

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
CAÑETE – YAUYOS. Km 57+300 AL Km 57+600.**

DISEÑO GEOMÉTRICO CON CURVAS EN ESPIRAL

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

RAFAEL JESÚS VICUÑA REYES

Lima - Perú

2008

DEDICATORIA

Al amor, apoyo y esfuerzo de mi esposa Rocío,
a mi hija Milagros, motor y fuerza de mis días.

A mis padres Nivardo y Hermelinda, por el
cariño y educación que me supieron brindar.

ÍNDICE

RESUMEN	2
LISTA DE TABLAS	3
LISTA DE FIGURAS	3
INTRODUCCIÓN	4
CAPÍTULO 1 RESUMEN DEL ESTUDIO DE PERFIL.....	5
1.1 ASPECTOS GENERALES.....	5
1.2 IDENTIFICACIÓN.....	7
1.3 FORMULACIÓN.....	10
1.4 EVALUACIÓN	16
CAPÍTULO 2 DISEÑO GEOMÉTRICO CON CURVAS EN ESPIRAL	18
2.1 FUNDAMENTO TEÓRICO	18
2.2 DISEÑO Y CÁLCULOS.....	50
2.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	52
CAPÍTULO 3 EXPEDIENTE TÉCNICO	53
3.1 MEMORIA DESCRIPTIVA	53
3.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	55
3.3 PLANILLA DE METRADOS	68
3.4 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	70
3.5 ANÁLISIS DE GASTOS GENERALES.....	71
3.6 VALOR REFERENCIAL	72
3.7 FÓRMULA POLINÓMICA	73
3.8 RELACIÓN DE EQUIPO MÍNIMO	74
3.9 CRONOGRAMA DE DESEMBOLSOS.....	75
3.10 PROGRAMA GENERAL DE EJECUCIÓN.....	76
CONCLUSIONES.....	77
RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXOS	80

RESUMEN

El trabajo se desarrolla en La carretera Cañete - Lunahuaná - Zúñiga - Chupaca, forma parte de la Ruta N° PE-24 de la Red Vial Nacional, está ubicado al oeste centro del país y conecta las regiones de Lima y Junín. Su altitud varía desde los 710 m.s.n.m. hasta 4,600 m.s.n.m. y su longitud total es de 227.00 Km aproximadamente.

El diseño geométrico usando curvas en espiral o curvas de transición, se elabora debido a la incomodidad que siente una persona al ir en un vehículo, ya que al entrar en una curva circular se tiene la sensación de querer salir de la carretera, por la fuerza centrífuga que se genera.

El inicio para la obtención de este informe es la toma de datos del tramo en estudio, realizando el seccionamiento transversal a cada 20 m en tangente y 10 m en curva, nivelación del perfil longitudinal, inventario de obras de drenaje, calicatas para el estudio de suelos y canteras, entre otras.

El procesamiento de datos de las distintas especialidades trajo como consecuencia la elaboración del estudio de perfil, el cual sirvió como base para el desarrollo del informe de suficiencia Diseño Geométrico con Curvas en Espiral.

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1	Pendientes longitudinales máximas	31
Tabla 2.2	Variación de la aceleración ditransversal por unidad de tiempo ...	32
Tabla 2.3	Valores de coeficiente de fricción transversal	36
Tabla 2.4	Radios mínimos y peraltes máximos	38
Tabla 2.5	Fuerza centrífuga desarrollada por un vehículo a la velocidad de diseño de 100 Km/h y valores de peralte y fricción	39
Tabla 2.6	Radios sobre los cuales se puede prescindir de la curva de transición	41
Tabla 2.7	Tabla de Valores de Sobreanchos	49
Tabla 2.8	Parámetros de Diseño	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Ubicación del Proyecto	5
Figura 2.1	La curva de transición entre la recta y el arco circular	20
Figura 2.2	Elementos de la Clotoide o espiral	22
Figura 2.3	Elementos de la curva simétrica Espiral-Circular-Espiral	26
Figura 2.4	Fuerzas que actúan sobre un vehículo	35
Figura 2.5	Giro por el eje de la vía	42
Figura 2.6	Giro por el borde interior de la vía	44
Figura 2.7	Giro por el borde exterior de la vía	45
Figura 2.8	Sobreancho en las curvas	47

INTRODUCCIÓN

La incomodidad que se siente al entrar en una curva horizontal en una carretera, es lo que motiva a realizar el presente informe, dado que la generalidad de carreteras en el país contienen curvas circulares simples.

El objetivo que se persigue es el de mejorar la transitabilidad permanente del transporte de pasajeros y carga en condiciones de continuidad, fluidez y seguridad. Por tanto el realizar el diseño geométrico de la carretera empleando curvas en espiral, se proporcionará comodidad y confort al usuario de la vía.

El desarrollo del estudio se inicia con la toma de datos topográficos, vale decir, seccionamiento a cada 20 m en tangente y cada 10 m en curva, nivelación, inventario de obras de arte y de información administrada por la Facultad de Ingeniería Civil. Los datos se procesan con ayuda de software topográfico, se diseña el nuevo trazado con la inclusión de curvas en espiral, para luego obtener nuevas secciones transversales y perfil longitudinal.

En el Capítulo I se elabora un resumen del Estudio de Perfil, mencionando los conceptos relevantes que contiene dicho estudio.

En el Capítulo II se desarrolla el diseño geométrico usando curvas en espiral, dando como alcances fundamentos teóricos a cerca de las curvas en espiral o curvas de transición; también contiene el diseño y los cálculos que acompañan a éste; y concluyendo con la mención de las especificaciones técnicas.

En el Capítulo III contiene una memoria descriptiva del estudio, se detalla las especificaciones técnicas de construcción y además se cuenta con cuadros de planilla de metrados, análisis de precios unitarios, análisis de gastos generales, valor referencial, fórmula polinómica, relación de equipo mínimo, cronograma de desembolsos y programa general de ejecución.

CAPÍTULO 1 RESUMEN DEL ESTUDIO DE PERFIL

1.1 ASPECTOS GENERALES

1.1.1 Nombre del Proyecto

“Mejoramiento de la Carretera Cañete - Yauyos del Km 57+300 al Km 57+600”.

1.1.2 Unidad Formuladora y Ejecutora

Unidad Formuladora : Universidad Nacional de Ingeniería.

Unidad Ejecutora : Universidad Nacional de Ingeniería.

1.1.3 Ubicación del Proyecto

La carretera Cañete - Lunahuaná - Zúñiga - Chupaca, forma parte de la Ruta N° PE-24 de la Red Vial Nacional, está ubicado al oeste centro del país y conecta las regiones de Lima y Junín. Su altitud varía desde los 710 m.s.n.m. hasta 4,600 m.s.n.m. y su longitud total es de 227.00 Km aproximadamente.



Figura 1.1 Ubicación del Proyecto.

1.1.4 Participación de las Entidades Involucradas y de los Beneficiarios

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC a través de Provías Nacional.
- Autoridades de los Gobiernos Regionales de Lima y Junín.
- Autoridades de los Gobiernos Locales y Distritales de las provincias de Cañete, Yauyos, Concepción y Chupaca.
- Comerciantes y asociaciones de las comunidades involucradas.

1.1.5 Marco de Referencia

La carretera es una alternativa de descongestión a la actual Carretera Central, que permitirá reducir los costos de operación vehicular y tiempos de viaje entre Lima y Huancayo. Esta vía forma parte del programa “Proyecto Perú”, que al hacerse realidad mejorará el nivel de vida de las zonas rurales y de evitar el deterioro prematuro de las vía mediante intervenciones rutinaria y periódicas.

1.2 IDENTIFICACIÓN

1.2.1 Diagnóstico de la Situación Actual

El estado actual de la carretera, con diseño geométrico y superficie de rodadura en estado deficiente, motivan a proponer un mejoramiento de la misma, con el propósito de hacerla viable y de ser una alternativa de descongestión a la Carretera Central, haciendo el traslado de productos agrícolas y animales de alta calidad hacia la costa y porque no de exportar en esta época de coyuntura que vive el país gracias a los tratados de libre comercio.

La población directamente beneficiada por el proyecto se estima en aproximadamente 307,705 habitantes, ubicados en las provincias de Cañete, Yauyos del departamento de Lima y Concepción, Chupaca y Huancayo del departamento de Junín.

Al contar con condiciones adecuadas para el libre tránsito vehicular, se mejorará la comunicación entre pueblos alejados, los productos llegarían a tiempo a los mercados locales y regionales, además de reducir los costos y tiempos de operación vehicular.

1.2.2 Definición del problema y sus causas

Causas Directa:

- Mal estado de la carretera
- Deficiente diseño geométrico

Causas Indirectas:

- Capacidad de Drenaje Insuficiente
- Carente Señalización
- Mal estado de superficie de rodadura
- Ancho de calzada insuficiente para tráfico actual

Efectos Directos:

- Aumento en las mermas de productos perecibles
- Altos costos de transporte
- Aumento de los Tiempos de Viaje

Efectos Indirectos:

- Pérdida económica de los productores
- Menor accesibilidad

Todos estos efectos contribuyen a un efecto final expresado como: “Disminución del nivel de vida de la población de la zona”.

1.2.3 Objetivo del proyecto

Vista la problemática, el objetivo que plantea el proyecto es “Mejorar el nivel de transitabilidad de la carretera”.

Medios de Primer Nivel:

- Buen estado de la carretera
- Diseño geométrico adecuado

Medios Fundamentales:

- Aumentar capacidad de los sistemas de drenaje
- Mejorar la señalización
- Mejorar superficie de rodadura
- Mejorar el ancho de la calzada y radios de curva para IMD actual

Fines Directos:

- Disminución en las mermas de productos perecibles
- Bajos costos de transporte
- Disminución de los Tiempos de Viaje

Fines Indirectos:

- Ahorros económicos de los productores
- Mayor accesibilidad

Todos estos Fines conllevan a un Fin Ultimo expresado como: “Elevar el nivel de vida de las población de la zona”.

1.2.4 Alternativas de solución

Alternativa 1

Mantener el trazo de la vía, ampliando la plataforma de rodadura a 7.00 m de ancho y mejorando su superficie con una capa de afirmado.

Alternativa 2

Esta alternativa propone el mejoramiento del trazo de la vía, con características de una carretera de segunda clase, mejorando los tramos en curvas y tangentes, ampliando la plataforma de rodadura a 7.00 m de ancho y mejorando su superficie con carpeta asfáltica.

Alternativa 3

Esta alternativa propone el mejoramiento del trazo de la vía, con características de una carretera de segunda clase, mejorando los tramos en curvas y tangentes, ampliando la plataforma de rodadura a 7.00 m de ancho y mejorando su superficie con un tratamiento superficial bicapa TSB.

En todos los casos se considera la construcción de un sistema de drenaje, obras de arte y señalización.

1.3 FORMULACIÓN

1.3.1 Análisis de la demanda

El horizonte de evaluación es de 10 años, tiempo en el cual se proyectará la demanda, beneficios y costos, para determinar los indicadores de rentabilidad. Como área de influencia se han tomado los departamentos de Lima y Junín; y como área de influencia directa las siguientes provincias y distritos:

Tabla 1.1 Área de Influencia Directa.

Provincia	Distrito	Población 2007
Cañete	San Vicente de Cañete	46464
	Imperial	36340
	Nuevo Imperial	19026
	Lunahuana	4567
	Pacarán	1687
	Zuñiga	1582
Yauyos	Catahuasi	1090
	Tupe	655
	Cacra	544
	Hongos	435
	Lincha	771
	Putinza	452
	Ayauca	1773
	Colonia	1439
	Yauyos	2698
	Huantán	926
	Laraos	960
	Carania	330
	Alis	1519
	Tomas	1077
Concepción	San José de Quero	6452
	Chambara	2985
Chupaca	San Juan de Jarpa	3664
	Huachac	3738
	Ahuac	6547
	Chupaca	20976
	San Juan de Yscos	2332
	Huamancaca Chico	4998
	Tres de Diciembre	1920
	Chongos Bajo	4409
Huancayo	Pilcomayo	13295
	Huancayo	112054
Total		307705

Fuente: INEI.

Se realizó el conteo de tráfico durante tres días, la proyección de éstos, así como el tráfico generado y el tráfico desviado se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 1.2 Proyección de Tráfico Normal, Generado y Desviado

Tráfico	Veh/día										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Normal	195	195	205	212	220	229	236	243	253	261	270
Generado		33	33	42	42	42	43	44	45	47	48
Desviado		91	91	96	100	104	109	113	119	124	129
TOTAL	195	319	329	350	362	375	388	400	417	432	447

Fuente: Elaboración propia.

1.3.2 Análisis de la oferta

Tabla 1.3 Análisis de la oferta.

CARRETERA	CAÑETE – CHUPACA
1. Características de la Vía	
Longitud (Km)	227
Tipo de material del superficie	Tierra – afirmado
Ancho de calzada (m)	5
Estado de conservación	Regular
Tipo de daño	Bache – erosión
Pendiente (%)	4%
Bombeo (%)	2%
Nº de Canteras	20
• Muros de sostenimiento	----
Estado de conservación	----
3. Drenaje	
• Alcantarillas de TMC	----
Estado de conservación	----
• Tajeas	3
Estado de conservación	Malo
• Cunetas revestidas	No
4. Impacto Ambiental	
Zonas de Botadero	Si

Fuente: Elaboración propia.

1.3.3 Balance oferta demanda

Tabla 1.4 Balance oferta demanda.

CARRETERA	CAÑETE – CHUPACA	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
1. Car. de la Vía				
Longitud (Km)	227	227+000	227+000	227+000
Tipo de material del superficie	Tierra – afirmado	Tierra – afirmado	Carpeta asfáltica	TSB
Ancho de calzada (m)	5	7.0	7.0	7.0
Estado de conservación	Regular	Buena	Buena	Buena
Tipo de daño	Bache – erosión	—	—	—
Pendiente (%)	4%	4%	4%	4%
Bombeo (%)	2%	2%	2%	2%
N° de Canteras	20	20	20	20
• Muros de sostenimiento	—	Si	—	—
Estado de conservación	—	Buena	—	—
3. Drenaje				
• Alcantarillas de TMC	—	Si	Si	Si
Estado de conservación	—	Buena	Buena	Buena
• Tajeas	3	—	—	—
Estado de conservación	Malo	—	—	—
• Cunetas revestidas	No	Si	Si	Si
4. Impacto Ambiental				
Zonas de Botadero	Si	Si	Si	Si

Fuente: Elaboración propia.

1.3.4 Planteamiento técnico de las alternativas

Trazo y diseño vial

Tabla 1.5 Parámetros de Diseño Geométrico.

Parámetro	Característica
Velocidad de diseño (Km/h)	60.00
Sección transversal (m)	7.00
Bombeo (%)	2.00
Radio mínimo (m)	125.00
Peralte máximo (%)	8.00
Tramos en tangente:	
- Entre curvas de sentido opuesto (m)	83.00
- Entre curvas del mismo sentido (m)	167.00
- Longitud máxima (m)	1002.00
Sobrecancho (m)	1.10
Pendiente máxima longitudinal (%)	7.00

Fuente: Elaboración propia.

Suelos y pavimentos

Se tomó muestras de calicatas y ensayadas en laboratorio, obteniéndose como valor de CBR al 95% de la MDS 37.3%, demostrando buena capacidad de soporte para este tramo. En pavimento se propone: (a) colocación de una nueva capa de afirmado de 20cm de espesor, (b) carpeta asfáltica con una subbase de e=6", base e=6" y CA de e= 2" y (c) una capa de TSB de e=2.5 cm, base granular de 15 cm y sub base granular de espesor de 15 cm.

Hidrología y drenaje

Se consideran alcantarillas tipo marco de concreto armado, cunetas revestidas de sección triangular y subdrenes. Se propone alcantarillas tipo marco con una sección referencial de 0.60x0.60m. Las cunetas serán de sección triangular con taludes de 1:1 a 1:2. Se debe programar un mantenimiento rutinario y periódico de las estructuras, sobre todo a las socavaciones y colmataciones de los cauces que puedan afectar las cunetas y alcantarillas.

1.3.5 Costos

Costos en la situación "Sin Proyecto"

Para mantener transitable la carretera se propone actividades de mantenimiento rutinario, el costo anual de \$ 1500.00 por kilómetro (Costo de mantenimiento rutinario para una vía departamental Ref. SNIP Anexo 9).

Costos en la situación "Con Proyecto"

Tabla 1.6 Inversión total de obra, Alternativa 1

Item	Descripción	Unidad	Metrado	P.U.	Parcial
01	Costo de Obra	GLB	1	249,903.55	249,903.55
02	Costos de Mitigación Ambiental (3%)	GLB	1	7,497.11	7,497.11
03	Costo de Expediente Técnico (2.5% Costo de la Obra)	GLB	1	4,045.14	4,045.14
04	Costo de Supervisión (5% Costo de la Obra)	GLB	1	8,090.28	8,090.28
05	Costo de Expropiación y Compensación	ha	0	22,275.00	0.00
COSTO TOTAL DE INVERSIÓN					269,536.08
					898,453.58
					US\$-Km 302,509.62

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.7 Costos de mantenimiento, Alternativa 1

Descripción	US\$ /Km. / año
Mantenimiento Rutinario (Limpieza general en superficie de rodadura, drenaje y señales)	1,500.00
Mantenimiento Periódico (perfilado, sellado, reposición de grava)	5,000.00

Fuente: Anexo SNIP 08 Parámetros y Normas Técnicas para Formulación

Tabla 1.8 Inversión total de obra, Alternativa 2

Item	Descripción	Unidad	Metr.	P.U.	Parcial
01	Costo de Obra	GLB	1	355,464.92	355,464.92
02	Costos de Mitigación Ambiental (3%)	GLB	1	10,663.95	10,663.95
03	Costo de Expediente Técnico (2.5% Costo de la Obra)	GLB	1	7,467.75	7,467.75
04	Costo de Supervisión (5% Costo de la Obra)	GLB	1	14,935.50	14,935.50
05	Costo de Expropiación y Compensación	ha	0.97	22,275.00	21,606.75
COSTO TOTAL DE INVERSIÓN					410,138.87
					1,367,129.55
					US\$-Km 460,312.98

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.9 Costos de mantenimiento, Alternativa 2

Descripción	US\$ /Km. / año
Mantenimiento Rutinario (Limpieza general en superficie de rodadura, drenaje y señales)	1,500.00
Mantenimiento Periódico (bacheo, sellado, refuerzo)	7,000.00

Fuente: Anexo SNIP 08 Parámetros y Normas Técnicas para Formulación

Tabla 1.10 Inversión total de obra, Alternativa 3

Item	Descripción	Unidad	Metrado	P.U.	Parcial
01	Costo de Obra	GLB	1	325,680.82	325,680.82
02	Costos de Mitigación Ambiental (3%)	GLB	1	9,770.42	9,770.42
03	Costo de Expediente Técnico (2.5% C.O)	GLB	1	5,271.73	5,271.73
04	Costo de Supervisión (5% Costo de la Obra)	GLB	1	10,543.47	10,543.47
05	Costo de Expropiación y Compensación	ha	0.97	22,275.00	21,606.75
COSTO TOTAL DE INVERSIÓN					S/. 372,873.19
					S/. 1,242,910.65
					US\$-Km 418,488.43

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.11 Costos de mantenimiento, Alternativa 3

Descripción	US\$ /Km. / año
Mantenimiento Rutinario (Limpieza general en superficie de rodadura, drenaje y señales)	1,500.00
Mantenimiento Periódico (bacheo, sellado, refuerzo)	7,000.00

Fuente: Anexo SNIP 08 Parámetros y Normas Técnicas para Formulación

1.3.6 Cronograma de Actividades y de Inversión

Tabla 1.12 Cronograma de Actividades y de Inversión.

