223.05	0.00	2,648.25	0.00	97.00	2,568.80	2.00	52.97	1.00	26.48
8+690.00	116.37	0.00	1,697.10	0.00	97.00	1,646.19	2.00	33.94	1.00	16.97
8+700.00	77.79	0.00	970.80	0.00	97.00	941.68	2.00	19.42	1.00	9.71
8+710.00	38.38	0.00	580.85	0.00	97.00	563.42	2.00	11.62	1.00	5.81
8+720.00	26.74	0.00	325.60	0.00	97.00	315.83	2.00	6.51	1.00	3.26
8+730.00	26.26	0.00	265.00	0.00	97.00	257.05	2.00	5.30	1.00	2.65
8+740.00	19.91	0.19	230.85	0.48	97.00	223.92	2.00	4.62	1.00	2.31
8+750.00	20.77	0.00	203.40	0.48	97.00	197.30	2.00	4.07	1.00	2.03
8+760.00	15.76	0.00	182.65	0.00	97.00	177.17	2.00	3.65	1.00	1.83
8+770.00	15.67	0.04	157.15	0.10	97.00	152.44	2.00	3.14	1.00	1.57
8+780.00	16.77	0.00	162.20	0.10	97.00	157.33	2.00	3.24	1.00	1.62
8+790.00	11.79	0.17	142.80	0.43	97.00	138.52	2.00	2.86	1.00	1.43
8+800.00	8.07	0.11	99.30	1.40	97.00	96.32	2.00	1.99	1.00	0.99
8+810.00	14.69	0.00	113.80	0.28	97.00	110.39	2.00	2.28	1.00	1.14
8+820.00	23.46	0.00	190.75	0.00	97.00	185.03	2.00	3.82	1.00	1.91
8+830.00	26.85	0.00	251.55	0.00	97.00	244.00	2.00	5.03	1.00	2.52

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
8+840.00	21.70	0.00	242.75	0.00	97.00	235.47	2.00	4.86	1.00	2.43
8+850.00	13.10	0.00	174.00	0.00	97.00	168.78	2.00	3.48	1.00	1.74
8+860.00	16.13	0.00	146.15	0.00	97.00	141.77	2.00	2.92	1.00	1.46
8+870.00	11.89	0.00	140.10	0.00	97.00	135.90	2.00	2.80	1.00	1.40
8+880.00	13.59	0.99	127.40	2.48	97.00	123.58	2.00	2.55	1.00	1.27
8+890.00	13.20	0.88	133.95	9.35	97.00	129.93	2.00	2.68	1.00	1.34
8+900.00	13.16	2.54	131.80	17.10	97.00	127.85	2.00	2.64	1.00	1.32
8+910.00	13.04	3.67	131.00	31.05	97.00	127.07	2.00	2.62	1.00	1.31
8+920.00	13.40	2.46	132.20	30.65	97.00	128.23	2.00	2.64	1.00	1.32
8+930.00	15.70	0.88	145.50	16.70	97.00	141.14	2.00	2.91	1.00	1.46
8+940.00	22.37	0.00	190.35	2.20	97.00	184.64	2.00	3.81	1.00	1.90
8+950.00	27.65	0.00	250.10	0.00	97.00	242.60	2.00	5.00	1.00	2.50
8+960.00	35.75	0.00	317.00	0.00	97.00	307.49	2.00	6.34	1.00	3.17
8+970.00	48.23	0.00	419.90	0.00	97.00	407.30	2.00	8.40	1.00	4.20
8+980.00	59.83	0.00	540.30	0.00	97.00	524.09	2.00	10.81	1.00	5.40
8+990.00	69.07	0.00	644.50	0.00	97.00	625.17	2.00	12.89	1.00	6.45
9+000.00	76.71	0.00	728.90	0.00	97.00	707.03	2.00	14.58	1.00	7.29
9+010.00	83.35	0.00	800.30	0.00	97.00	776.29	2.00	16.01	1.00	8.00
9+020.00	92.49	0.00	879.20	0.00	97.00	852.82	2.00	17.58	1.00	8.79
9+030.00	99.71	0.00	961.00	0.00	97.00	932.17	2.00	19.22	1.00	9.61
9+040.00	92.91	0.00	963.10	0.00	97.00	934.21	2.00	19.26	1.00	9.63
9+050.00	94.13	0.00	935.20	0.00	97.00	907.14	2.00	18.70	1.00	9.35
9+060.00	93.76	0.00	939.45	0.00	97.00	911.27	2.00	18.79	1.00	9.39