Ítem	Actividades	Duración
1.00	FASE I: PRE INVERSIÓN	3 meses
1.01	Expediente técnico	2 mes
1.02	Aprobación de bases y proceso de adjudicación de la obra	1 mes
2.00	FASE II: INVERSIÓN	3 meses
2.01	Obras provisionales y preliminares	1 mes
2.02	Movimiento de tierras	1 mes
2.03	Pavimentos	1 mes
2.04	Señalización	1 mes
2.05	Varios	1 mes
2.06	Supervisión de obra	3 meses
3.00	FASE III: POST INVERSIÓN	10 años
3.01	Operación y mantenimiento de la pistas	10 años

Este cronograma corresponde al tramo en estudio (300m)

1.4 EVALUACIÓN

1.4.1 Beneficios

Se ha considerado como beneficios del proyecto los ahorros de costos operativos vehiculares COV, tiempos de viaje de usuarios y ahorros en costos de mantenimiento. Tales beneficios son adecuados para evaluar el tipo de proyecto presentado.

1.4.2 Evaluación Social

La metodología utilizada en la evaluación social del proyecto ha sido la de Costo-Beneficio. Se ha considerado un horizonte de evaluación de 10 años y una tasa social de descuento del 11%. Los costos del proyecto han sido convertidos a precios sociales. Para determinar la rentabilidad social del proyecto, calcularemos, el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Tabla 1.13 Resultados de la Evaluación Social por Alternativa.

Alternativas	Indicador de Rentabilidad	Inicial	Costo (+20%)	Beneficio (-20%)	Costo (+10%) + Benefici(-10%)
1	VAN	15,503,222	5,458,475	2,357,831	3,908,153
	TIR	17%	13%	12%	13%
	B/C	1.30	1.09	1.0	1.1
2	VAN	10,347,237	-4,073,454	-4,169,167	-5,108,178
	TIR	14%	10%	10%	10%
	B/C	1.14	0.95	0.94	0.94
3	VAN	7,717,051	-5,547,552	-7,090,962	-6,319,257
	TIR	13%	9%	9%	9%
	B/C	1.11	0.93	1.11	0.92

Fuente: Elaboración propia.

1.4.3 Sostenibilidad

El Gobierno Central a través de Provias Nacional del MTC y su programa de desarrollo vial "Proyecto Perú", ha considerado el costo de inversión para el mejoramiento de esta carretera, además de contemplar los costos de mantenimiento y operación durante la vida útil del proyecto.

1.4.4 Impacto Ambiental

El Estudio de Perfil ha comprendido también la evaluación ambiental del proyecto habiéndose detectado los impactos negativos y positivos tanto en la etapa de construcción como de operación, así como la definición de las acciones de mitigación ambiental necesarias para preservar el medio ambiente.

CAPÍTULO 2 DISEÑO GEOMÉTRICO CON CURVAS EN ESPIRAL

2.1 FUNDAMENTO TEÓRICO

Cuando un vehículo pasa de un alineamiento recto a uno curvo, aparece repentinamente la fuerza centrífuga que no sólo reduce la seguridad en la marcha sino que ocasiona molestias a los pasajeros debido al empuje lateral que se origina y se hace sentir. La experiencia demuestra que los conductores, sobre todo aquellos que circulan por el carril exterior, por comodidad tienden a cortar la curva circular, describiendo trayectorias no circulares e invadiendo el carril del sentido opuesto, en carreteras de dos carriles dos sentidos, con el consiguiente peligro potencial de accidentes.

Lo anterior sugiere que cuando un vehículo pase de un tramo recto a otro en curva circular, requiere hacerlo en forma gradual, en lo que respecta al cambio de dirección, al cambio de inclinación transversal y a la ampliación necesaria de la calzada.

Por estas razones, se hace necesario emplear una curva de transición, de longitud adecuada a fin de que permita a un conductor de habilidad media, que pasar de la alineación recta a la curva sin ninguna dificultad, es decir, para que la aplicación de la fuerza centrífuga aparezca de una manera gradual.

Entre las curvas de transición frecuentemente empleadas pueden citarse la clotoide o espiral de Euler, la espiral cúbica, la lemniscata de Bernouilli y la parábola cúbica. Es muy usada en carreteras la clotoide, cuya forma se ajusta a la trayectoria recorrida por un vehículo que viaja a velocidad constante y cuyo volante es accionado de manera uniforme. El radio de curvatura de la clotoide varía proporcionalmente con la longitud de su desarrollo, disminuyendo del valor (∞) al iniciarse hasta el radio (R) de la curvatura circular. Posee, en razón de esta característica, la propiedad de que un móvil que la recorra a velocidad constante experimenta una variación uniforme de la aceleración centrífuga.

Si un vehículo se mueve a velocidad uniforme V , su aceleración centrífuga en la curva circular es V^2/R ; por consiguiente la aceleración varía de manera continua

desde cero en la tangente hasta V^2/R_c para la curva circular de radio R_c . La curva de transición debe proyectarse de manera que la variación de la curvatura y la variación de la aceleración centrífuga sean constantes a lo largo de la curva.

La variación de la aceleración centrífuga por unidad de longitud es $V^2/(R_c L_e)$, siendo (L_e) la longitud de la curva de transición. En un punto cualquiera de la curva, situado a una distancia (l) del origen de la transición, la aceleración centrífuga será:

$$a_c = \frac{V^2 * l}{R_c * L_e}$$

2.1.1 La espiral de Euler o Clotoide como curva de transición

Se sabe que un vehículo que se mueve a una velocidad uniforme V sobre una curva de transición de radio variable R , experimenta una aceleración radial o centrífuga a_c , cuyo valor es:

$$a_c = \frac{V^2}{R}$$

En la curva de transición, a_c varía de manera continua desde cero en la recta hasta V^2/R_c en la nueva curva circular de radio R_c . Esto es:

En el tramo recto: $R \Rightarrow \infty, \quad a_c = \frac{V^2}{\infty} = 0$

En la curva circular: $R=R_c, \quad a_c = \frac{V^2}{R_c}$

La curva de transición debe diseñarse de tal forma que, tanto la variación de la curvatura (de cero a $1/R_c$), como la variación de la aceleración centrífuga (de cero a V^2/R_c) sean uniformes o constantes a lo largo del desarrollo de su longitud.

Para la Figura 2.1, L_e representa la longitud total de la curva de transición y L la longitud acumulada de transición desde su origen hasta un punto cualquiera P de la curva donde el radio es R .

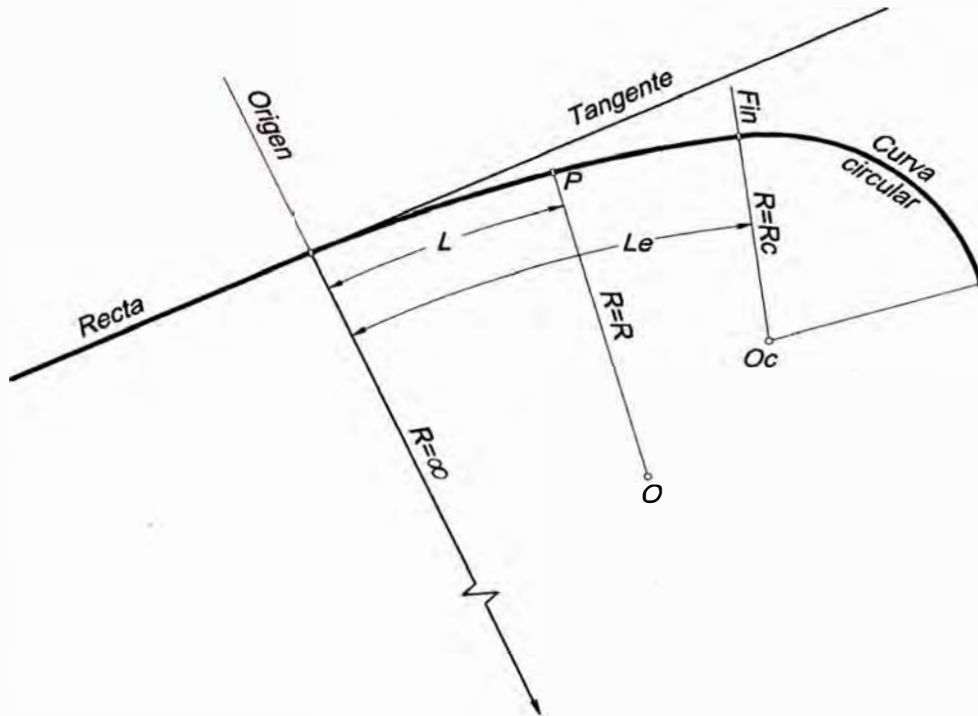


Figura 2.1 La curva de transición entre la recta y el arco circular.

La variación de la aceleración centrífuga a_c por unidad de longitud L_e es:

$$\frac{a_c}{L_e} = \frac{V^2}{R_c} = \frac{V^2}{R_c L_e} \left(\frac{\text{m/seg}^2}{\text{m}} \right)$$

En el punto P, la aceleración centrífuga a_c será:

$$a_c = \left[\frac{V^2}{R_c L_e} \right] L = \frac{V^2}{R}$$

de donde,

$$RL = R_c L_e$$

Pero, el producto de R_c por L_e puede hacerse igual a K^2 , esto es:

$$R_c L_e = K^2$$

Donde K es una magnitud constante, puesto que también lo son R_c y L_e .

De esta forma:

$$RL=K^2 \quad (2.1)$$

La anterior expresión es la ecuación de la Clotoide o Espiral de Euler, la cual indica que el radio de curvatura R es inversamente proporcional a la longitud L recorrida a lo largo de la curva a partir de su origen. De igual manera dice que, para cualquier punto P sobre la curva, el producto del radio de curvatura R por su longitud L desde el origen hasta ese punto es igual a una constante K^2 .

A la constante K se le denomina parámetro de la espiral, puesto que para una misma Clotoide siempre es constante.

2.1.2 Ecuaciones de la Clotoide o espiral de transición

En la Figura 2.2 se muestran algunos de los elementos que definen geoméricamente la Clotoide o espiral, tales como:

- $x, y =$ Coordenadas cartesianas de un punto cualquiera P de la espiral, referidas al sistema de ejes X e Y .
- $\theta =$ Ángulo correspondiente a P .
- $\theta_e =$ Ángulo de la espiral.
- $\theta_p =$ Ángulo paramétrico.
- $R_c =$ Radio de la curvatura simple.
- $dL =$ Elemento diferencial de arco.
- $d\theta =$ Elemento diferencial de ángulo.

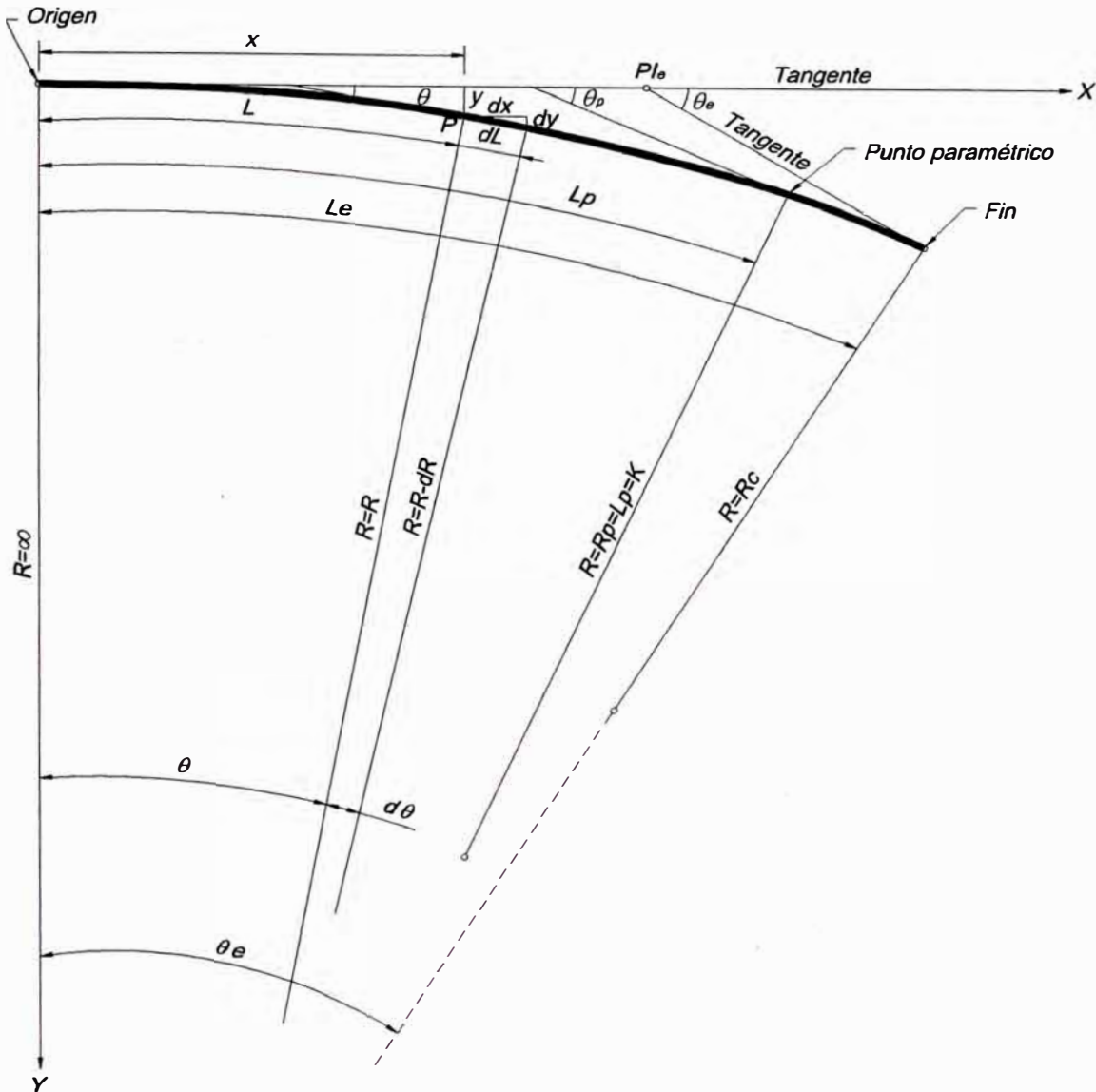


Figura 2.2 Elementos de la Clotoide o espiral.

Los ángulos se forman entre la tangente en el origen y las tangentes en los respectivos puntos de la curva.

Para el punto P, se tiene:

$$\theta = \frac{L^2}{2K^2} = \frac{L^2}{2R_c L_e} \quad (2.2)$$

Pero, $K^2 = RL$

$$\theta = \frac{L}{2R} \quad (2.3)$$

En las expresiones anteriores el ángulo θ está expresado en radianes.

Expresando a θ en grados sexagesimales, se tiene:

$$\theta = \left(\frac{L^2}{2K^2} \right) \frac{180^\circ}{\pi} = \frac{90^\circ}{\pi} \left(\frac{L^2}{K^2} \right) = \frac{90^\circ}{\pi} \left(\frac{L^2}{R_c L_e} \right) \quad (2.4)$$

$$\theta = \left(\frac{L}{2R} \right) \frac{180^\circ}{\pi} = \frac{90^\circ}{\pi} \left(\frac{L}{R} \right) \quad (2.5)$$

El parámetro K de la espiral se obtiene haciendo $R=L$, por lo que:

$$K^2 = RL = R^2 = L^2 \quad , \text{ o lo que es lo mismo,}$$

$$K = R = L$$

Lo anterior quiere decir que el parámetro de la Clotoide es igual al radio de la Clotoide en aquel punto para el cual el radio y la longitud de la espiral desde el origen hasta él también son iguales. A este punto se le llama punto paramétrico, al cual le corresponde un ángulo entre las tangentes, según la ecuación (2.5), de:

$$\theta = \frac{90^\circ}{\pi} \left(\frac{L}{L} \right) = 28^\circ 38' 52.4''$$

En la Figura 2.2 anterior, se observa que:

$$\cos \theta = \frac{dx}{dL} \Rightarrow dx = (\cos \theta) dL \Rightarrow x = \int_0^L (\cos \theta) dL$$

$$\text{sen } \theta = \frac{dy}{dL} \Rightarrow dy = (\text{sen } \theta) dL \Rightarrow y = \int_0^L (\text{sen } \theta) dL$$

Las ecuaciones de la Clotoide, referidas al sistema de coordenadas de ejes X e Y, pueden ser expresadas de las dos siguientes formas:

Clotoide definida por su longitud L:

$$x = L \left(1 - \frac{\theta^2}{10} + \frac{\theta^4}{216} - \frac{\theta^6}{9360} + \dots \right) \quad (2.6)$$

$$y = L \left(\frac{\theta}{3} - \frac{\theta^3}{42} + \frac{\theta^5}{1320} - \frac{\theta^7}{75600} + \dots \right) \quad (2.7)$$

Clotoide definida por su parámetro K:

$$x = K \left[\sqrt{2\theta} \left(1 - \frac{\theta^2}{10} + \frac{\theta^4}{216} - \frac{\theta^6}{9360} + \dots \right) \right] \quad (2.8)$$

$$y = K \left[\sqrt{2\theta} \left(\frac{\theta}{3} - \frac{\theta^3}{42} + \frac{\theta^5}{1320} - \frac{\theta^7}{75600} + \dots \right) \right] \quad (2.9)$$

En las cuatro expresiones anteriores, el ángulo θ está expresado en radianes.