9+070.00	97.22	0.00	954.90	0.00	97.00	926.25	2.00	19.10	1.00	9.55
9+080.00	100.50	0.00	988.60	0.00	97.00	958.94	2.00	19.77	1.00	9.89
9+090.00	111.81	0.00	1,061.55	0.00	97.00	1,029.70	2.00	21.23	1.00	10.62
9+100.00	119.03	0.00	1,154.20	0.00	97.00	1,119.57	2.00	23.08	1.00	11.54
9+110.00	129.00	0.00	1,240.15	0.00	97.00	1,202.95	2.00	24.80	1.00	12.40
9+120.00	144.75	0.00	1,368.75	0.00	97.00	1,327.69	2.00	27.38	1.00	13.69
9+130.00	156.99	0.00	1,508.70	0.00	97.00	1,463.44	2.00	30.17	1.00	15.09
9+140.00	169.64	0.00	1,633.15	0.00	97.00	1,584.16	2.00	32.66	1.00	16.33
9+150.00	193.14	0.00	1,813.90	0.00	97.00	1,759.48	2.00	36.28	1.00	18.14
9+160.00	235.74	0.00	2,144.40	0.00	97.00	2,080.07	2.00	42.89	1.00	21.44
9+170.00	278.57	0.00	2,571.55	0.00	97.00	2,494.40	2.00	51.43	1.00	25.72
9+180.00	329.54	0.00	3,040.55	0.00	97.00	2,949.33	2.00	60.81	1.00	30.41
9+190.00	416.03	0.00	3,727.85	0.00	97.00	3,616.01	2.00	74.56	1.00	37.28
9+200.00	506.65	0.00	4,613.40	0.00	97.00	4,475.00	2.00	92.27	1.00	46.13
9+210.00	628.19	0.00	5,674.20	0.00	97.00	5,503.97	2.00	113.48	1.00	56.74
9+220.00	713.38	0.00	6,707.85	0.00	97.00	6,506.61	2.00	134.16	1.00	67.08
9+230.00	798.43	0.00	7,559.05	0.00	97.00	7,332.28	2.00	151.18	1.00	75.59
9+240.00	858.97	0.00	8,287.00	0.00	97.00	8,038.39	2.00	165.74	1.00	82.87
9+250.00	894.38	0.00	8,766.75	0.00	97.00	8,503.75	2.00	175.34	1.00	87.67

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
9+260.00	850.85	0.00	8,726.15	0.00	97.00	8,464.37	2.00	174.52	1.00	87.26
9+270.00	815.42	0.00	8,331.35	0.00	97.00	8,081.41	2.00	166.63	1.00	83.31
9+280.00	775.64	0.00	7,955.30	0.00	97.00	7,716.64	2.00	159.11	1.00	79.55
9+290.00	760.21	0.00	7,679.25	0.00	97.00	7,448.87	2.00	153.59	1.00	76.79
9+300.00	718.30	0.00	7,392.55	0.00	97.00	7,170.77	2.00	147.85	1.00	73.93
9+310.00	704.59	0.00	7,114.45	0.00	97.00	6,901.02	2.00	142.29	1.00	71.14
9+320.00	683.01	0.00	6,938.00	0.00	97.00	6,729.86	2.00	138.76	1.00	69.38
9+330.00	738.38	0.00	7,106.95	0.00	97.00	6,893.74	2.00	142.14	1.00	71.07
9+340.00	836.06	0.00	7,872.20	0.00	97.00	7,636.03	2.00	157.44	1.00	78.72
9+350.00	884.14	0.00	8,601.00	0.00	97.00	8,342.97	2.00	172.02	1.00	86.01
9+360.00	1,002.80	0.00	9,434.70	0.00	97.00	9,151.66	2.00	188.69	1.00	94.35
9+370.00	1,097.90	0.00	10,503.50	0.00	97.00	10,188.40	2.00	210.07	1.00	105.04
9+380.00	1,121.00	0.00	11,094.50	0.00	97.00	10,761.67	2.00	221.89	1.00	110.95
9+390.00	1,186.36	0.00	11,536.80	0.00	97.00	11,190.70	2.00	230.74	1.00	115.37
9+400.00	1,235.97	0.00	12,111.65	0.00	97.00	11,748.30	2.00	242.23	1.00	121.12
9+410.00	1,309.99	0.00	12,729.80	0.00	97.00	12,347.91	2.00	254.60	1.00	127.30
9+420.00	1,376.42	0.00	13,432.05	0.00	97.00	13,029.09	2.00	268.64	1.00	134.32