2.1.3 Elementos de enlace de una curva circular simple con espirales de transición Clotoides iguales

Los dos alineamientos rectos o tangentes de entrada y salida se enlazan con una espiral de transición de entrada, una curva circular simple central y una espiral de transición de salida.

En este caso las espirales de transición de entrada y salida tienen igual longitud, resultando un enlace simétrico, lo cual es aconsejable desde el punto de vista del cálculo de los elementos geométricos de las curvas, lo mismo que desde el punto de vista de una operación vehicular gradual balanceada, que se traduce en seguridad para los usuarios. Al mismo tiempo, los vehículos cambian paulatinamente de dirección acorde con la curvatura, y la calzada se va inclinando transversalmente en forma uniforme siguiendo los peraltes y ampliaciones requeridas.

En la Figura 2.3 aparecen los elementos geométricos para el cálculo y trazado de una curva de transición simétrica, Espiral-Circular-Espiral, los cuales están referidos al sistema de coordenadas cartesianas de ejes X e Y.

Para una mejor comprensión del uso de la espiral, se supone que inicialmente se tiene una curva circular simple de radio R_c sin transiciones y que finalmente se quiere tener el arreglo Espiral-Circular-Espiral, conservando las tangentes y el radio R_c . Por lo tanto, es necesario desplazar (dislocar o retranquear) hacia dentro de la curva circular para poder intercalar las espirales de transición.

De esta manera, los elementos de las curvas son:

PI = Punto de intersección de las tangentes principales.

Pi_e = Punto de intersección de la espiral.

- PI_c = Punto de intersección de la curva circular con transiciones.
- PC', PT' = Principios de curva y tangente de la curva circular primitiva.
- PC, PT = Principios de curva y tangente en la prolongación de la curva circular desplazada.
- TE = Tangente-Espiral. Punto donde termina la tangente de entrada y empieza la espiral de entrada.
- EC = Espiral-Circular. Punto donde termina la espiral de entrada y empieza la curva circular central.
- CE = Circular-Espiral. Punto donde termina la curva circular central y empieza la espiral de salida.
- ET = Espiral-Tangente. Punto donde termina la espiral de salida y empieza la tangente de salida.
- P = Punto cualquiera sobre el arco de espiral.
- O' = Centro de la curva circular primitiva (sin transiciones).
- O = Nueva centro de la curva circular (con transiciones).
- Δ = Ángulo de deflexión entre las tangentes principales.
- θ_e = Ángulo de la espiral. Ángulo entre la tangente a la espiral en el TE y la tangente en el EC .
- Δ_c = Ángulo central de la curva circular con transiciones.
- θ = Ángulo de deflexión principal del punto P . Ángulo entre la tangente a la espiral en el TE y la tangente en el punto P .
- ϕ = Deflexión correspondiente al punto P . Ángulo entre la tangente a la espiral en el TE y la cuerda c' .
- ϕ_c = Deflexión correspondiente al EC , o ángulo de la cuerda larga de la espiral.
- R = Radio de curvatura de la espiral en el punto P .
- R_c = Radio de la curva circular central.
- T_e = Tangente de la curva espiral-circular-espiral. Distancia desde el PI al TE y del TE al ET .
- T_L = Tangente larga de la espiral.
- T_C = Tangente corta de la espiral.
- c' = Cuerda de la espiral para el punto P .
- CL_e = Cuerda larga de la espiral.

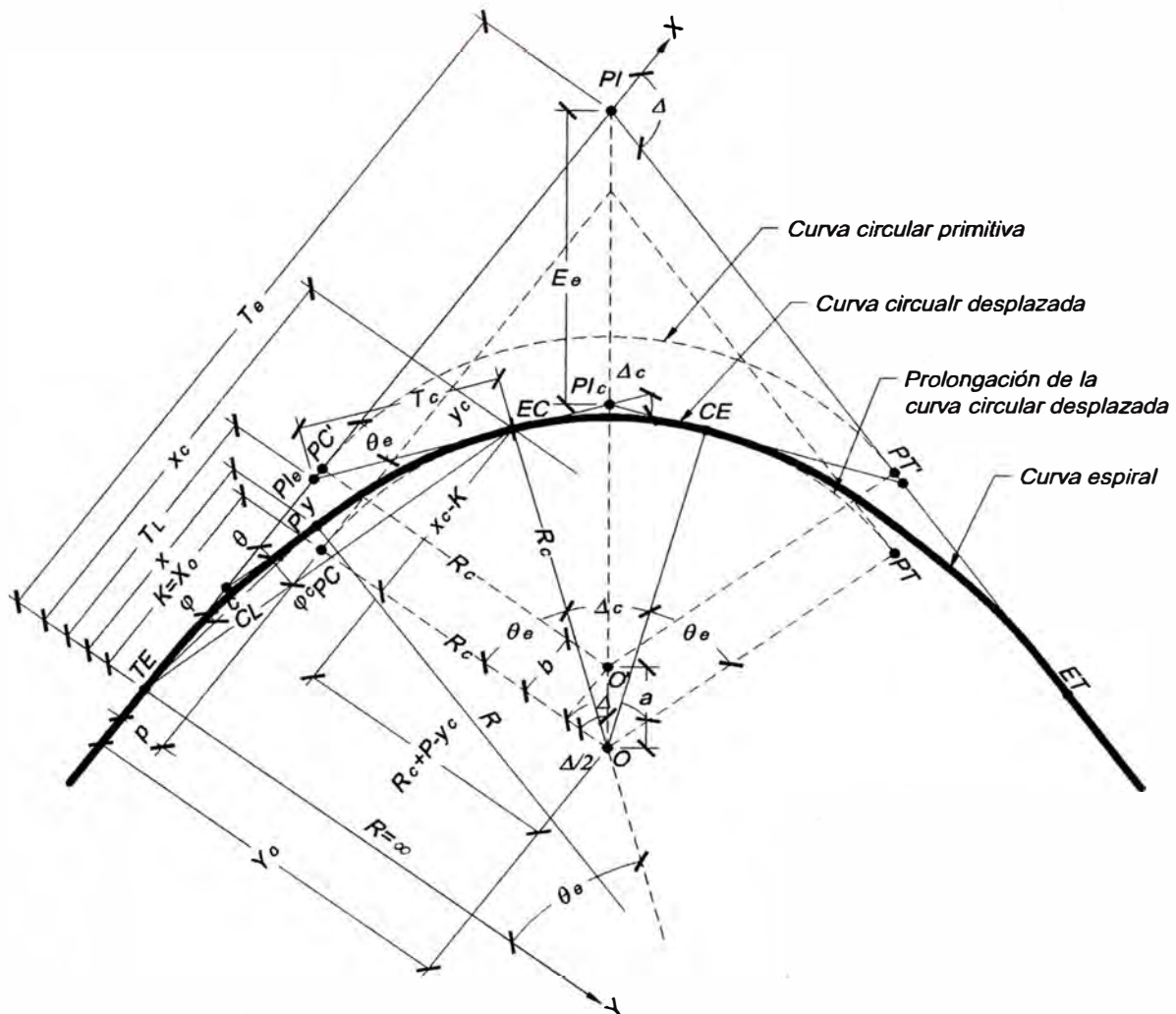


Figura 2.3 Elementos de la curva simétrica Espiral-Circular-Espiral.

- L_e = Longitud total de la espiral. Distancia desde el TE al EC.
- L = Longitud de la espiral, desde el TE hasta el punto P.
- p = Desplazamiento (disloque o retranqueo). Distancia entre la tangente a la prolongación de la curva circular desplazada al PC y la tangente a la curva espiralizada.
- k = Distancia a lo largo de la tangente, desde el TE hasta el PC desplazado.
- a = Desplazamiento del centro. Distancia desde O' hasta O .
- b = Proyección de a sobre el eje X .
- E_e = Externa de la curva espiral-circular-espiral.
- x, y = Coordenadas cartesianas del punto P.
- x_c, y_c = Coordenadas cartesianas del EC.
- k, p = Coordenadas cartesianas del PC desplazado.

x_0, y_0 = Coordenadas cartesianas del centro de la curva circular con transiciones.

Para el cálculo de los diversos elementos del trazado espiralizado, es necesario partir de algunos datos conocidos, como son: el ángulo de deflexión entre las tangentes principales Δ ; el radio de la curva circular R_c según la velocidad de diseño, la jerarquía de la carretera y el tipo de terreno; y la longitud de la espiral L_e , cuya longitud mínima se determinará más adelante.

Los diferentes elementos, de acuerdo con la Figura 2.3, se calculan como sigue:

Parámetro de la espiral: K

Despejando K de la ecuación (2.2):

$$K = \sqrt{R_c L_e} \tag{2.10}$$

Ángulo de deflexión principal de un punto P: θ

$$\theta = \frac{90^\circ}{\pi} \left(\frac{L^2}{K^2} \right) = \frac{90^\circ}{\pi} \left(\frac{L^2}{R_c L_e} \right) = \frac{90^\circ}{\pi} \left(\frac{L}{R} \right) \tag{2.11}$$

$$\theta = \left(\frac{L}{L_e} \right)^2 \theta_e \tag{2.12}$$

Ángulo de deflexión de la espiral: θ_e

Según la ecuación (2.11), cuando $L = L_e$:

$$\theta_e = \frac{90^\circ}{\pi} \left(\frac{L_e}{R_c} \right) \tag{2.13}$$

Ángulo central de la curva circular: Δ_c

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_e \tag{2.14}$$

Coordenadas cartesianas del: EC (x_c, y_c)

En las ecuaciones (2.6) y (2.7), al reemplazar a L por L_e y a θ por θ_e , quedan las coordenadas en función de la longitud L_e de la espiral, así:

$$x_c = L_e \left(1 - \frac{\theta^2}{10} + \frac{\theta^4}{216} - \frac{\theta^6}{9360} + \dots \right) \quad (2.15)$$

$$y_c = L_e \left(\frac{\theta}{3} - \frac{\theta^3}{42} + \frac{\theta^5}{1320} - \frac{\theta^7}{75600} + \dots \right) \quad (2.16)$$

En las ecuaciones (2.8) y (2.9), al reemplazar a θ por θ_e , quedan las coordenadas en función del parámetro K de la espiral, as:

$$x_c = K \left[\sqrt{2\theta_e} \left(1 - \frac{\theta_e^2}{10} + \frac{\theta_e^4}{216} - \frac{\theta_e^6}{9360} + \dots \right) \right] \quad (2.17)$$

$$y_c = K \left[\sqrt{2\theta_e} \left(\frac{\theta_e}{3} - \frac{\theta_e^3}{42} + \frac{\theta_e^5}{1320} - \frac{7}{75600} + \dots \right) \right] \quad (2.18)$$

Coordenadas cartesianas del PC desplazado: (k, p)

$$p = \text{disloque} = y_c - R_c(1 - \cos \theta_e) \quad (2.19)$$

$$k = x_c - R_c \text{sen } \theta_e \quad (2.20)$$

Tangente de la curva espiral-circular-espiral: T_e

$$T_e = k + (R_c + p) \tan \frac{\Delta}{2} \quad (2.21)$$

Externa de la curva espiral-circular-espiral: E_e

$$E_e = (R_c + p) \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) - R_c \quad (2.22)$$

Tangentes larga y corta de la espiral: T_L, T_C

$$T_L = x_c - \frac{y_c}{\tan \theta_e} \quad (2.23)$$

$$T_C = \frac{y_c}{\text{sen } \theta_e} \quad (2.24)$$

Coordenadas cartesianas del centro de la curva circular con transiciones:

(x_o, y_o)

$$x_o = k = x_c - R_c \text{ sen } \theta_e \quad (2.25)$$

$$y_o = y_c + R_c \text{ cos } \theta_e \quad (2.26)$$

Cuerda larga de la espiral: CL_e

$$CL_e = \sqrt{x_c^2 + y_c^2} \quad (2.27)$$

Deflexión de cualquier punto P de la espiral: φ

$$\varphi = \arctan \frac{y}{x} \quad (2.28)$$

También, numerosos cálculos han probado que:

$$\varphi = \frac{\theta}{3} - Z \quad (2.29)$$

Donde Z expresada en segundos, es una pequeña corrección, la cual es prácticamente despreciable para valores de $\theta < 16^\circ$.

$$Z = 3.1(10^{-3})\theta^3 + 2.3(10^{-8})\theta^5 \quad (2.30)$$

Deflexión del EC o ángulo de la cuerda larga: φ_c

$$\varphi_c = \arctan \frac{y_c}{x_c} \quad (2.31)$$

También, según las ecuaciones (2.29) y (2.30):

$$\varphi_c = \frac{\theta_e}{3} - Z_e \quad (2.32)$$

$$Z_e = 3.1(10^{-3})\theta_e^3 + 2.3(10^{-8})\theta_e^5 \quad (2.33)$$

Longitud de la curva circular: L_s , L_c

Por el sistema arco:

$$L_s = \frac{\pi R_c \Delta_c}{180^\circ} \quad (2.34)$$

Por el sistema cuerda:

$$L_c = \frac{c \Delta_c}{G_c} \quad (2.35)$$

2.1.4 Longitud mínima de la espiral de transición

Para determinar la longitud de la curva de transición se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- a) Longitud mínima de curva de transición para el desarrollo del peralte.
- b) Longitud mínima de curva de transición por confort dinámico y seguridad para el usuario.
- c) Longitud mínima de curva de transición por confort óptico.
- d) Longitud mínima de curva de transición considerando el desarrollo total del peralte solo en la curva de transición.

a) Longitud mínima de curva de transición para el desarrollo del peralte.

Para velocidades bajo 60 Km/h, si se utilizan radios del orden mínimo, o en calzadas de más de dos carriles, la longitud de la curva de transición "L" correspondiente a A_{\min} puede resultar menor que la longitud requerida para desarrollar el peralte de la curva de transición. En estos casos se determinará A, imponiendo la condición que " $L=L_e$ " sea igual al desarrollo del peralte "p", requerido a partir del punto en que la pendiente transversal de la calzada o carril es nula.

De acuerdo a las normas, el límite para prescindir de una 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 $V < 100$ Km/h.

- Si R requiere $p < 2.5\%$. Se puede prescindir de la curva de transición para $V > 100$ Km/h.

Para determinar los valores máximos de pendientes longitudinales de los bordes con respecto a su eje, se puede usar la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Pendientes longitudinales máximas.

Velocidad de Diseño V_d (Km/h)	Pendiente Longitudinal Máxima
30	1/100
40	1/125
50	1/150
60	1/175
70	1/190
80	1/200
90	1/215
100	1/225
110	1/240
120	1/250

De acuerdo a este criterio, la longitud mínima de curva de transición se puede dar por la siguiente expresión:

$$L_{e(\text{mín})} = P_{\text{máx}} p \left(\frac{a}{2} \right) \quad (2.36)$$

Donde:

$P_{\text{máx}}$ = Denominador de la pendiente longitudinal máxima obtenido en la Tabla 2.1.

a = Ancho de la vía (m).

p = peralte máximo correspondiente a la curva (m/m).

$L_{e(\text{mín})}$ = Longitud mínima de clotoide por transición de peralte (m).

b) Longitud mínima de curva de transición por confort dinámico y seguridad para el usuario.

El criterio empleado para relacionar el parámetro de una clotoide con la función que ella debe cumplir en la curva de transición en carreteras, se basa en el cálculo del desarrollo requerido por la clotoide para distribuir a una tasa uniforme ($J - m/s^3$), la aceleración transversal no compensada por el peralte, generalmente en la curva circular que se desea enlazar.

Tabla 2.2 Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo.

V (Km/h)	V<80	80≤V<100	100≤V<120	120≤V
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

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001).

Sólo se usarán los valores de $J_{máx}$ cuando suponga una economía tal que justifique suficientemente esta restricción en el trazado, en detrimento de la continuidad.

La expresión que permite calcular la longitud mínima para esta condición es:

$$L_{e(mín)} = \frac{V}{46.65J} \left(\frac{V^2}{R_c} - 127P_{máx} \right) \quad (2.37)$$

Donde:

V = Velocidad de diseño (Km/h).

R_c = Radio de la curva circular (m).

J = Variación de la aceleración transversal (m/s³).

P_{máx} = Peralte máximo correspondiente (m/s³).

c) Longitud mínima de curva de transición por confort óptico.

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

$$\frac{R}{3} < A < R$$

La condición $A > R/3$ corresponde al parámetro mínimo que asegura la adecuada percepción de la existencia de la curva de transición. Ello implica utilizar un valor θ_e mínimo de 3.5 grados centesimales.

$$\theta_e = \frac{L_e}{2R_c} (\text{rad}) = \frac{100L_e}{\pi R_c} (\text{grados centesimales}) \quad (2.38)$$

$$\theta_e = \frac{100L_e}{\pi R_c} = 3.5 \quad (2.39)$$

$$L_{e(\text{mín})} = \frac{3.5\pi R_c}{100} = \frac{R_c}{9} \quad (2.40)$$

d) Longitud mínima de curva de transición considerando el desarrollo total del peralte sólo en la curva de transición.

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

$$L_{e(\text{mín})} = \frac{(P_f - P_i)B}{I_{p(\text{máx})}}$$

$$I_{p(\text{máx})} = 1.80 - 0.01V_d$$

Donde:

$I_{p(\text{máx})}$ = Máxima inclinación de un borde de la calzada respecto al eje (%).

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

P_f = Peralte final con su signo (%).

P_i = Peralte inicial con su signo (%).