9+430.00	1,346.80	0.00	13,616.10	0.00	97.00	13,207.62	2.00	272.32	1.00	136.16
9+440.00	1,331.75	0.00	13,392.75	0.00	97.00	12,990.97	2.00	267.86	1.00	133.93
9+450.00	1,339.35	0.00	13,355.50	0.00	97.00	12,954.84	2.00	267.11	1.00	133.56
9+460.00	1,303.40	0.00	13,213.75	0.00	97.00	12,817.34	2.00	264.28	1.00	132.14
9+470.00	1,323.49	0.00	13,134.45	0.00	97.00	12,740.42	2.00	262.69	1.00	131.34
9+480.00	1,265.65	0.00	12,945.70	0.00	97.00	12,557.33	2.00	258.91	1.00	129.46
9+490.00	1,193.55	0.00	12,296.00	0.00	97.00	11,927.12	2.00	245.92	1.00	122.96
9+500.00	1,194.83	0.00	11,941.90	0.00	97.00	11,583.64	2.00	238.84	1.00	119.42
9+520.00	1,251.27	0.00	24,461.00	0.00	97.00	23,727.17	2.00	489.22	1.00	244.61
9+540.00	1,350.26	0.00	26,015.30	0.00	97.00	25,234.84	2.00	520.31	1.00	260.15
9+560.00	1,382.77	0.00	27,330.30	0.00	97.00	26,510.39	2.00	546.61	1.00	273.30
9+580.00	1,527.55	0.00	29,103.20	0.00	97.00	28,230.10	2.00	582.06	1.00	291.03
9+600.00	1,683.53	0.00	32,110.80	0.00	97.00	31,147.48	2.00	642.22	1.00	321.11
9+610.00	1,669.89	0.00	16,767.10	0.00	97.00	16,264.09	2.00	335.34	1.00	167.67
9+620.00	1,727.10	0.00	16,984.95	0.00	97.00	16,475.40	2.00	339.70	1.00	169.85
9+630.00	1,666.26	0.00	16,966.80	0.00	97.00	16,457.80	2.00	339.34	1.00	169.67
9+640.00	1,729.21	0.00	16,977.35	0.00	97.00	16,468.03	2.00	339.55	1.00	169.77
9+650.00	1,720.18	0.00	17,246.95	0.00	97.00	16,729.54	2.00	344.94	1.00	172.47
9+660.00	1,807.02	0.00	17,636.00	0.00	97.00	17,106.92	2.00	352.72	1.00	176.36
9+670.00	1,870.39	0.00	18,387.05	0.00	97.00	17,835.44	2.00	367.74	1.00	183.87
9+680.00	1,925.73	0.00	18,980.60	0.00	97.00	18,411.18	2.00	379.61	1.00	189.81
9+690.00	1,875.76	0.00	19,007.45	0.00	97.00	18,437.23	2.00	380.15	1.00	190.07
9+700.00	1,913.43	0.00	18,945.95	0.00	97.00	18,377.57	2.00	378.92	1.00	189.46
9+710.00	1,923.67	0.00	19,185.50	0.00	97.00	18,609.94	2.00	383.71	1.00	191.86
9+720.00	1,915.28	0.00	19,194.75	0.00	97.00	18,618.91	2.00	383.90	1.00	191.95

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
9+730.00	1,870.80	0.00	18,930.40	0.00	97.00	18,362.49	2.00	378.61	1.00	189.30
9+740.00	1,877.89	0.00	18,743.45	0.00	97.00	18,181.15	2.00	374.87	1.00	187.43
9+750.00	1,858.16	0.00	18,680.25	0.00	97.00	18,119.84	2.00	373.61	1.00	186.80
9+760.00	1,823.74	0.00	18,409.50	0.00	97.00	17,857.22	2.00	368.19	1.00	184.10
9+770.00	1,809.91	0.00	18,168.25	0.00	97.00	17,623.20	2.00	363.37	1.00	181.68
9+780.00	1,805.64	0.00	18,077.75	0.00	97.00	17,535.42	2.00	361.56	1.00	180.78
9+790.00	1,749.50	0.00	17,775.70	0.00	97.00	17,242.43	2.00	355.51	1.00	177.76
9+800.00	1,834.96	0.00	17,922.30	0.00	97.00	17,384.63	2.00	358.45	1.00	179.22
9+810.00	1,915.60	0.00	18,752.80	0.00	97.00	18,190.22	2.00	375.06	1.00	187.53
9+820.00	1,848.62	0.00	18,821.10	0.00	97.00	18,256.47	2.00	376.42	1.00	188.21
9+830.00	1,907.83	0.00	18,782.25	0.00	97.00	18,218.78	2.00	375.65	1.00	187.82
9+840.00	1,989.20	0.00	19,485.15	0.00	97.00	18,900.60	2.00	389.70	1.00	194.85
9+850.00	1,968.46	0.00	19,788.30	0.00	97.00	19,194.65	2.00	395.77	1.00	197.88
9+860.00	1,987.05	0.00	19,777.55	0.00	97.00	19,184.22	2.00	395.55	1.00	197.78
9+870.00	1,948.14	0.00	19,675.95	0.00	97.00	19,085.67	2.00	393.52	1.00	196.76
9+880.00	2,033.08	0.00	19,906.10	0.00	97.00	19,308.92	2.00	398.12	1.00	199.06
9+890.00	2,220.16	0.00	21,266.20	0.00	97.00	20,628.21	2.00	425.32	1.00	212.66
9+900.00	2,182.34	0.00	22,012.50	0.00	97.00	21,352.13	2.00	440.25	1.00	220.13
9+920.00	2,199.76	0.00	43,821.00	0.00	97.00	42,506.37	2.00	876.42	1.00	438.21
9+940.00	2,129.10	0.00	43,288.60	0.00	97.00	41,989.94	2.00	865.77	1.00	432.89
9+960.00	2,296.14	0.00	44,252.40	0.00	97.00	42,924.83	2.00	885.05	1.00	442.52
9+980.00	1,338.64	0.00	36,347.80	0.00	97.00	35,257.37	2.00	726.96	1.00	363.48
10+000.00	1,136.18	0.00	24,748.20	0.00	97.00	24,005.75	2.00	494.96	1.00	247.48
10+020.00	810.54	0.00	19,467.20	0.00	97.00	18,883.18	2.00	389.34	1.00	194.67
10+040.00	666.01	0.00	14,765.50	0.00	97.00	14,322.54	2.00	295.31	1.00	147.66
10+050.00	566.20	0.00	6,161.05	0.00	97.00	5,976.22	2.00	123.22	1.00	61.61
10+060.00	460.75	0.00	5,134.75	0.00	97.00	4,980.71	2.00	102.70	1.00	51.35
10+070.00	349.26	0.00	4,050.05	0.00	97.00	3,928.55	2.00	81.00	1.00	40.50
10+080.00	223.90	0.00	2,865.80	0.00	97.00	2,779.83	2.00	57.32	1.00	28.66
10+090.00	116.42	0.00	1,701.60	0.00	97.00	1,650.55	2.00	34.03	1.00	17.02
10+100.00	50.30	0.66	833.60	1.65	97.00	808.59	2.00	16.67	1.00	8.34
10+110.00	17.28	10.33	337.90	54.95	97.00	327.76	2.00	6.76	1.00	3.38
10+120.00	6.91	19.89	120.95	151.10	97.00	117.32	2.00	2.42	1.00	1.21
10+130.00	3.74	25.95	53.25	229.20	97.00	51.65	2.00	1.07	1.00	0.53
10+140.00	3.29	25.75	35.15	258.50	97.00	34.10	2.00	0.70	1.00	0.35
10+150.00	3.15	28.29	32.20	270.20	97.00	31.23	2.00	0.64	1.00	0.32
10+160.00	3.61	31.39	33.80	298.40	97.00	32.79	2.00	0.68	1.00	0.34
10+170.00	3.01	36.58	33.10	339.85	97.00	32.11	2.00	0.66	1.00	0.33
10+180.00	0.00	45.31	7.53	409.45	97.00	7.30	2.00	0.15	1.00	0.08
10+190.00	0.00	61.91	0.00	536.10	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
10+200.00	16.65	21.64	41.63	417.75	97.00	40.38	2.00	0.83	1.00	0.42
10+210.00	90.49	0.00	535.70	54.10	97.00	519.63	2.00	10.71	1.00	5.36

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