Una vez calculada la longitud de la curva de transición L_e , se calcula:

$$L_{total} = D_c + L_e$$

Donde:

D_c = Es el arco de circunferencia entre EC y CE.

$$\frac{L_{total}}{4} < L_e < \frac{L_{total}}{2}$$

2.1.5 Superelevación de las curvas de transición.

Conceptos Básicos

Durante el movimiento de un vehículo en un tramo recto, actúan sobre éste fuerzas tales como:

- La fuerza de inercia
- El peso propio
- Las reacciones normal del terreno
- La fuerza de rozamiento por rotación

Ahora, durante el movimiento de un vehículo en una curva, éste corre el peligro de perder la estabilidad debido a dos tipos de peligro tales como:

- Peligro de desplazamiento transversal
- Peligro de volteo

Se puede demostrar que primero se manifiesta el deslizamiento transversal, y que por lo tanto será necesario inclinar la sección transversal de la vía un ángulo tal que pueda contrarrestar la tendencia al deslizamiento.

Es necesario, entonces, mencionar la llamada Superelevación (S), que no es otra cosa que la diferencia de elevaciones en una sección transversal inclinada, entre su borde interior (BI) y su borde exterior (BE).

Radio de Curvatura Mínimo

Tal como se muestra en la Figura 2.4, un vehículo que no experimente deslizamiento transversal, conserva las fuerzas que actúan sobre él en equilibrio.

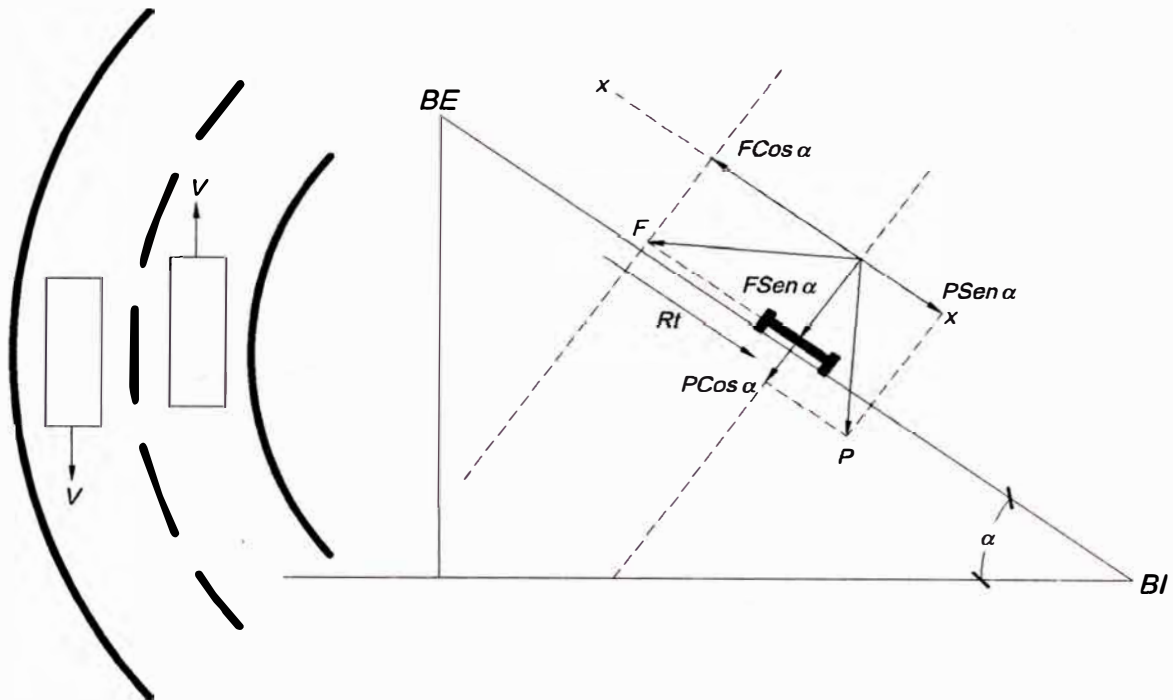


Figura 2.4 Fuerzas que actúan sobre un vehículo.

Donde:

- S = Superelevación (m)
- α = ángulo de inclinación de la sección transversal de la vía ($^{\circ}$)
- F = Fuerza centrífuga (Kgf)
- P = Peso del vehículo (Kgf)
- R_t = Reacción de rozamiento transversal por rotación (Kgf)

Si hacemos sumatoria de fuerzas en el eje X-X, tenemos:

$$F \cos \alpha = P \sin \alpha + R_t \quad (2.42)$$

ó

$$F = \frac{PV^2}{gR} \quad (2.43)$$

Donde:

- P = Peso del vehículo (Kgf)
- V = Velocidad de diseño (m/s)
- g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2)

R = Radio de curvatura (m)

F = Fuerza centrífuga (Kgf)

Podemos decir también:

$$F = \frac{PV^2}{127.14R} \quad (2.44)$$

De la Figura 2.6 se tiene:

$$R_t = f(F \operatorname{sen} \alpha + P \operatorname{cos} \alpha) \quad (2.45)$$

Donde:

f = Coeficiente de fricción transversal, el cual ha sido obtenido para diversas condiciones de estado de los neumáticos y superficie de pavimento, además de la velocidad a la que circula el vehículo.

En la Tabla 2.3 se muestran diferentes valores de "f" para distintas velocidades de diseño:

Tabla 2.3 Valores de coeficiente de fricción transversal.

Velocidad de Diseño (Km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Coeficiente "f"	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09

Ahora si sustituimos las expresiones (2.44) y (2.45) en (2.42) obtenemos:

$$R = \frac{V^2(1 - f \tan \alpha)}{127.14(\tan \alpha + f)} \quad (2.46)$$

Podemos hacer que $(1 - f \tan \alpha) = 1$, para aumentar el grado de seguridad, ya que aumenta el radio de la curva para una determinada condición. Además $\tan \alpha = p$ (peralte).

Entonces:

$$R = \frac{v^2}{127.14(p + f)} \quad (2.47)$$

Esta expresión proporciona el radio mínimo de la curva horizontal, para una velocidad de diseño determinada, el coeficiente de fricción de rozamiento transversal correspondiente a esa velocidad y el peralte máximo adoptado, es decir, no puede utilizarse para calcular valores de peralte para radios mayores que el mínimo.

Los valores máximos de peralte adoptados dependen de varias condiciones, entre las cuales se encuentran:

- Condiciones climatológicas
- Condiciones topográficas del terreno
- Tipo de zona (rural o urbana)
- Frecuencia de vehículos lentos

Las condiciones climatológicas son las que tienen mayor peso, por ejemplo, en regiones libres de hielo y nieve, pueden utilizarse valores máximos de peralte entre 0.12 y 0.10 m/m.

En caso de que existan pavimento cubiertos de hielo, se utilizarán valores de peralte de 0.08 m/m y pueden recomendarse aún valores de 0.06 m/m en regiones sujetas a condiciones invernales severas.

En el Perú, los valores adoptados como peralte máximo son:

- 4% para área urbana
- 6% para áreas rurales con peligro de hielo
- 8% para áreas rurales en terreno llano, ondulado o montañoso
- 12% para áreas rurales en terreno montañoso o escarpado

Los valores de radio mínimo para cada una de las velocidades de diseño, según tipo de zona se muestran en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Radios mínimos y peraltes máximos.

Ubicación de la Vía	Velocidad de Diseño (Km/h)	p máximo (%)	Radio mínimo redondeado (m)
Área Urbana	30	4	35
	40	4	60
	50	4	100
	60	4	150
	70	4	215
	80	4	280
	90	4	375
	100	4	490
	110	4	365
	120	4	870
Área Rural (con peligro de hielo)	30	6	30
	40	6	55
	50	6	90
	60	6	135
	70	6	195
	80	6	250
	90	6	335
	100	6	435
	110	6	560
	120	6	755
Área Rural (llano, ondulado o montañoso)	30	8	30
	40	8	50
	50	8	80
	60	8	125
	70	8	175
	80	8	230
	90	8	305
	100	8	395
	110	8	500
	120	8	665
Área Rural (montañoso o escarpado)	30	12	25
	40	12	45
	50	12	70
	60	12	105
	70	12	150
	80	12	195
	90	12	255
	100	12	255
	110	12	415
	120	12	540

Criterios para la obtención del peralte en una curva de transición

Los métodos para la determinación de peralte son cuatro:

MÉTODO 1.

La razón de peralte es directamente proporcional al grado de curvatura.

MÉTODO 2.

La razón de peralte es tal, que un vehículo que viaja a la velocidad de diseño tiene la totalidad de la fuerza centrífuga equilibrada por el peral en curva hasta donde se requiera el valor máximo de peralte, con el peralte máximo en todas las curvas fuertes del trazado.

MÉTODO 3.

Idéntico al método 2, excepto que se basa en la velocidad promedio de marcha.

MÉTODO 4.

La razón de peralte está en razón curvilínea con el grado de curvatura, adaptando valores entre los métodos 1 y 3.

Tabla 2.5 Fuerza centrífuga desarrollada por un vehículo a la velocidad de diseño de 100 Km/h y valores de peralte y fricción.

G	R	Método 1			Método 2			Método 3			Método 4		
		F	e	f	F	e	f	F	e	F	F	e	f
0°20'	3437.76	.023	.010	.013	.023	.023	.000	.023	.017	.006	.023	.017	.006
0°30'	2291.84	.034	.014	.020	.034	.034	.000	.034	.017	.009	.034	.025	.009
0°40'	1178.79	.046	.019	.027	.046	.046	.000	.046	.025	.012	.046	.034	.012
0°50'	1375.16	.057	.024	.033	.057	.057	.000	.057	.034	.015	.057	.042	.015
1°00'	1145.92	0.69	.029	.040	.069	.069	.000	.069	.042	.018	.069	.046	.020
1°30'	763.95	.103	.043	.060	.100	.100	.003	.103	.051	.027	.103	.069	.034
2°00'	572.96	.137	.057	.080	.100	.100	.037	.137	.076	.037	.137	.083	.054
2°30'	458.36	.172	.071	.101	.100	.100	.072	.172	.100	.072	.172	.093	.079
3°00'	381.97	.206	.086	.120	.100	.100	.106	.206	.100	.106	.206	.099	.107
3°20'	345.00	.240	.100	.130	.100	.100	.130	.240	.100	.130	.240	.100	.130

Desarrollo de la Superelevación en las Curvas de Transición

El desarrollo del peralte se realiza en toda la longitud de la curva de transición. El desvanecimiento del bombeo se hará en la alineación recta antes del TE y después del ET, en una longitud de 40 m para carreteras de calzadas separadas y de 20 m en carreteras de calzada única, 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 curva de transición.
- 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 curva de transición (peralte nulo) al 2% en una longitud máxima de 40 m para carreteras de calzadas separadas, y de 20 m para carreteras de calzada única.
- Desde el punto de peralte 2% hasta el peralte correspondiente a la curva (punto de tangencia), el peralte aumentará linealmente.

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

Cabe mencionar que para curvas circulares diseñadas de acuerdo al criterio de las normas, el límite para prescindir de curvas de transición pueden 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 $V < 100$ Km/h.

Si R requiere $p < 2.5\%$. Se puede prescindir de la curva de transición para $V > 100$ Km/h.

Se recomienda no aumentar significativamente las longitudes y parámetros mínimos obtenidos anteriormente, salvo expresa justificación en contrario. La longitud máxima de cada curva de transición no será superior a una vez y media (1.5) su longitud mínima.

Tabla 2.6 Radios sobre los cuales se puede prescindir de la curva de transición.

V (Km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
R (m)	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800	2000	2500

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001).

La tabla anterior no significa que para radios superiores a los indicados se deba suprimir la curva de transición, aquello es optativo y dependerá en parte del sistema de trabajo en uso.

El desarrollo del peralte se realiza, al igual que en las curvas circulares simples, girando la sección transversal de la vía:

- Por el eje.
- Por el borde interior (BI) de la vía.
- Por el borde exterior (BE) de la vía.

1.- Giro de la sección transversal por el eje de la vía

Es el método más recomendable en la mayoría de casos, porque se conserva el perfil de la rasante, dando como resultado un replanteo más sencillo.

La superelevación se alcanza de la siguiente manera:

La sección transversal en A, en recta, está formada por dos planos inclinados con el bombeo normal de la vía.

En la sección transversal B (TE de la espiral) la mitad exterior del pavimento ha alcanzado la posición horizontal y la mitad interior ha permanecido inalterada.

En la sección transversal C, la mitad exterior ha alcanzado una inclinación igual al bombeo, la mitad anterior ha permanecido inalterada y la vía se ha convertido en un plano inclinado cuya pendiente transversal es igual al factor de bombeo. En ese punto comienza a girar la mitad interior.

Por construcción la distancia $AB = BC$ obedece a la siguiente práctica en el Perú:

$$AB = BC = 20 \text{ m (Para vías de calzada única)}$$

$AB = BC = 40$ m (Para vías de calzadas separadas)

En la sección transversal D (EC de la espiral) se ha alcanzado el valor máximo de la superelevación y así permanece durante la curva circular, hasta el CE en que comienza el proceso inverso.

En la Figura 2.5 se muestra el esquema de giro de la sección transversal por el eje de la vía.

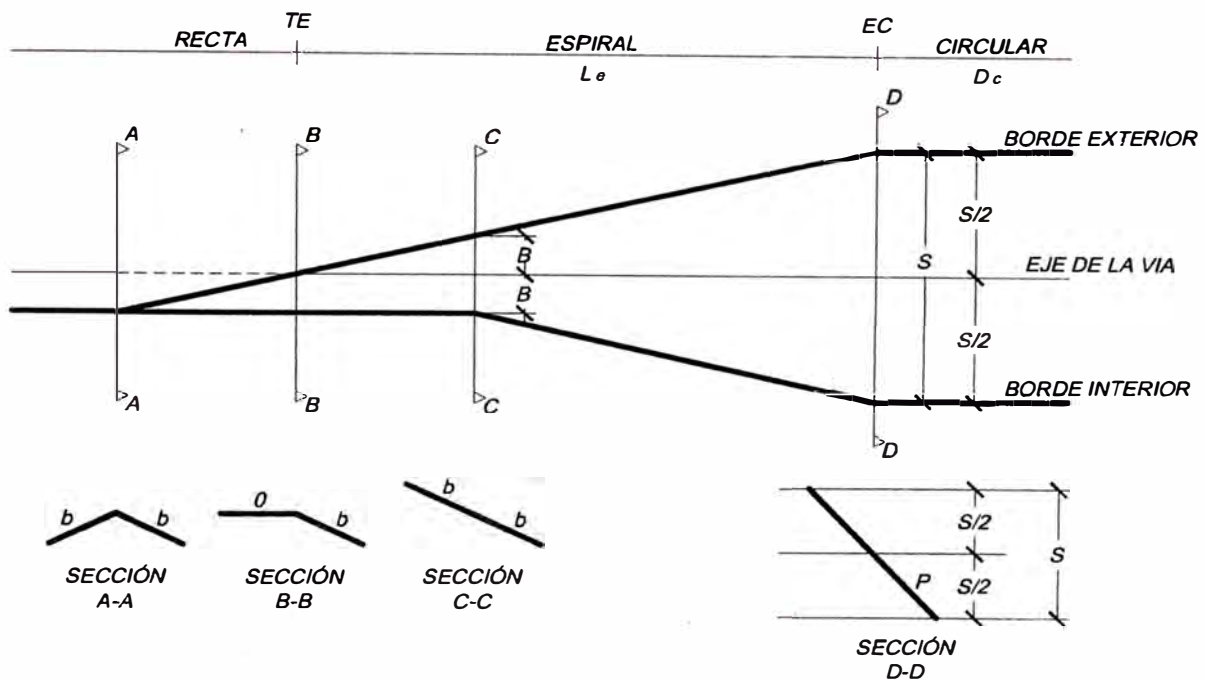


Figura 2.5 Giro por el eje de la vía.

2.- Giro de la sección transversal por el borde interior de la vía

Es el giro recomendable cuando existen problemas de drenaje en zonas de corte, porque al no deprimirse el borde interior se facilita el desagüe de la cuneta de ese lado. Además, en las zonas de corte la excavación a realizar es menor, sucediendo lo contrario en las zonas de terraplén, donde motivado por el giro, aumentan los mismos.

El perfil de la rasante calculada por el eje de la vía se afecta, aumentando el valor de sus cotas en una cantidad igual a la diferencia entre el producto del factor de superelevación por el semiancho de la sección (más el ensanche si lo hace), menos el valor del bombeo. El perfil de borde externo se calcula aumentando el valor de sus cotas una cantidad (con respecto a la rasante) igual

al producto del factor de superelevación por el ancho de la vía (más el ensanche, si lo hubiese) menos el valor del bombeo.

La superelevación se alcanza de la forma siguiente:

El eje es la línea base.

La sección transversal A (en recta) está formada por dos planos inclinados con el bombeo normal de la carretera. En esta sección el borde exterior comienza a elevarse.

En la sección transversal B (TE) la mitad exterior del pavimento ha alcanzado la posición horizontal y la mitad interior ha permanecido inalterada.

En la sección transversal C, la mitad del pavimento ha alcanzado una inclinación igual al factor de bombeo y como la mitad interior no ha variado, la sección transversal se ha transformado en un plano inclinado.

En la sección transversal C comienza a elevarse el eje de la vía, permaneciendo inalterable el borde interior. En la sección transversal D (EC) el plano inclinado formado ha alcanzado el valor máximo de peralte y así permanece a lo largo de toda la curva circular, hasta que en el CE comience el proceso.

En la Figura 2.6 se muestra el giro por el borde interior de la vía, como puede observarse, el perfil de la rasante por el eje de la vía, permanece inalterable hasta la sección C, donde se afecta, aumentando su valor en función de la pendiente para el desarrollo de la superelevación.

Para condiciones uniformes de perfil, la utilización de este método provoca una distorsión del borde exterior, en comparación con el método del giro por el eje de la vía.