10+220.00	189.78	0.00	1,401.35	0.00	97.00	1,359.31	2.00	28.03	1.00	14.01
10+230.00	294.37	0.00	2,420.75	0.00	97.00	2,348.13	2.00	48.42	1.00	24.21
10+240.00	236.54	1.94	2,654.55	4.85	97.00	2,574.91	2.00	53.09	1.00	26.55
10+250.00	192.05	0.00	2,142.95	4.85	97.00	2,078.66	2.00	42.86	1.00	21.43
10+260.00	521.87	0.00	3,569.60	0.00	97.00	3,462.51	2.00	71.39	1.00	35.70
10+270.00	608.45	0.00	5,651.60	0.00	97.00	5,482.05	2.00	113.03	1.00	56.52
10+280.00	577.51	0.00	5,929.80	0.00	97.00	5,751.91	2.00	118.60	1.00	59.30
10+290.00	368.11	0.00	4,728.10	0.00	97.00	4,586.26	2.00	94.56	1.00	47.28
10+300.00	89.88	0.00	2,289.95	0.00	97.00	2,221.25	2.00	45.80	1.00	22.90
10+310.00	0.00	0.00	224.70	0.00	97.00	217.96	2.00	4.49	1.00	2.25
10+320.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
10+330.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
10+340.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
10+350.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
10+360.00	7.57	22.09	18.93	55.23	97.00	18.36	2.00	0.38	1.00	0.19
10+370.00	12.01	15.03	97.90	185.60	97.00	94.96	2.00	1.96	1.00	0.98
10+380.00	29.56	2.77	207.85	89.00	97.00	201.61	2.00	4.16	1.00	2.08
10+390.00	88.41	0.00	589.85	6.93	97.00	572.15	2.00	11.80	1.00	5.90
10+400.00	156.37	0.00	1,223.90	0.00	97.00	1,187.18	2.00	24.48	1.00	12.24
10+410.00	250.51	0.00	2,034.40	0.00	97.00	1,973.37	2.00	40.69	1.00	20.34
10+420.00	356.09	0.00	3,033.00	0.00	97.00	2,942.01	2.00	60.66	1.00	30.33
10+440.00	521.12	0.00	8,772.10	0.00	97.00	8,508.94	2.00	175.44	1.00	87.72
10+460.00	700.43	0.00	12,215.50	0.00	97.00	11,849.04	2.00	244.31	1.00	122.16
10+480.00	790.03	0.00	14,904.60	0.00	97.00	14,457.46	2.00	298.09	1.00	149.05
10+500.00	859.39	0.00	16,494.20	0.00	97.00	15,999.37	2.00	329.88	1.00	164.94
10+520.00	915.28	0.00	17,746.70	0.00	97.00	17,214.30	2.00	354.93	1.00	177.47
10+540.00	900.36	0.00	18,156.40	0.00	97.00	17,611.71	2.00	363.13	1.00	181.56
10+560.00	873.96	0.00	17,743.20	0.00	97.00	17,210.90	2.00	354.86	1.00	177.43
10+580.00	832.16	0.00	17,061.20	0.00	97.00	16,549.36	2.00	341.22	1.00	170.61
10+600.00	769.77	0.00	16,019.30	0.00	97.00	15,538.72	2.00	320.39	1.00	160.19
10+620.00	649.08	0.00	14,188.50	0.00	97.00	13,762.85	2.00	283.77	1.00	141.89
10+640.00	553.73	0.00	12,028.10	0.00	97.00	11,667.26	2.00	240.56	1.00	120.28
10+660.00	452.76	0.00	10,064.90	0.00	97.00	9,762.95	2.00	201.30	1.00	100.65
10+680.00	306.53	0.00	7,592.90	0.00	97.00	7,365.11	2.00	151.86	1.00	75.93
10+700.00	204.39	0.00	5,109.20	0.00	97.00	4,955.92	2.00	102.18	1.00	51.09
10+720.00	111.11	0.00	3,155.00	0.00	97.00	3,060.35	2.00	63.10	1.00	31.55
10+740.00	132.82	0.00	2,439.30	0.00	97.00	2,366.12	2.00	48.79	1.00	24.39
10+760.00	148.66	0.00	2,814.80	0.00	97.00	2,730.36	2.00	56.30	1.00	28.15
10+780.00	104.59	0.00	2,532.50	0.00	97.00	2,456.53	2.00	50.65	1.00	25.33
10+790.00	68.83	0.00	867.10	0.00	97.00	841.09	2.00	17.34	1.00	8.67
10+800.00	66.34	0.00	675.85	0.00	97.00	655.57	2.00	13.52	1.00	6.76
10+810.00	57.52	0.00	619.30	0.00	97.00	600.72	2.00	12.39	1.00	6.19

					2.29	2.00	10.98	1.00	5.49					
					490.87	2.00	10.12	1.00	5.06					
					615.47	2.00	12.69	1.00	6.35					
					1,247.27	2.00	25.72	1.00	12.86					
				97.00	1,889.66	2.00	38.96	1.00	19.48					
				97.00	1,896.30	2.00	39.10	1.00	19.55					
				0.00	97.00	1,450.25	2.00	29.90	1.00	14.95				
				1.08	97.00	869.85	2.00	17.94	1.00	8.97				
				1.08	97.00	147.32	2.00	3.04	1.00	1.52				
				0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00			
				0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00			
				0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00			
				72.10	0.00	97.00	69.94	2.00	1.44	1.00	0.72			
				1,043.30	0.00	97.00	1,012.00	2.00	20.87	1.00	10.43			
				0.00	2,548.65	0.00	97.00	2,472.19	2.00	50.97	1.00	25.49		
				0.00	3,845.65	0.00	97.00	3,730.28	2.00	76.91	1.00	38.46		
				0.00	4,668.40	0.00	97.00	4,528.35	2.00	93.37	1.00	46.68		
				0.00	5,040.25	0.00	97.00	4,889.04	2.00	100.81	1.00	50.40		
				0.00	5,151.10	0.00	97.00	4,996.57	2.00	103.02	1.00	51.51		
				0.00	5,069.20	0.00	97.00	4,917.12	2.00	101.38	1.00	50.69		
				0.00	4,843.55	0.00	97.00	4,698.24	2.00	96.87	1.00	48.44		
				0.00	4,568.45	0.00	97.00	4,431.40	2.00	91.37	1.00	45.68		
				0.00	8,289.90	0.00	97.00	8,041.20	2.00	165.80	1.00	82.90		
				0.00	6,848.00	0.00	97.00	6,642.56	2.00	136.96	1.00	68.48		
				0.00	5,763.30	0.00	97.00	5,590.40	2.00	115.27	1.00	57.63		
				0.00	5,352.70	0.00	97.00	5,192.12	2.00	107.05	1.00	53.53		
				0.00	4,842.80	0.00	97.00	4,697.52	2.00	96.86	1.00	48.43		
				160.00	214.30	0.00	4,416.40	0.00	97.00	4,283.91	2.00	88.33	1.00	44.16
				180.00	212.11	0.00	4,264.10	0.00	97.00	4,136.18	2.00	85.28	1.00	42.64
				200.00	179.76	0.00	3,918.70	0.00	97.00	3,801.14	2.00	78.37	1.00	39.19
				220.00	174.69	0.00	3,544.50	0.00	97.00	3,438.17	2.00	70.89	1.00	35.45
				240.00	147.80	0.00	3,224.90	0.00	97.00	3,128.15	2.00	64.50	1.00	32.25
				260.00	125.92	0.00	2,737.20	0.00	97.00	2,655.08	2.00	54.74	1.00	27.37
				280.00	87.04	0.00	2,129.60	0.00	97.00	2,065.71	2.00	42.59	1.00	21.30
				290.00	84.50	0.00	857.70	0.00	97.00	831.97	2.00	17.15	1.00	8.58
				300.00	61.41	0.00	729.55	0.00	97.00	707.66	2.00	14.59	1.00	7.30
				310.00	53.18	0.00	572.95	0.00	97.00	555.76	2.00	11.46	1.00	5.73
				320.00	42.98	0.00	480.80	0.00	97.00	466.38	2.00	9.62	1.00	4.81