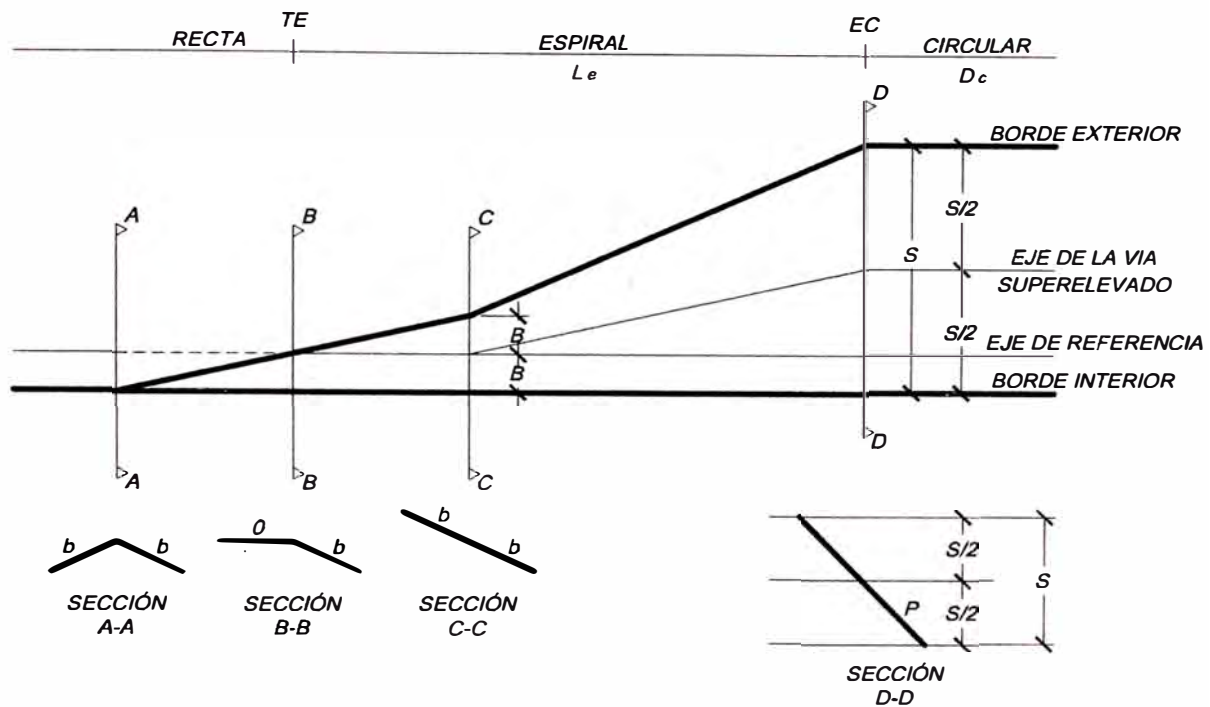


Figura 2.6 Giro por el borde interior de la vía.

3.- Giro de la sección transversal por el borde exterior de la vía

Es el método recomendado cuando existen terraplenes altos, ya que al deprimirse la vía con respecto al borde exterior se disminuyen los volúmenes ocasionados por aquellos.

El eje de la vía es la línea de referencia, y la superelevación se alcanza de la siguiente forma:

La sección transversal en A (recta) está formada por dos planos inclinados con el bombeo normal de la vía.

En esta sección el eje de la vía y el borde interno comienza a deprimirse.

En la sección B (TE) la mitad exterior del pavimento ha alcanzado la posición horizontal y el borde interior se ha deprimido una cantidad igual al bombeo. El borde exterior permanece inalterable.

En la sección C todo el pavimento ha girado, obteniéndose una inclinación igual al factor de bombeo. En este punto continúan deprimiéndose el borde interior, permanecido inalterable el borde exterior.

En la sección D (EC) el plano inclinado ha alcanzado el valor máximo de peralte, permaneciendo así en toda la curva circular hasta el CE, en que comienza el proceso inverso.

En la Figura 2.7 se muestra el giro de sección transversal por el borde exterior de la vía.

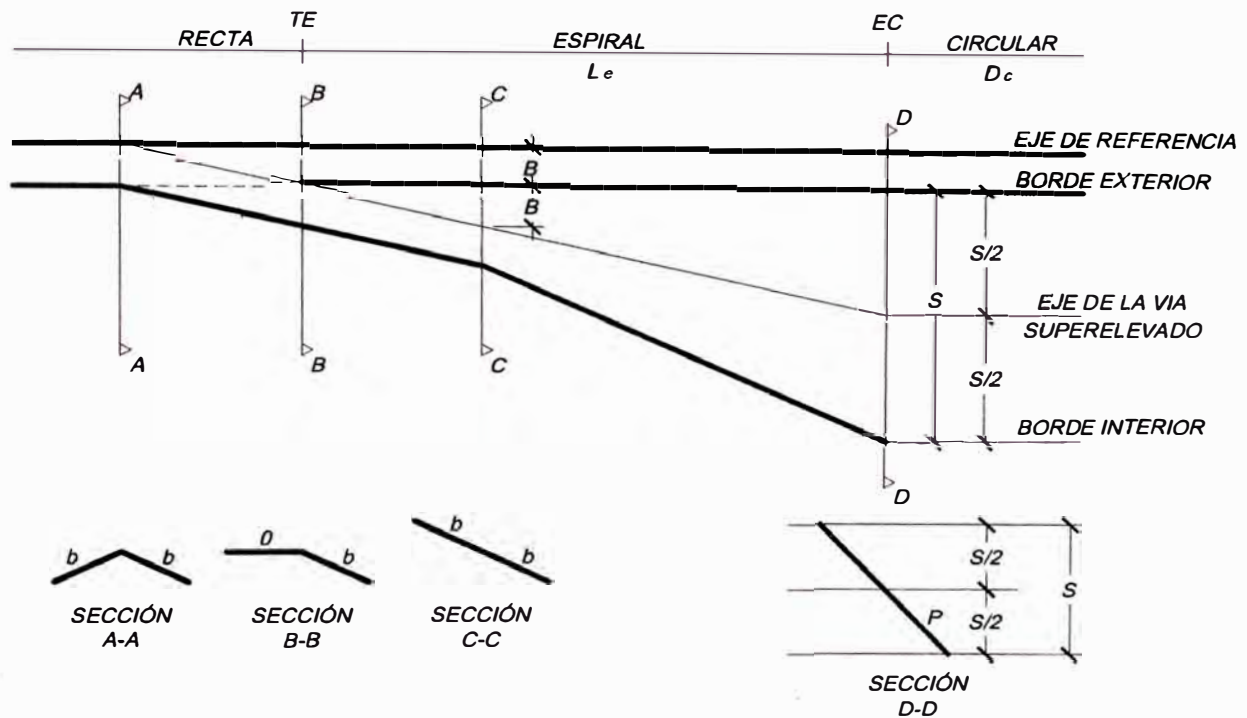


Figura 2.7 Giro por el borde exterior de la vía.

2.1.6 Sobrancho en las curvas de transición.

Conceptos Básicos

La necesidad de un ensanche de la vía se debe a que los vehículos ocupan un ancho mayor cuando circulan por una curva, que cuando lo hacen por las tangentes del trazado, además de que los conductores de los vehículos tienen mayor dificultad en mantenerse en el centro del carril por el cual circula el vehículo.

Características del sobrancho utilizado en curvas de transición

En curvas circulares de radio menor a 250 m se deberá ensanchar la calzada con el fin de restituir los espacios libres entre los vehículos, o entre vehículo y borde de calzada, que se poseen en recta para un ancho de calzada dado. Este

sobreancho equivale al aumento de gálibo lateral que experimentan los camiones al describir una curva cerrada.

La longitud normal 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.

El desarrollo del sobreancho se dará, por lo tanto, siempre dentro de la curva de transición, adoptando una variación lineal con el desarrollo y ubicándose al costado de la carretera que corresponde al interior de la curva.

En obra el ensanche se aplica al borde interior de la vía, aunque al delimitar los dos sentidos de circulación, su beneficio se reparte en partes iguales para cada sentido de circulación.

Distribución del sobreancho en curvas de transición

En estas circunstancias y con el propósito de que las condiciones de operación de los vehículos en las curvas sean muy similares a las de en recta, la calzada en las curvas debe ensancharse. Este aumento del ancho se denomina sobreancho S de la curva.

En la Figura 2.8 se ilustran dos vehículos circulando en una curva de radio R al eje, con las dimensiones mostradas.

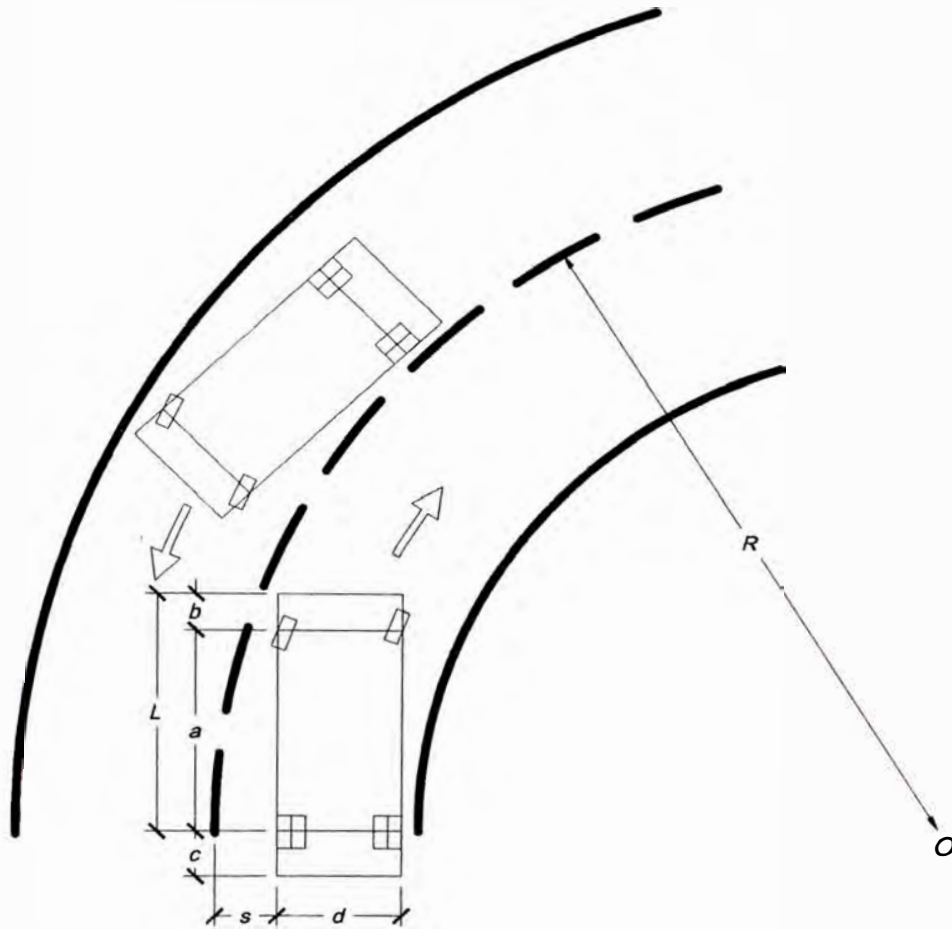


Figura 2.8 Sobreo en las curvas.

Si se asume que el radio de la trayectoria del vuelo delantero es aproximadamente igual al radio R de la curva al eje, el sobreo variará en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad directriz. Su cálculo se hará valiéndose de la siguiente expresión:

$$Sa = n \left[R - \sqrt{R^2 - L^2} \right] + \frac{V}{10\sqrt{R}} \quad (2.48)$$

Donde:

- Sa = Sobreo (m)
- V = Velocidad (Km/h)
- R = Radio de curvatura (m)
- n = Número de carriles
- L = Distancia entre el eje posterior y parte frontal (m)

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.

El desarrollo del sobreebancho se dará siempre dentro de la curva de transición, adoptando una variación lineal con el desarrollo y ubicándose al costado de la carretera que corresponde al interior de la curva.

$$Sa_n = \frac{Sa}{L} L_n \quad (2.49)$$

Donde:

- Sa_n = Sobreebancho en un punto cualquiera (m)
- Sa = Sobreebancho calculado para la curva (m)
- L_n = Longitud entre el comienzo del ensanche y el punto deseado (m)
- L = Longitud total del desarrollo del sobreebancho (m)

La ordenada Sa_n se medirá normal al eje de la calzada en el punto de abscisa L_n y el borde de la calzada ensanchada distará del eje $a/2 + Sa_n$, siendo "a" el ancho normal de la calzada en recta.

La demarcación de la calzada se ejecutará midiendo una ordenada $Sa_n/2$, a partir del eje de la calzada, en el punto de la abscisa L_n .

Una vez replanteados en el terreno los valores del ensanche, debe marcarse el eje de la vía por los puntos medios del ancho del pavimento resultante, de modo que el beneficio del ensanche se reparta entre los dos carriles de circulación de vehículos.

En la Tabla 2.7 se muestran los valores de sobreebancho, las cuales se han calculado con la expresión (2.48), para $L=7.30$ m (distancia del eje posterior y la parte frontal) y $n=2$ (número de carriles).

Tabla 2.7 Tabla de Valores de Sobreanchos.

Velocidad (Km/h)	Radio (m)	Sobrancho (m)		Velocidad (Km/h)	Radio (m)	Sobrancho (m)	
		Calculado	Redondeado			Calculado	Redondeado
30	25	2.78	2.80	40	100	0.93	0.90
30	28	2.50	2.50	40	110	0.87	0.90
30	30	2.35	2.40	40	130	0.76	0.80
30	35	2.05	2.00	40	150	0.68	0.70
30	37	1.95	1.90	40	170	0.62	0.60
30	40	1.82	1.80	40	200	0.55	0.50
30	45	1.64	1.60	40	250	0.47	0.50
30	50	1.50	1.50	50	70	1.36	1.40
30	55	1.38	1.40	50	80	1.23	1.20
30	60	1.28	1.30	50	90	1.12	1.10
30	70	1.12	1.10	50	100	1.03	1.00
30	80	1.00	1.00	50	110	0.96	1.00
30	90	0.91	0.90	50	150	0.76	0.80
30	100	0.83	0.80	50	170	0.70	0.70
30	110	0.77	0.80	50	200	0.62	0.60
30	120	0.72	0.70	50	230	0.56	0.60
30	130	0.67	0.70	50	250	0.53	0.50
30	200	0.48	0.50	60	105	1.09	1.10
30	250	0.40	0.40	60	110	1.06	1.10
40	45	1.79	1.80	60	120	0.99	1.00
40	50	1.64	1.60	60	130	0.94	0.90
40	55	1.51	1.50	60	140	0.89	0.90
40	60	1.41	1.40	60	160	0.81	0.80
40	65	1.32	1.30	60	180	0.74	0.70
40	70	1.24	1.20	60	200	0.69	0.70
40	80	1.11	1.10	60	220	0.65	0.60
40	90	1.01	1.00				

Fuente: Elaboración propia.

2.2 DISEÑO Y CÁLCULOS

2.2.1 Diseño Geométrico Horizontal y Vertical

Después de evaluar las proyecciones de tráfico, el tipo de orografía y la clasificación de la vía, se determina, con ayuda del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001), los valores de los parámetros que intervienen en el diseño de la carretera.

Tabla 2.8 Parámetros de Diseño.

Parámetro	Característica
Velocidad de diseño (Km/h)	60.00
Sección transversal (m)	7.00
Bombeo (%)	2.00
Radio mínimo (m)	125.00
Peralte máximo (%)	8.00
Tramos en tangente:	
- Entre curvas de sentido opuesto (m)	83.00
- Entre curvas del mismo sentido (m)	167.00
- Longitud máxima (m)	1002.00
Longitud mínima de curvas de transición (m)	50.00
Sobreechancho (m)	1.10
Pendiente máxima longitudinal (%)	7.00

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2 Cálculos

Como aplicación directa para la determinación de la longitud mínima de la curva de transición, se presentan los siguientes casos:

a) Longitud mínima de curva de transición para el desarrollo del peralte.

$$L_{e(min)} = P_{max} P \left(\frac{a}{2} \right)$$

$$L_{e(min)} = (175) \left(\frac{8}{100} \right) \left(\frac{7.00}{2} \right)$$

$$L_{e(min)} = 49.00 \text{ m.}$$

b) Longitud mínima de curva de transición por confort dinámico y seguridad para el usuario.

$$L_{e(\min)} = \frac{V}{46.65J} \left(\frac{V^2}{R_c} - 127P_{\max} \right)$$

$$L_{e(\min)} = \frac{60}{46.65(0.5)} \left[\frac{60^2}{125} - 127 \left(\frac{8}{100} \right) \right]$$

$$L_{e(\min)} = 47.94 \text{ m.}$$

c) Longitud mínima de curva de transición por estética y guiado óptico.

$$L_{e(\min)} \geq \frac{R_c}{9}$$

$$L_{e(\min)} \geq \frac{125}{9}$$

$$L_{e(\min)} \geq 13.89 \text{ m.}$$

d) Longitud mínima de curva de transición considerando el desarrollo total del peralte sólo en la curva de transición.

$$L_{e(\min)} = \frac{(P_f - P_i)B}{I_{p_{\max}}} = \frac{(P_f - P_i)B}{1.80 - 0.01V_d}$$

$$L_{e(\min)} = \frac{[8 - (-2)](7.00/2)}{1.80 - 0.01(60)}$$

$$L_{e(\min)} = 29.17 \text{ m.}$$

Se elige como longitud de la espiral 50.00 m.

2.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Para tener como referencia al momento de la ejecución del proyecto, se ha tomado como especificaciones técnicas las elaboradas por el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, las que son Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras (EG-2000).

Las especificaciones que se usarán en esta ocasión serán descritas en el Capítulo 3.

CAPÍTULO 3 EXPEDIENTE TÉCNICO

3.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

3.1.1 Descripción General del Proyecto

El Mejoramiento de la Carretera Cañete – Yauyos del Km 57+300 al Km 57+600, se encuentra ubicado en el oeste centro del país y es parte de la carretera que conecta las regiones de Lima y Junín. Su altitud promedio es alrededor de 817 m.s.n.m. La idea del estudio nace a raíz de la deficiente transitabilidad que actualmente existe en la carretera, esto debido a un diseño geométrico inadecuado y al mal estado en que se encuentra la superficie de rodadura; deviniendo en altos costos de operación y mantenimiento vehicular, además de largos tiempos de viaje, por lo que la economía de los pobladores involucrados en el área que compete la carretera, cada vez se viene empeorando.

3.1.2 Características Técnicas del Proyecto

Trazo y diseño vial

Parámetro	Característica
Velocidad de diseño (Km/h)	60.00
Sección transversal (m)	7.00
Bombeo (%)	2.00
Radio mínimo (m)	125.00
Peralte máximo (%)	8.00
Tramos en tangente:	
- Entre curvas de sentido opuesto (m)	83.00
- Entre curvas del mismo sentido (m)	167.00
- Longitud máxima (m)	1002.00
Sobreechancho (m)	1.10
Pendiente máxima longitudinal (%)	7.00

Suelos y pavimentos

Se tomó muestras de calicatas y ensayadas en laboratorio, obteniéndose como valor de CBR al 95% de la MDS 37.3%, demostrando buena capacidad de soporte para este tramo.

En pavimento se propone: (a) colocación de una nueva capa de afirmado de 20cm de espesor, (b) carpeta asfáltica con una subbase de $e=6''$, base $e=6''$ y CA de $e=2''$ y (c) una capa de TSB de $e=2.5$ cm, base granular de 15 cm y sub base granular de espesor de 15 cm.

Hidrología y drenaje

Se consideran alcantarillas tipo marco de concreto armado, cunetas revestidas de sección triangular y subdrenes. Se propone alcantarillas tipo marco con una sección referencial de 0.60×0.60 m. Las cunetas serán de sección triangular con taludes de 1:1 a 1:2. Se debe programar un mantenimiento rutinario y periódico de las estructuras, sobre todo a las socavaciones y colmataciones de los cauces que puedan afectar las cunetas y alcantarillas.

3.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

3.2.1 Movilización y Desmovilización

Descripción

Esta partida consiste en el traslado de personal, equipo, materiales, campamentos y otros, que sean necesarios al lugar en que desarrollará la obra antes de iniciar y al finalizar los trabajos. La movilización incluye la obtención y pago de permisos y seguros.

Consideraciones Generales

El traslado del equipo pesado se puede efectuar en camiones de cama baja, mientras que el equipo liviano puede trasladarse por sus propios medios, llevando el equipo liviano no autopropulsado como herramientas, martillos neumáticos, vibradores, etc.

El Contratista antes de transportar el equipo mecánico ofertado al sitio de la obra deberá someterlo a inspección del MTC dentro de los 30 días después de otorgada la Buena Pro. Este equipo será revisado por el Supervisor en la obra y de no encontrarlo satisfactorio en cuanto a su condición y operatividad deberá rechazarlo en cuyo caso el Contratista deberá reemplazarlo por otro similar en buenas condiciones de operación. El rechazo del equipo no podrá generar ningún reclamo por parte del Contratista.

Si el Contratista opta por transportar un equipo diferente al ofertado, éste no será valorizado por el Supervisor. El Contratista no podrá retirar de la obra ningún equipo sin autorización escrita del Supervisor.

Medición

La movilización se medirá en forma global. El equipo a considerar en la medición será solamente el que ofertó el Contratista en el proceso de licitación.

Pago

Las cantidades aceptadas y medidas como se indican a continuación serán pagadas al precio de Contrato de la partida "Movilización y Desmovilización de

Equipo". El pago constituirá compensación total por los trabajos prescritos en esta sección.

El pago global de la movilización y desmovilización será de la siguiente forma:

- (a) 50% del monto global será pagado cuando haya sido concluida la movilización a obra y se haya ejecutado por lo menos el 5% del monto del contrato total, sin incluir el monto de la movilización.
- (b) El 50% restante de la movilización y desmovilización será pagada cuando se haya concluido el 100% del monto de la obra y haya sido retirado todo el equipo de la obra con la autorización del Supervisor.

Ítem de Pago	Unidad de Pago
Movilización y Desmovilización de Equipo	Global (Gb)

3.2.2 Topografía y Georeferenciación

Descripción

En base a los planos y levantamientos topográficos del Proyecto, sus referencias y BMs, el Contratista procederá al replanteo general de la obra, en el que de ser necesario se efectuarán los ajustes necesarios a las condiciones reales encontradas en el terreno. El Contratista será el responsable del replanteo topográfico que será revisado y aprobado por el Supervisor, así como del cuidado y resguardo de los puntos físicos, estacas y monumentación instalada durante el proceso del levantamiento del proceso constructivo.

El Contratista instalará puntos de control topográfico estableciendo en cada uno de ellos sus coordenadas geográficas en sistema UTM. Para los trabajos a realizar dentro de esta sección el Contratista deberá proporcionar personal calificado, el equipo necesario y materiales que se requieran para el replanteo estacado, referenciación, monumentación, calculo y registro de datos para el control de las obras.

La información sobre estos trabajos, deberá estar disponible en todo momento para su revisión y control por el Supervisor.

El personal, equipo y materiales deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- (a) Personal: Se implementarán cuadrillas de topografía en número suficiente para tener un flujo ordenado de operaciones que permitan la ejecución de las obras de acuerdo a los programas y cronogramas. El personal deberá estar suficientemente tecnificado y calificado para cumplir de manera adecuada con sus funciones en el tiempo establecido.

Las cuadrillas de topografía estarán bajo el mando y control de un Ingeniero especializado en topografía con lo menos 10 años de experiencia.

- (b) Equipo: Se deberá implementar el equipo de topografía necesario, capaz de trabajar dentro de los rangos de tolerancia especificados. Así mismo se deberá proveer el equipo de soporte para el cálculo, procesamiento y dibujo.

- (c) Materiales: Se proveerá suficiente material adecuado para la cimentación, monumentación, estacado, pintura y herramientas adecuadas. Las estacas deben tener área suficiente que permita anotar marcas legibles.

Requerimientos para los Trabajos

Los trabajos de Topografía y Georeferenciación comprenden los siguientes aspectos:

(a) Georeferenciación:

La georeferenciación se hará estableciendo puntos de control geográfico mediante coordenadas UTM con una equidistancia aproximada de 10 Km. ubicados a lo largo de la carretera. Los puntos seleccionados estarán en lugares cercanos y accesibles que no sean afectados por las obras o por el tráfico vehicular y peatonal. Los puntos serán monumentados en concreto con una placa de bronce en su parte superior en el que se definirá el punto por la intersección de dos líneas.

Estos puntos servirán de base para todo el trabajo topográfico y a ellos estarán referidos los puntos de control y los del replanteo de la vía.

(b) Puntos de Control:

Los puntos de control horizontal y vertical que puedan ser afectados por las obras deben ser reubicados en áreas en que no sean disturbadas por las operaciones constructivas. Se deberán establecer las coordenadas y elevaciones para los puntos reubicados antes que los puntos iniciales sean disturbados.

El ajuste de los trabajos topográficos será efectuado con relación a dos puntos de control geográfico contiguos, ubicados a no más de 10 km.

(c) Sección Transversal

Las secciones transversales del terreno natural deberán ser referidas al eje de la carretera. El espaciamiento entre secciones no deberá ser mayor de 20 m. en tramos en tangente y de 10 m. en tramos de curvas. En caso de quiebres en la topografía se tomarán secciones adicionales en los puntos de quiebre o por lo menos cada 5 m.

Se tomarán puntos de la sección transversal con la suficiente extensión para que puedan entrar los taludes de corte y relleno hasta los límites que indique el Supervisor. Las secciones además deben extenderse lo suficiente para Evidenciar la presencia de edificaciones, cultivos, línea férrea, canales, etc. Que por estar cercanas al trazo de la vida podrían ser afectadas por las obras de carretera, así como por el desagüe de las alcantarillas. Todas las dimensiones de la sección transversal serán reducidas al horizonte desde el eje de la vía.

(d) Estacas de Talud y Referencias

Se deberán establecer estacas de talud de corte y relleno en los bordes de cada sección transversal. Las estacas de talud establecen en el campo el punto de intersección de los taludes de la sección transversal del diseño de la carretera con la traza del terreno natural. Las estacas de talud deben ser ubicadas fuera de los límites de la limpieza del terreno y en dichas estacas se inscribirán las referencias de cada punto e información del talud a construir conjuntamente con los datos de medición.

(e) Límites de Limpieza y Roce

Los límites para los trabajos de limpieza y roce deben ser establecidos en ambos lados de la línea del eje en cada sección de la carretera.

(f) Restablecimiento de la línea del eje

La línea del eje será restablecida a partir de los puntos de control. El espaciamiento entre puntos del eje no debe exceder de 20 m. en tangente y de 10 m. en curvas.

El estacado debe ser restablecido cuantas veces sea necesario para la ejecución de cada etapa de la obra, para lo cual se deben resguardar los puntos de referencia.

Aceptación de los Trabajos

Los trabajos de replanteo, levantamientos topográficos y todo lo indicado en esta sección.

Medición

La topografía y georeferenciación se medirán en forma global.

Pago

El pago global de la Topografía y Georeferenciación será de la siguiente forma:

- (a) 20% del monto global de la partida se pagará cuando se concluyan los trabajos de georeferenciación con el establecimiento y definición de sus coordenadas.
- (b) El 80% del monto global de la partida se pagará en forma prorrateada y uniforme en los meses que dura la ejecución del proyecto

Ítem de Pago	Unidad de Pago
Topografía y Georeferenciación	Global (Gb)

3.2.3 Excavación para Explanaciones

Descripción

El trabajo comprende el conjunto de actividades de excavación y nivelación de las zonas comprendidas dentro del prisma donde ha de fundarse la carretera, incluyendo taludes y cunetas; así como la escarificación, conformación y compactación de la subrasante en corte.

Incluye, además, las excavaciones necesarias para el ensanche o modificación del alineamiento horizontal o vertical de plataformas existentes.

Materiales

Los materiales provenientes de excavación para la explanación se utilizarán, si reúnen las calidades exigidas, en la construcción de las obras de acuerdo con los usos fijados en los documentos del proyecto o determinados por el Supervisor. El Contratista no podrá desechar materiales ni retirarlos para fines distintos a los del contrato, sin la autorización previa del Supervisor.

Los materiales provenientes de la excavación que presenten buenas características para uso en la construcción de la vía, serán reservados para colocarlos posteriormente.

Los materiales de excavación que no sean utilizables deberán ser colocados, donde lo indique el proyecto o de acuerdo con las instrucciones del Supervisor, en zonas aprobadas por éste.

Los materiales recolectados deberán ser humedecidos adecuadamente, cubiertos con una lona y protegidos contra los efectos atmosféricos, para evitar que por efecto del material particulado causen enfermedades respiratorias, alérgicas y oculares al personal de obra, así como a las poblaciones aledañas.

El depósito temporal de los materiales no deberá interrumpir vías o zonas de acceso de importancia local.

Los materiales adicionales que se requieran para las obras, se extraerán de las zonas de préstamo aprobadas por el Supervisor y deberán cumplir con las características establecidas en las especificaciones correspondientes.

Equipo

El Contratista propondrá, para consideración del Supervisor, los equipos más adecuados para las operaciones por realizar, los cuales no deben producir daños innecesarios ni a construcciones ni a cultivos; y garantizarán el avance físico de ejecución, según el programa de trabajo, que permita el desarrollo de las etapas constructivas siguientes.

Los equipos de excavación deberán disponer de sistemas de silenciadores y la omisión de éstos será con la autorización del Supervisor. Cuando se trabaje cerca a zonas ambientalmente sensible, tales como colegios, hospitales, mercados y otros que considere el Supervisor aunado a los especificados en el Estudio de Impacto Ambiental los trabajos se harán manualmente si es que los niveles de ruido sobrepasan los niveles máximos recomendados.

Requerimientos de Construcción

Excavación

Las obras de excavación deberán avanzar en forma coordinada con las de drenaje del proyecto, tales como alcantarillas, desagües, alivios de cunetas y construcción de filtros. Además se debe garantizar el correcto funcionamiento del drenaje y controlar fenómenos de erosión e inestabilidad.

La secuencia de todas las operaciones de excavación debe ser tal, que asegure la utilización de todos los materiales aptos y necesarios para la construcción de las obras señaladas en los planos del proyecto o indicadas por el Supervisor.

La excavación de la explanación se debe ejecutar de acuerdo con las secciones transversales del proyecto o las modificadas por el Supervisor. Toda sobre-excavación que haga el Contratista, por error o por conveniencia propia para la operación de sus equipos, correrá por su cuenta y el Supervisor podrá suspenderla, si lo estima necesario, por razones técnicas o económicas.

Cuando la altura de los taludes sea mayor de siete metros (7 m) o según lo especifique el Proyecto y la calidad del material por excavar lo exija, deberán construirse banquetas de corte con pendiente hacia el interior del talud a una cuneta que debe recoger y encauzar las aguas superficiales. El ancho mínimo de

la terraza deberá ser tal, que permita la operación normal de los equipos de construcción. La pendiente longitudinal de las banquetas y el dimensionamiento debe especificarse en el proyecto o seguir las indicaciones del Supervisor.

Al alcanzar el nivel de la subrasante en la excavación, se deberá escarificar en una profundidad mínima de ciento cincuenta milímetros (150 mm), conformar de acuerdo con las pendientes transversales especificadas y compactar.

Taludes

La excavación de los taludes se realizará adecuadamente para no dañar su superficie final, evitar la descompresión prematura o excesiva de su pie y contrarrestar cualquier otra causa que pueda comprometer la estabilidad de la excavación final.

Cuando los taludes excavados tiene más de tres (3) metros, y se presentan síntomas de inestabilidad, se deben de hacer terrazas o banquetas de corte y realizar labores de sembrado de vegetación típica en la zona afectada, para evitar la erosión, ocurrencia de derrumbes o deslizamientos que puedan interrumpir las labores de obra, así como la interrupción del tránsito en la etapa operativa aumentando los costos de mantenimiento. En los lugares que se estime conveniente se deberán de construir muros de contención. Estas labores deben de tratarse adecuadamente, debido a que implica un riesgo potencial grande para la integridad física de los usuarios de la carretera.

Aceptación de los Trabajos

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

Verificar que el Contratista disponga de todos los permisos requeridos para la ejecución de los trabajos.

Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el Contratista.

Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos adoptados por el Contratista.

Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.

Verificar el alineamiento, perfil y sección de las áreas excavadas.

Comprobar que toda superficie para base de terraplén o subrasante mejorada quede limpia y libre de materia orgánica

Verificar la compactación de la subrasante.

Medir los volúmenes de trabajo ejecutado por el Contratista en acuerdo a la presente especificación.

El trabajo de excavación se dará por terminado y aceptado cuando el alineamiento, el perfil, la sección y la compactación de la subrasante estén de acuerdo con los planos del proyecto, estas especificaciones y las instrucciones del Supervisor.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la excavación, no será menor que la distancia señalada en los planos o modificada por el Supervisor.

La cota de cualquier punto de la subrasante conformada y terminada no deberá variar en más de diez milímetros (10mm) con respecto a la cota proyectada.

Medición

La unidad de medida será el metro cúbico (m³), aproximado al metro cúbico completo, de material excavado en su posición original. Todas las excavaciones para explanaciones, zanjas, acequias y préstamos serán medidas por volumen ejecutado, con base en las áreas de corte de las secciones transversales del proyecto, original o modificado, verificadas por el Supervisor antes y después de ejecutarse el trabajo de excavación.

Los ensayos deflectométricos serán medidos por kilómetro (km) con aproximación a la décima de kilómetro de la actividad terminada en ambos carriles, una vez aceptado el documento técnico enviado a la Supervisión.

Pago

El trabajo de excavación se pagará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con el proyecto o las instrucciones del Supervisor, para la

respectiva clase de excavación ejecutada satisfactoriamente y aceptada por éste.

Ítem de Pago	Unidad de Pago
Excavación en explanaciones sin clasificar	Metro cúbico (m ³)

3.2.4 Terraplenes

Materiales

Todos los materiales que se empleen en la construcción de terraplenes deberán provenir de las excavaciones de la explanación, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas; deberán estar libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales. Su empleo deberá ser autorizado por el Supervisor, quien de ninguna manera permitirá la construcción de terraplenes con materiales de características expansivas.

Equipo

El equipo empleado para la construcción de terraplenes deberá ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere aprobación previa del Supervisor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

Requerimientos de Construcción

La secuencia de construcción de los terraplenes deberá ajustarse a las condiciones estacionales y climáticas que imperen en la región del proyecto.

Cuando se hace el vaciado de los materiales se desprende una gran cantidad de material particulado, por lo cual se debe contar con equipos apropiados para la protección del polvo al personal; además, se tiene que evitar que gente extraña a las obras se encuentren cerca en el momento que se hacen estos trabajos. Para lo cual, se requiere un personal exclusivo para la seguridad, principalmente para que los niños, no se interpongan en el empleo de la maquinaria pesada y evitar accidentes con consecuencias graves.

Preparación del terreno

Cuando el terreno base esté satisfactoriamente limpio y drenado, se deberá escarificar, conformar y compactar, de acuerdo con las exigencias de compactación definidas en la presente especificación, en una profundidad mínima de ciento cincuenta milímetros (150 mm), aun cuando se deba construir sobre un afirmado.

En las zonas de ensanche de terraplenes existentes o en la construcción de éstos sobre terreno inclinado, previamente preparado, el talud existente o el terreno natural deberán cortarse en forma escalonada, de acuerdo con los planos o las instrucciones del Supervisor, para asegurar la estabilidad del terraplén nuevo.

Aceptación de los Trabajos

Los trabajos para su aceptación estarán sujetos a lo siguiente:

(a) Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo utilizado por el Contratista.

Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.

Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.

Comprobar que los materiales por emplear cumplan los requisitos de calidad.

Verificar la compactación de todas las capas del terraplén.

Realizar medidas para determinar espesores y levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.

(b) Calidad de los materiales

De cada procedencia de los suelos empleados para la construcción de terraplenes y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

Granulometría

Límites de Consistencia.

Abrasión.

Clasificación.

Durante la etapa de producción, el Supervisor examinará las descargas de los materiales y ordenará el retiro de aquellas que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.

(c) Calidad del producto terminado

Cada capa terminada de terraplén deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a la rasante y pendientes establecidas.

Los taludes terminados no deberán acusar irregularidades a la vista.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde del terraplén no será menor que la distancia señalada en los planos o modificada por el Supervisor.

La cota de cualquier punto de la subrasante en terraplenes, conformada y compactada, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la cota proyectada.

No se tolerará en las obras concluidas, ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas.

Medición

La unidad de medida para los volúmenes de terraplenes será el metro cúbico (m^3), aproximado al metro cúbico completo, de material compactado, aceptado por el Supervisor, en su posición final.