				330.00	36.87	0.00	399.25	0.00	97.00	387.27	2.00	7.99	1.00	3.99
				340.00	29.84	0.01	333.55	0.03	97.00	323.54	2.00	6.67	1.00	3.34
				350.00	23.38	0.83	266.10	4.20	97.00	258.12	2.00	5.32	1.00	2.66

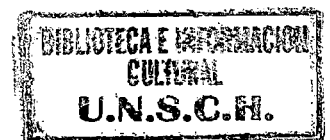
METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"
DEPARTAMENTO : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	ÁREA (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CORTE (m3)					
	Corte	Relleno			Material suelto		Roca suelta		Roca fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
11+360.00	19.58	2.03	214.80	14.30	97.00	208.36	2.00	4.30	1.00	2.15
11+370.00	19.74	1.87	196.60	19.50	97.00	190.70	2.00	3.93	1.00	1.97
11+380.00	22.12	1.32	209.30	15.95	97.00	203.02	2.00	4.19	1.00	2.09
11+390.00	21.37	0.85	217.45	10.85	97.00	210.93	2.00	4.35	1.00	2.17
11+400.00	21.84	0.45	216.05	6.50	97.00	209.57	2.00	4.32	1.00	2.16
11+410.00	21.26	0.29	215.50	3.70	97.00	209.04	2.00	4.31	1.00	2.16
11+420.00	19.39	1.10	203.25	6.95	97.00	197.15	2.00	4.07	1.00	2.03
11+430.00	19.26	0.95	193.25	10.25	97.00	187.45	2.00	3.87	1.00	1.93
11+440.00	18.37	0.11	188.15	5.30	97.00	182.51	2.00	3.76	1.00	1.88
11+450.00	25.86	0.00	221.15	0.28	97.00	214.52	2.00	4.42	1.00	2.21
11+460.00	31.96	0.00	289.10	0.00	97.00	280.43	2.00	5.78	1.00	2.89
11+470.00	29.53	0.00	307.45	0.00	97.00	298.23	2.00	6.15	1.00	3.07
11+480.00	24.69	0.00	271.10	0.00	97.00	262.97	2.00	5.42	1.00	2.71
11+490.00	19.94	0.00	223.15	0.00	97.00	216.46	2.00	4.46	1.00	2.23
11+500.00	14.39	0.00	171.65	0.00	97.00	166.50	2.00	3.43	1.00	1.72
11+506.63	7.13	0.06	71.34	0.10	97.00	69.20	2.00	1.43	1.00	0.71
TOTAL			4,298,706.54	10,187.15		4,169,745.34		85,974.13		42,987.07

Parte III

PLANO ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN: CURVAS CIRCULARES Y CLOTOIDES



METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROYECTO : "SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR EN CURVAS CLOTOIDES CON PROGRAMA BIM APLICADO AL DISEÑO GEOMETRICO DE LA VÍA DE INTERCONEXIÓN PE 28A - PE 3S"

DEPARTAMENTO : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

LUGAR : PEAJE SOCOS - QUICAPATA - YANAMA

PROGRESIVA	AERA (M²)		VOLUMEN (M³)		CORTE (M³)					
	Corte	Relleno			Material Suelto		Roca Suelta		Roca Fija	
			Corte	Relleno	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen
10+820.00	57.32	0.00	574.20	0.00	97.00	556.97	2.00	11.48	1.00	5.74
10+830.00	52.43	0.00	548.75	0.00	97.00	532.29	2.00	10.98	1.00	5.49
10+840.00	48.78	0.00	506.05	0.00	97.00	490.87	2.00	10.12	1.00	5.06
10+850.00	78.12	0.00	634.50	0.00	97.00	615.47	2.00	12.69	1.00	6.35
10+860.00	179.05	0.00	1,285.85	0.00	97.00	1,247.27	2.00	25.72	1.00	12.86