Pago

El trabajo de terraplenes se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir los costos de escarificación, nivelación, conformación, compactación y demás trabajos preparatorios de las áreas en donde se haya de construir un terraplén nuevo; deberá cubrir, además, la colocación, conformación, humedecimiento o secamiento y compactación de los materiales utilizados en la construcción de terraplenes; y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de los terraplenes, de acuerdo con esta especificación, los planos y las instrucciones del Supervisor.

Ítem de Pago	Unidad de Pago
Terraplenes	Metro cúbico (m ³)

3.3 PLANILLA DE METRADOS

MOVLIZACION Y DESMOVLIZACION

Progresiva		Unidad	Metrado
De	A		
57 + 300	57 + 600	gb	1.00

ALMACEN, OFICINA, GUARDIANIA

Progresiva		Unidad	Metrado
De	A		
57 + 300	57 + 600	est	1.00

SERVICIOS HIGIÉNICOS

Progresiva		Unidad	Metrado
De	A		
57 + 300	57 + 600	est	4.00

TRAZO Y REPLANTEO

Progresiva		Unidad	Metrado
De	A		
57 + 300	57 + 600	Km	0.30

CAMPAMENTO DE ADOBE TECHO CALAMINA

Descripción	Unidad	Metrado
Campamento de Adobe Techo Calamina (10x10 m)	m2	100.00

LIMPIEZA Y DESFORESTACIÓN

Descripción	Unidad	Metrado
Limpieza y desforestación (300x10 m)	Ha	0.30

METRADO DE EXPLANACIONES

Progresiva	Area (m2)		Volumen (m3)	
	Corte	Relleno	Corte	Relleno
57+300	8.05	-		
57+310	7.80	-	79.25	-
57+320	6.61	-	72.05	-
57+340	4.37	-	109.80	-
57+360	3.01	-	73.80	-
57+380	4.93	-	79.40	-
57+400	7.88	-	128.10	-
57+410	4.34	0.26	61.10	0.65
57+420	4.42	0.08	43.80	1.70
57+430	5.77	0.02	50.95	0.50
57+440	3.53	0.75	46.50	3.85
57+450	4.61	0.02	40.70	3.85
57+460	9.33	-	69.70	0.05
57+470	9.77	-	95.50	-
57+480	5.94	0.09	78.55	0.23
57+490	1.55	2.17	37.45	11.30
57+500	0.62	3.93	10.85	30.50
57+510	7.20	-	39.10	9.83
57+520	13.90	-	105.50	-
57+530	14.57	-	142.35	-
57+540	15.22	-	148.95	-
57+550	12.52	-	138.70	-
57+560	8.83	-	106.75	-
57+570	5.37	-	71.00	-
57+574	5.73	-	20.81	-
TOTAL			1,850.66	62.45

3.4 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Presupuesto MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS. Km 57+300 AL 57+600.								
Partida 01.01 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION								
Rendimiento	g/DIA	10.000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : gb		2,560.0000	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Equipos								
0348 040010	CAMION PLATAFORMA 4 X 2 122 HP 8 ton			hm	2.0000	16.0000	30.0000	480.0000
0348 040017	CAMION SEMITRAILER 6 X 43 30 HP 35 ton			hm	2.0000	16.0000	80.0000	1.280.0000
0348 040023	CAMION VOLQUETE 4 X 2 140-210 HP 6 m3			hm	2.0000	16.0000	50.0000	800.0000
								2,660.0000
Partida 02.01 ALMACEN, OFICINA, GUARDIANA								
Rendimiento	est/DIA		EQ.		Costo unitario directo por : est		3,000.0000	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra								
0147 000037	MANO DE OBRA INC. LEYES SOCIALES			est		30.0000	1.0000	30.0000
								30.0000
Materiales								
0205 010036	AGR ESADO FINO			est		10.0000	31.5900	315.9000
0205 010037	AGR ESADO GRUESO			est		10.0000	22.8200	228.2000
0221 000094	CEMENTO PORTLAND TIPO I			est		10.0000	15.6000	156.0000
0243 040005	MADERA TERCIA DA PARA CARPINTERIA			est		20.0000	3.0000	60.0000
								760.1000
Equipos								
0337 010101	HERRAMIENTA MANUJAL			est		5.0000	2.0000	10.0000
0348 110006	MAQUINARIA Y EQUIPO NACIONAL			est		15.0000	146.6600	2.199.6000
								2,209.6000
Partida 02.02 SERVICIOS HIGIENICOS								
Rendimiento	est/DIA		EQ.		Costo unitario directo por : est		450.0000	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra								
0147 000037	MANO DE OBRA INC. LEYES SOCIALES			est		40.0000	1.0000	40.0000
								40.0000
Materiales								
0210 980004	APARATO SANITARIO CON GRIFERIA			est		20.0000	15.0000	300.0000
0243 040005	MADERA TERCIA DA PARA CARPINTERIA			est		30.0000	3.0000	90.0000
								390.0000
Equipos								
0337 010101	HERRAMIENTA MANUJAL			est		10.0000	2.0000	20.0000
								20.0000
Partida 02.03 TRAZO Y REPLANTEO								
Rendimiento	km/DIA	0.7000	EQ.	0.7000	Costo unitario directo por : km		675.1265	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra								
0147 000032	TOPOGRAFO			hh	1.0000	11.4286	8.6000	98.2860
0147 010004	PEON			hh	3.0000	34.2857	6.9000	236.5713
								334.8573
Materiales								
0221 000001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)			bs		0.2000	15.6000	3.1200
0238 000000	HORMIGON (PUESTO EN OBRA)			m3		0.0270	14.4000	0.3888
0244 010000	ESTACA DE MADERA TORNILLO TRATADA			p2		50.0000	3.0000	150.0000
0254 170007	PINTURA ESMALTE METAL MADERA ESMALTEX CON COLOR			gal		0.2000	55.0000	11.0000
								164.5088
Equipos								
0337 010001	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		3.0000	334.8573	10.0457
0349 190003	NIVEL TOPOGRAFICO CON TRIPODE			he	1.0000	11.4286	6.5000	74.2859
0349 880003	TEODOLITO			hm	1.0000	11.4286	8.0000	91.4286
								175.7604
Partida 02.04 CAMPAMENTO DE ADOBE TECHO CALAMINA								
Rendimiento	m2/DIA	12.0000	EQ.	12.0000	Costo unitario directo por : m2		64.8682	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra								
0147 010003	OFICIAL			hh	0.3000	0.2000	7.7000	1.5400
0147 010004	PEON			hh	6.0000	4.0000	6.9000	27.6000
								28.1400
Materiales								
0202 170001	CLAVOS PARA CALAMINA			kg		0.0500	2.5000	0.1250
0243 040000	MADERA TORNILLO			p2		8.5000	3.5000	29.7500
0259 050001	PLANCHA DE CALAMINA DE ASBESTO CEMENTO # 30 DE 1.63m X 1			pza		1.2000	4.1500	4.9800
								34.8550
Equipos								

3.5 ANÁLISIS DE GASTOS GENERALES

Presupuesto **MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS. Km 57+300 AL 57+600.**

Moneda **01 NUEVOS SOLES**

GASTOS VARIABLES **87,450.00**

PERSONAL PROFESIONAL Y AUXILIAR

Código	Descripción	Unidad	Personas	% Particip.	Tiempo	Sueldo/Jornal	Parcial
01001	Gerente de Proyecto	mes	1.00	100.00	1.00	8,000.00	8,000.00
01003	Residente principal	mes	1.00	100.00	1.00	6,000.00	6,000.00
01006	Administrador de Obra	mes	1.00	100.00	1.00	3,500.00	3,500.00
01007	Secretaría	mes	1.00	100.00	1.00	1,500.00	1,500.00
01008	Asistente-Metrador-Dibujante	mes	1.00	100.00	1.00	3,500.00	3,500.00
01010	Tareador	mes	1.00	100.00	1.00	2,000.00	2,000.00
01011	Asistente de calidad	mes	1.00	100.00	1.00	2,000.00	2,000.00
Subtotal							26,500.00

PERSONAL TECNICO

Código	Descripción	Unidad	Personas	% Particip.	Tiempo	Sueldo/Jornal	Parcial
02003	Almacenero	mes	1.00	100.00	1.00	2,000.00	2,000.00
02006	Guardianes	mes	2.00	100.00	1.00	1,500.00	3,000.00
02009	Choferes	mes	2.00	100.00	1.00	2,000.00	4,000.00
02010	Laboratorista	mes	1.00	100.00	1.00	2,000.00	2,000.00
Subtotal							11,000.00

ALQUILER DE EQUIPO MENOR

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tiempo	Costo	Parcial
03001	Camioneta Cabina simple 2 tn.	u	2.00	30.00	150.00	9,000.00
03002	Radio Transmisor	u	4.00	1.00	600.00	2,400.00
03005	Laboratorio	u	1.00	1.00	3,000.00	3,000.00
Subtotal						14,400.00

HOSPEDAJE Y SERVICIOS

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tiempo	Costo	Parcial
04001	Alimentación diaria	mes	50.00	30.00	7.00	10,500.00
04002	Consumo de agua potable	mes	50.00	30.00	1.00	1,500.00
04003	Consumo de energía eléctrica	mes	50.00	30.00	1.00	1,500.00
04007	Hospedaje	mes	50.00	30.00	10.00	15,000.00
Subtotal						28,500.00

MOBILIARIO

Código	Descripción	Cantidad	% Deprec.	Vida útil	Precio	Parcial
05001	Escritorios consillas	4.00	10.00	10.00	150.00	600.00
05002	Tableros y bancos de dibujo	1.00	10.00	10.00	150.00	150.00
05003	Mesa de reuniones consillas	1.00	10.00	10.00	200.00	200.00
05004	Pizana acrílica	1.00	10.00	10.00	100.00	100.00
05007	Computador personal e impresora	4.00	10.00	10.00	1,500.00	6,000.00
Subtotal						7,050.00

GASTOS FIJOS **4,000.00**

ENSAYOS DE LABORATORIO

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
07003	Ensayos de Granulometría	u	4.00	500.00	2,000.00
07004	Ensayos de compactación de suelos	u	4.00	500.00	2,000.00
Subtotal					4,000.00

Total gastos generales 91,450.00

3.6 VALOR REFERENCIAL

PRESUPUESTO

Presupuesto	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS. Km 57+300 AL 57+600.				
Ciente	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	Costo al	02/01/2009		
Lugar	LIMA - CAÑETE - SAN VICENTE DE CAÑETE				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION				2,560.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	gb	1.00	2,560.0000	2,560.0000
02	OBRAS PRELIMNARES				11,856.92
02.01	ALMACEN, OFICINA, GUARDIANA	est	1.00	3,000.0000	3,000.0000
02.02	SERVICIOS HIGIENICOS	est	4.00	450.0000	1,800.0000
02.03	TRAZO Y REPLANTEO	km	0.30	675.1265	202.5380
02.04	CAMPAMENTO DE ADOBETECHOCALAMNA	m2	100.00	64.8692	6,486.9200
02.05	LIMPIEZA Y DESFORESTACION R= 1.2 Ha/días	ha	0.30	1,224.8882	367.4665
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				7,065.61
03.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO	m3	1,850.66	3.5168	6,508.4011
03.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	62.45	8.9225	557.2101
	COSTO DIRECTO				21,482.54
	GASTOS GENERALES	425.63463%			91,450.00
	UTILIDAD 10%				2,148.25
	PRESUPUESTO SIN IGV				115,080.79
	IMPUESTO (IGV 19%)				21,865.35
	TOTAL PRESUPUESTO				136,946.14
SON : CIENTO TREINTISEISMIL NOVECIENTOS CUARENTISEIS Y 14/100 NUEVOS SOLES					

3.7 FÓRMULA POLINÓMICA

Presupuesto MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS. Km 57+300 AL 57+600.

Fecha Presupuesto 02/01/2009

Moneda NUEVOS SOLES

Ubicación Geográfica LIMA - CAÑETE - SAN VICENTE DE CAÑETE

$$K = 0.179 \left(\frac{J_r}{J_o} \right) + 0.081 \left(\frac{M1_r}{M1_o} \right) + 0.167 \left(\frac{M2_r}{M2_o} \right) + 0.472 \left(\frac{MQ_r}{MQ_o} \right) + 0.101 \left(\frac{GU_r}{GU_o} \right)$$

Monomio	Factor	(%)	Símbolo	Índice	Descripción
1	0.179	100.000	J	47	MANO DE OBRA
2	0.081	100.000	M1	10	APARATO SANITARIO CONGRIFERIA
3	0.167	100.000	M2	43	MADERA NACIONAL PARA ENCOFRADO Y CARPINTERIA
4	0.472	100.000	MQ	49	MAQUINARIA Y EQUIPO IMPORTADO
5	0.101	100.000	GU	39	INDICE GENERAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR

3.8 RELACIÓN DE EQUIPO MÍNIMO

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0337010101	HERRAMIENTA MANUAL	est	450.000	2.0000	90.0000
0348040010	CAMION PLATAFORMA 4 X 2 122 HP 8 ton	hm	16.0000	30.0000	480.0000
0348040017	CAMION SEMITRAYLER 6 X 4 330 HP 35 ton	hm	16.0000	8.0000	1.280.0000
0348040023	CAMION VOL. QUETE 4 X 2 140-2 10 HP 6 m3	hm	16.0000	50.0000	800.0000
0348110006	MAQUINARIA Y EQUIPO NACIONAL	est	15.0000	146.6600	2.199.9000
0349030001	COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4 HP	hm	3.3097	22.0800	73.0782
0349040033	TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP	hm	2.0000	150.0000	300.0000
0349040034	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	2.79450	215.0000	6.008.1750
0349190003	NIVEL TOPOGRÁFICO CON TRÍPODE	he	3.4286	6.5000	22.2859
0349880003	TEODOLITO	hm	3.4286	8.0000	27.4288
					<u>11.280.8679</u>

3.9 CRONOGRAMA DE DESEMBOLSOS

CRONOGRAMA DE DESEMBOLSOS

Presupuesto MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS. Km 57+300 AL 57+800.

Item	Descripción Partida	N° de Días																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION																							
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	2,560.00																						
02	OBRAS PRELIMINARES																							
02.01	ALMACEN, OFICINA, GUARDIANIA					3,000.00																		
02.02	SERVICIOS HIGIENICOS								1,800.00															
02.03	TRAZO Y REPLANTEO																	202.54						
02.04	CAMPAMENTO DE ADOBE TECHO CALAMINA										5,766.15					720.77								
02.05	LIMPIEZA Y DESFORESTACION R= 1.2 Ha/días																		367.47					
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS																							
03.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO																					6,508.40		
03.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO																							557.21
DESEMBOLSO POR QUINCENA (S/.)		13,126.16															8,366.39							

3.10 PROGRAMA GENERAL DE EJECUCIÓN

PROGRAMA GENERAL DE EJECUCIÓN

Presupuesto MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS. Km 57+300 AL 57+600.

Item	Descripción Partida	N° de Días																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION																							
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	■																						
02	OBRAS PRELIMINARES																							
02.01	ALMACEN, OFICINA, GUARDIANIA		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
02.02	SERVICIOS HIGIENICOS					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
02.03	TRAZO Y REPLANTEO																	■	■	■	■	■	■	■
02.04	CAMPAMENTO DE ADOBE TECHO CALAMINA								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
02.05	LIMPIEZA Y DESFORESTACION R= 1.2 Ha/días																			■	■	■	■	■
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS																							
03.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO																				■	■	■	■
03.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO																							■

CONCLUSIONES

Como se observó en campo, las curvas en el tramo en estudio, al recorrer un vehículo por ellas, se siente un grado de inseguridad a tal punto que pareciera que la persona que va en el vehículo tiende a salir despedido por la fuerza centrífuga. Esto sucede en la totalidad de carreteras del país.

Por norma se tiene que el uso de curvas en espiral o curvas de transición se emplea cuando la velocidad de diseño es igual o mayor a 60 Km/h.

La transición de peralte en una curva circular simple es, parte en tramo recto y parte en curva; mientras que una curva en espiral puede absorber toda la transición de peralte, dejando el peralte final a toda la curva circular.

Los valores máximos del peralte son controlados por condiciones climáticas, orográficas, tipo de zona (rural o urbana) y frecuencia de vehículos que circulan por la carretera.

RECOMENDACIONES

Se sugiere que al hacer una modificación o mejoramiento de una carretera, ya se tenga presente la inclusión de curvas en espiral, para dar confort y seguridad al conductor y evitar molestias a los pasajeros.

Se propone, por seguridad y comodidad, que el uso de las curvas en espiral o curvas de transición sean usadas a partir de velocidades iguales o mayores a 30 Km/h.

Se recomienda el uso de curvas en espiral por la facilidad de contener la transición de peralte en una curva en su totalidad, dejando para la parte central (curva circular) el peralte final o total.

Se recomienda que el desarrollo del peralte se haga efectivo haciendo girar la sección transversal por el eje de la carretera, salvo en condiciones topográficas adversas para este fin.

BIBLIOGRAFÍA

Ministerio de Transportes y Comunicaciones; Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001); Lima; 2001.

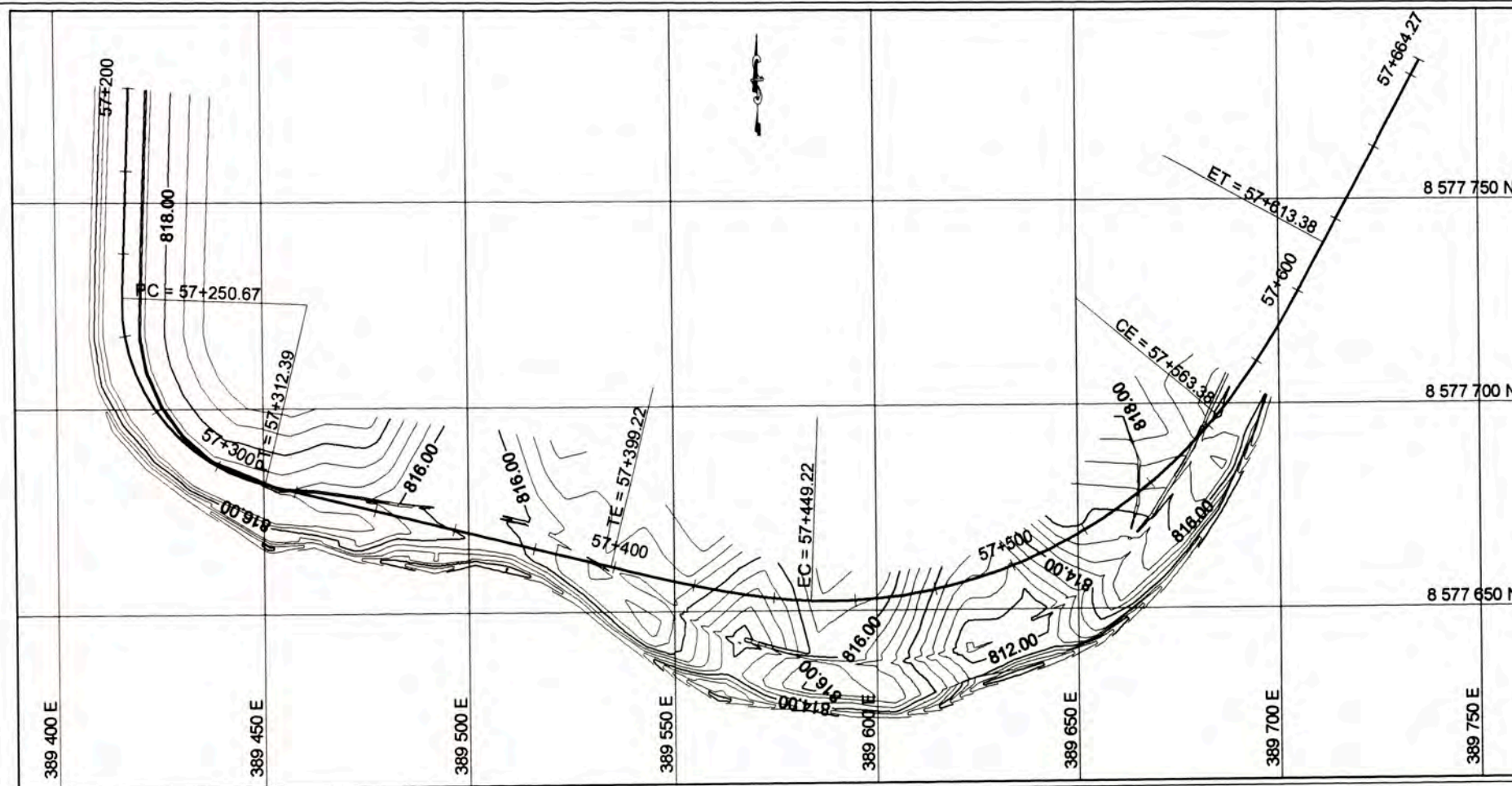
Cárdenas Grisales, James; Diseño Geométrico de Carreteras; Bogotá; 2002.

Alfred Krenz y Horst Osterloh; Curvas de Transición en Carreteras; Madrid; 1961.

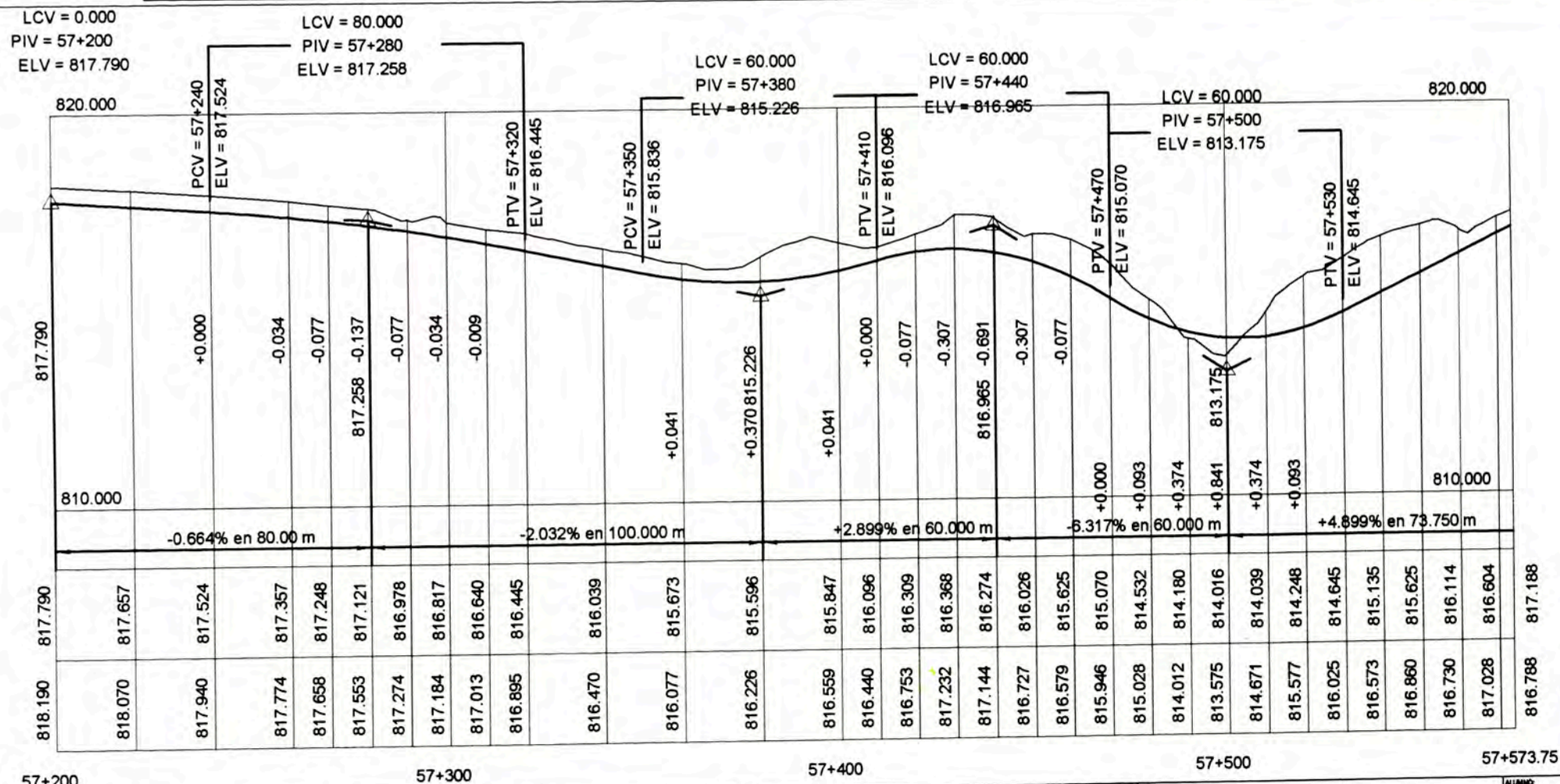
Emilio Bravo, Paulo; Diseño de Carreteras: Técnica y Análisis del Proyecto; Bogotá; 1976.

ANEXOS

PLANOS DE OBRA

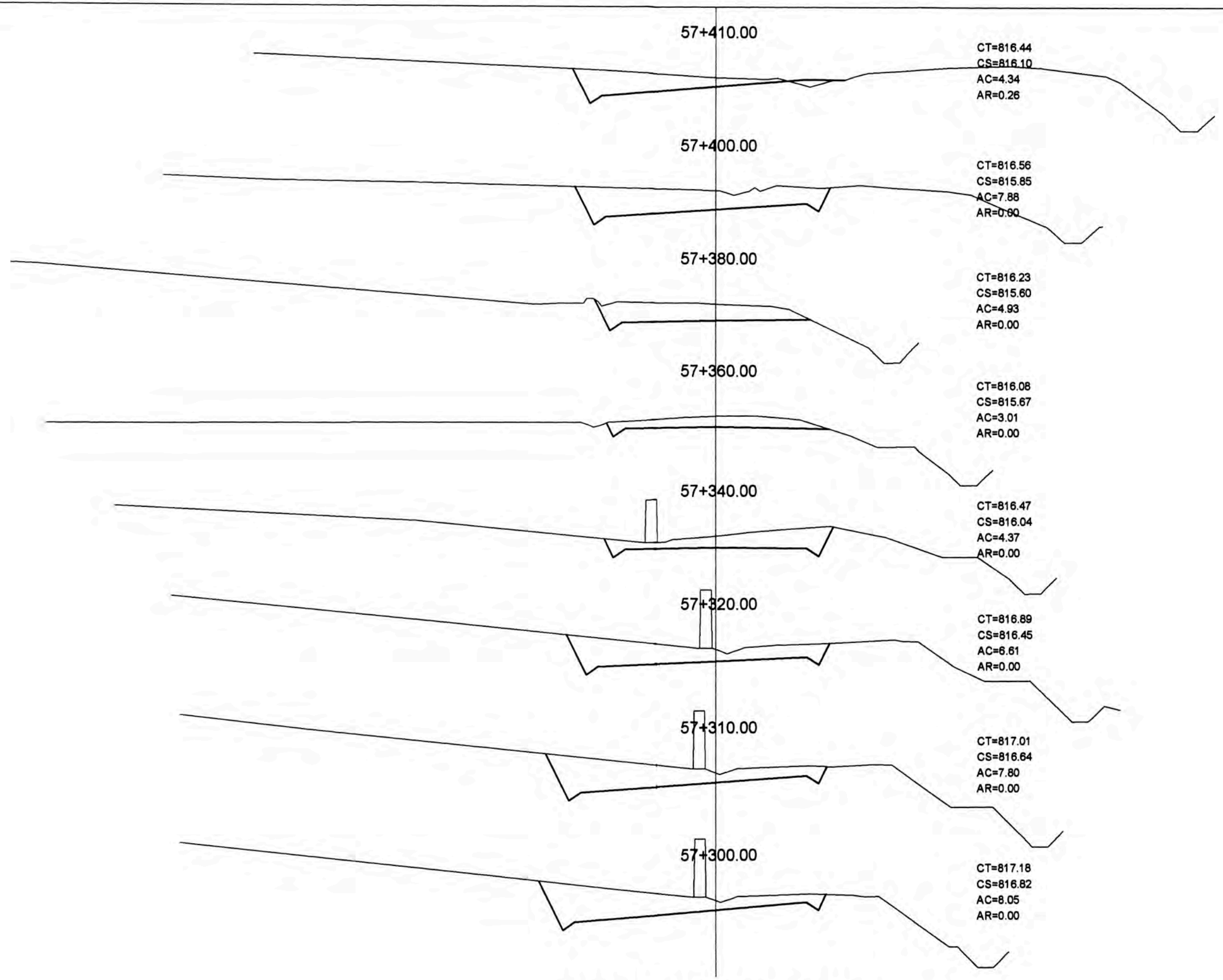


PLANTA
ESC. 1/1,500



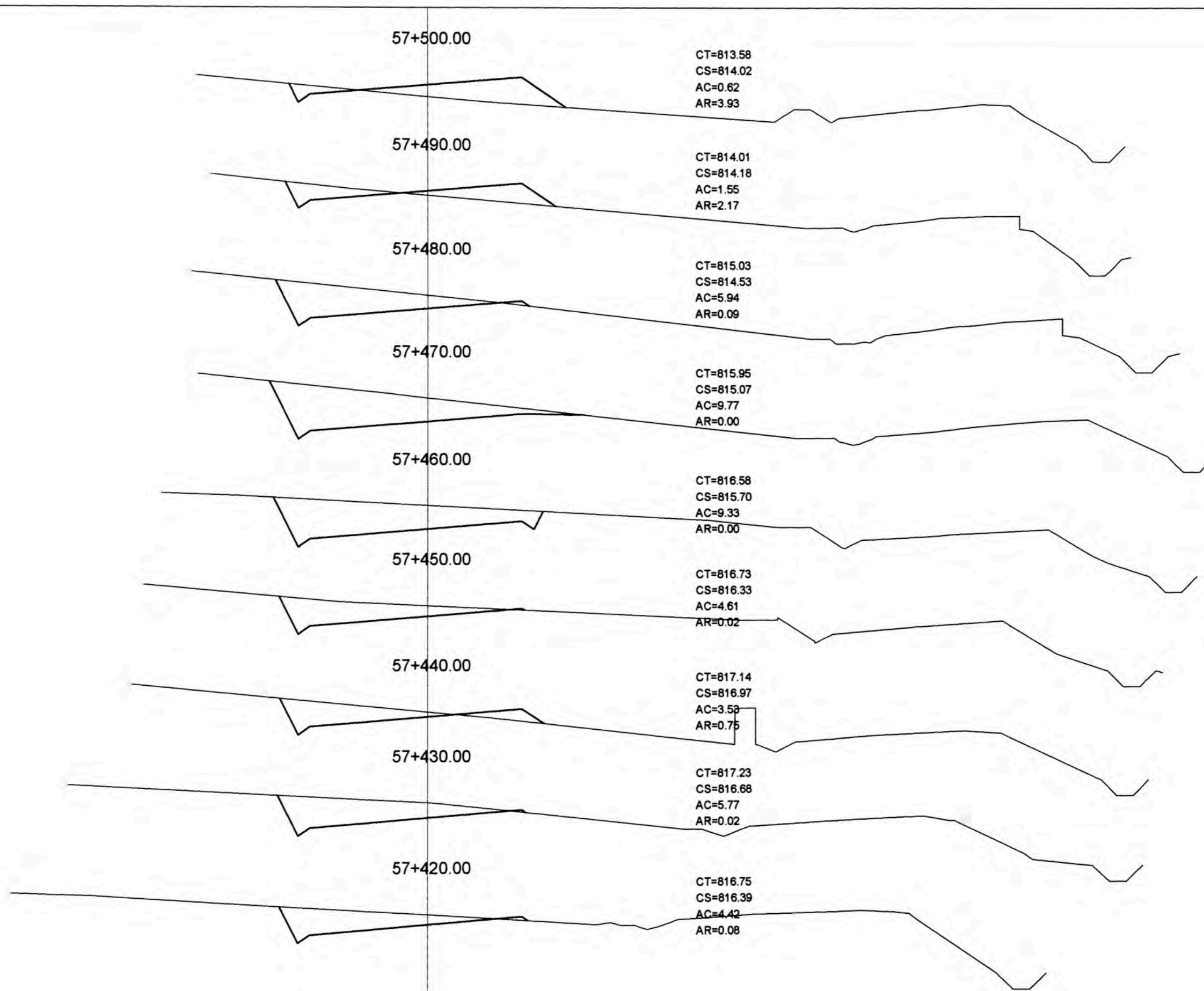
PERFIL LONGITUDINAL
ESC. 1/1,500





SECCIONES TRANSVERSALES

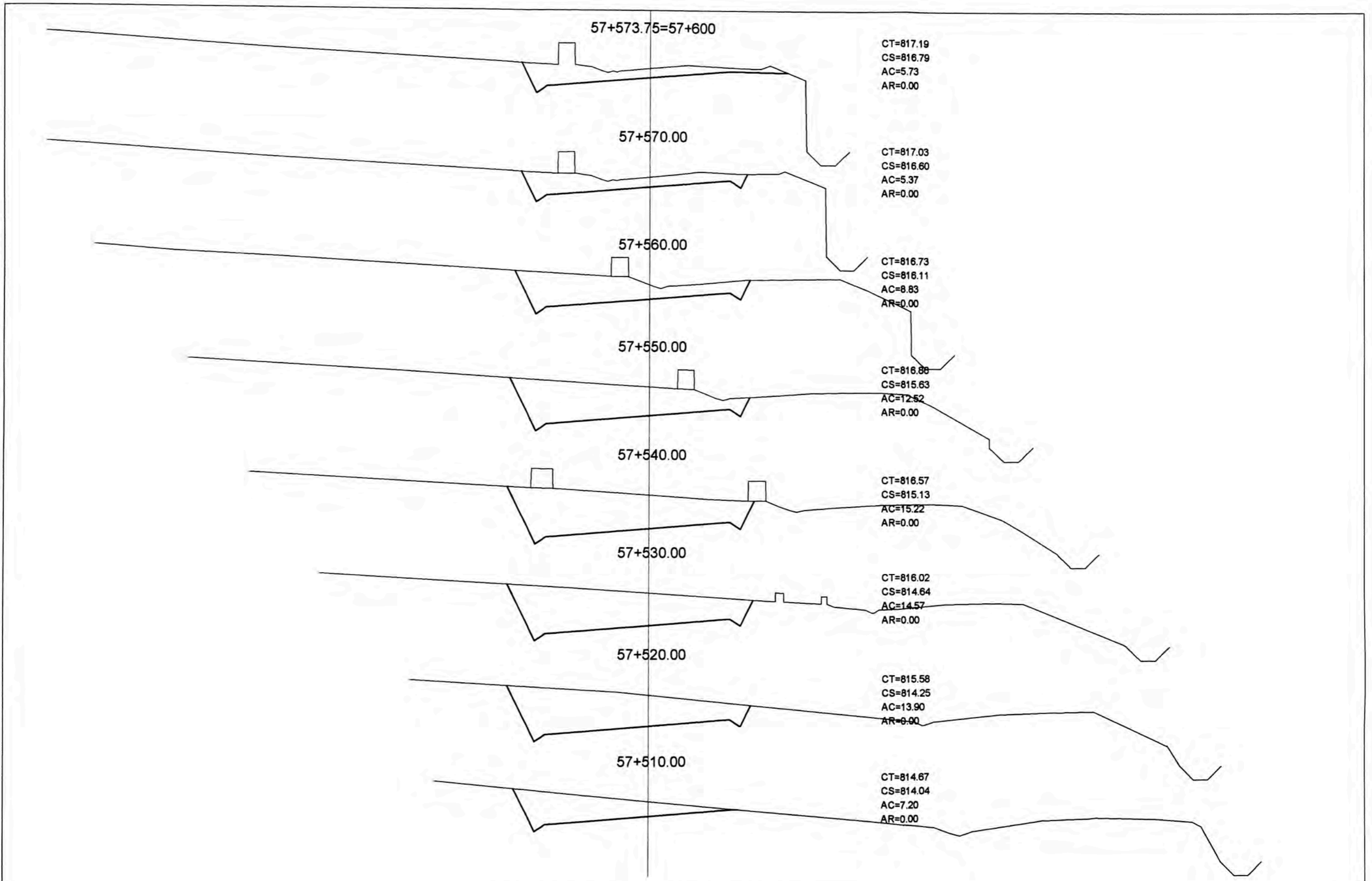
ESC. 1/150



SECCIONES TRANSVERSALES

ESC. 1/150





SECCIONES TRANSVERSALES

ESC. 1/150