10+870.00	210.57	0.00	1,948.10	0.00	97.00	1,889.66	2.00	38.96	1.00	19.48
10+880.00	180.42	0.00	1,954.95	0.00	97.00	1,896.30	2.00	39.10	1.00	19.55
10+890.00	118.60	0.00	1,495.10	0.00	97.00	1,450.25	2.00	29.90	1.00	14.95
10+900.00	60.75	0.43	896.75	1.08	97.00	869.85	2.00	17.94	1.00	8.97
10+910.00	0.00	0.00	151.88	1.08	97.00	147.32	2.00	3.04	1.00	1.52
10+920.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
10+930.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
10+940.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
10+950.00	28.84	0.00	72.10	0.00	97.00	69.94	2.00	1.44	1.00	0.72
10+960.00	179.82	0.00	1,043.30	0.00	97.00	1,012.00	2.00	20.87	1.00	10.43
10+970.00	329.91	0.00	2,548.65	0.00	97.00	2,472.19	2.00	50.97	1.00	25.49
10+980.00	439.22	0.00	3,845.65	0.00	97.00	3,730.28	2.00	76.91	1.00	38.46
10+990.00	494.46	0.00	4,668.40	0.00	97.00	4,528.35	2.00	93.37	1.00	46.68
11+000.00	513.59	0.00	5,040.25	0.00	97.00	4,889.04	2.00	100.81	1.00	50.40
11+010.00	516.63	0.00	5,151.10	0.00	97.00	4,996.57	2.00	103.02	1.00	51.51
11+020.00	497.21	0.00	5,069.20	0.00	97.00	4,917.12	2.00	101.38	1.00	50.69
11+030.00	471.50	0.00	4,843.55	0.00	97.00	4,698.24	2.00	96.87	1.00	48.44
11+040.00	442.19	0.00	4,568.45	0.00	97.00	4,431.40	2.00	91.37	1.00	45.68
11+060.00	386.80	0.00	8,289.90	0.00	97.00	8,041.20	2.00	165.80	1.00	82.90
11+080.00	298.00	0.00	6,848.00	0.00	97.00	6,642.56	2.00	136.96	1.00	68.48
11+100.00	278.33	0.00	5,763.30	0.00	97.00	5,590.40	2.00	115.27	1.00	57.63
11+120.00	256.94	0.00	5,352.70	0.00	97.00	5,192.12	2.00	107.05	1.00	53.53
11+140.00	227.34	0.00	4,842.80	0.00	97.00	4,697.52	2.00	96.86	1.00	48.43
11+160.00	214.30	0.00	4,416.40	0.00	97.00	4,283.91	2.00	88.33	1.00	44.16
11+180.00	212.11	0.00	4,264.10	0.00	97.00	4,136.18	2.00	85.28	1.00	42.64
11+200.00	179.76	0.00	3,918.70	0.00	97.00	3,801.14	2.00	78.37	1.00	39.19
11+220.00	174.69	0.00	3,544.50	0.00	97.00	3,438.17	2.00	70.89	1.00	35.45
11+240.00	147.80	0.00	3,224.90	0.00	97.00	3,128.15	2.00	64.50	1.00	32.25
11+260.00	125.92	0.00	2,737.20	0.00	97.00	2,655.08	2.00	54.74	1.00	27.37
11+280.00	87.04	0.00	2,129.60	0.00	97.00	2,065.71	2.00	42.59	1.00	21.30
11+290.00	84.50	0.00	857.70	0.00	97.00	831.97	2.00	17.15	1.00	8.58
11+300.00	61.41	0.00	729.55	0.00	97.00	707.66	2.00	14.59	1.00	7.30
11+310.00	53.18	0.00	572.95	0.00	97.00	555.76	2.00	11.46	1.00	5.73
11+320.00	42.98	0.00	480.80	0.00	97.00	466.38	2.00	9.62	1.00	4.81
11+330.00	36.87	0.00	399.25	0.00	97.00	387.27	2.00	7.99	1.00	3.99
11+340.00	29.84	0.01	333.55	0.03	97.00	323.54	2.00	6.67	1.00	3.34
11+350.00	23.38	0.83	266.10	4.20	97.00	258.12	2.00	5.32	1.00	2.66