

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



**DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA NACIONAL PE-
3SG TRAMO: YAURI-Dv. LIVITACA**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JESUS RONALD GRADOS PAREDES

Lima - Perú

2014

DEDICATORIA

A Dios sobre todas las cosas por darme fortaleza en todo momento y por haber llegado a esta etapa tan importante de mi formación profesional.

A mi madre por siempre mi amor y mi agradecimiento por su apoyo incondicional para que yo pudiera lograr mi sueños.

A mi padre, hermanos, familiares y amigos por motivarme y fomentar en mí el deseo de superación y crecimiento personal.

AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Mercedes Rodriguez Prieto por su apoyo y confianza en realizar este trabajo bajo su dirección.

A los Ingenieros Juan Apacla Caja y Samuel Mora Quiñonez por su importante aporte en el desarrollo del trabajo.

A todas las personas que me brindaron su apoyo durante la elaboración del presente trabajo.

A mi "Ama Mater", la Universidad Nacional de Ingenieria.

Jesus Ronald Grados Paredes

	Pág.
RESUMEN.....	4
LISTA DE CUADROS Y TABLAS.....	5
LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	11
1.1 ANTECEDENTES.....	11
1.2 OBJETIVOS.....	11
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	12
1.3.1 Ubicación geográfica.....	12
1.3.2 Descripción de la zona del proyecto.....	13
1.3.3 Rutas de Acceso.....	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 COMPONENTES DE LA SECCIÓN TÍPICA DE UNA CARRETERA.....	15
2.2 CLASIFICACIÓN DE LA RED VÍAL.....	17
2.2.1 Clasificación según su función.....	17
2.2.2 Clasificación de acuerdo a la demanda.....	17
2.2.3 Clasificación según sus condiciones orográficas.....	18
2.2.4 Relaciones entre clasificaciones.....	19
2.3 PARÁMETROS DE DISEÑO.....	21
2.3.1 Velocidad directriz.....	21
2.3.2 Índice medio diaria anual (IMDA).....	23
2.3.3 Visibilidad.....	23
2.3.4 Calzada.....	25
2.3.5 Bermas.....	25
2.3.6 Bombeo.....	28
2.3.7 Peralte.....	28
2.3.8 Taludes.....	29
2.3.9 Cunetas.....	30

2.3.10 Vehículos de diseño.....	31
CAPÍTULO III: ESTUDIOS BÁSICOS.....	36
3.1 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA.....	36
3.1.1 Generalidades.....	36
3.1.2 Geomorfología.....	36
3.1.3 Geología local.....	37
3.1.4 Geología estructural.....	37
3.1.5 Fenómenos de geodinámica externa.....	37
3.2 HIDROLOGÍA.....	38
3.2.1 Criterios de diseño.....	38
3.2.2 Información meteorológica.....	39
3.3 TRÁFICO.....	40
3.1.1 Estudio volumétrico.....	40
3.4 SUELOS Y PAVIMENTOS.....	42
3.4.1 Estructura del pavimento.....	43
3.5 OBRAS DE ARTE Y DRENAJE.....	43
3.5.1 Drenaje del escurrimiento superficial.....	43
3.5.2 Drenaje subterráneo.....	44
3.6 IMPACTO AMBIENTAL.....	45
CAPÍTULO IV: DISEÑO GEOMÉTRICO.....	47
4.1 ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....	47
4.1.1 Tramos en tangente.....	47
4.1.2 Diseño de curvas horizontales.....	49
4.1.3 Sobreanchos.....	51
4.1.4 Curvas de transición.....	53
4.1.5 Curvas compuestas.....	59
4.1.6 Curvas de vuelta.....	60
4.2 DISEÑO DE PERFIL LONGITUDINAL.....	61
4.2.1 Consideraciones de diseño.....	62
4.2.2 Curvas verticales.....	62
4.2.3 Pendiente.....	66

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.....67
5.2. RECOMENDACIONES.....68

BIBLIOGRAFÍA.....69

ANEXOS.....70

- Anexo A
Tablas y figuras DG-2001
- Anexo B
Datos del estudio de tráfico
- Anexo C
Calculo del sobreeancho
- Anexo D
Elementos de curva
- Anexo E
Verificación de los elementos de curva
- Anexo F
Fotografías
- Anexo G
Planos

RESUMEN

El trabajo desarrollado trata sobre el diseño geométrico de un tramo de la carretera nacional PE-3SG, específicamente en el tramo comprendido entre los km 55+000 al 58+000 que contiene el punto más alto en el abra apacheta a 4685 msnm. La carretera en estudio esta con una capa asfáltica en constante deterioro por la falta de mantenimiento, además no está diseñada para el tráfico actual, comercial y minero que exige estándares de calidad y seguridad que estas no tienen, los vehículos de mayor capacidad tienen problemas para circular sobre todo en las curvas ya que no tienen el radio mínimo para su desplazamiento.

De acuerdo a los estudios preliminares el tramo en estudio sería una carretera de segunda clase con dos carriles de circulación de 3.30m cada uno, desde el punto de vista geodinámico los riesgos geológicos son bajos ya que los taludes de corte son bajos, en cuanto al drenaje superficial no hay problemas en la colocación de alcantarillas ya que la rasante permite la colocación de estas y además no existen comunidades ni zonas agrícolas cerca que puedan ser afectados.

El diseño geométrico se hizo de acuerdo a lo que estipula la norma DG-2001 sobre la base de la carretera existente dotándola de los componentes necesarios partiendo de la elección de una velocidad directriz para que los vehículos puedan circular de manera cómoda y segura, se le dotó de tramos en tangente cumpliendo con las longitudes mínimas entre curvas del mismo sentido o en sentido contrario, a las curvas que enlazan los tramos en tangente se les dotó de curvas de transición que permite el paso gradual de la trayectoria rectilínea a las curvas disminuyendo el efecto de la fuerza centrífuga, las pendientes varían entre 5 y 6% y se verificó que tanto las curvas horizontales y verticales cumplan con las distancias de visibilidad de paso y de parada.

LISTA DE TABLAS

Tabla N°2.1	Clasificación de las carreteras según su función.....	17
Tabla N°2.2	Clasificación de las carreteras según su demanda.....	18
Tabla N°2.3	Clasificación de la red vial peruana y su relación con la velocidad De diseño.....	20
Tabla N°2.4	Longitud máxima sin visibilidad de adelantamiento en sectores Conflictivos.....	24
Tabla N°2.5	Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada para Adelantar.....	25
Tabla N°2.6	Ancho de calzada de dos carriles.....	26
Tabla N°2.7	Ancho de bermas.....	27
Tabla N°2.8	Bombeos de calzada.....	28
Tabla N°2.9	Valores máximo de peralte.....	29
Tabla N°2.10	Tramo en tangente entre curvas del mismo sentido.....	29
Tabla N°2.11	Valores referenciales para taludes en corte.....	30
Tabla N°2.12	Inclinaciones máximas del talud (v:h) interior de la cuneta.....	30
Tabla N°2.13	Dimensiones mínimas de cuneta.....	31
Tabla N°2.14	Datos básicos de los vehículos de diseño.....	33
Tabla N°3.1	Periodos de retorno y precipitaciones.....	38
Tabla N°3.2	Periodos de retorno recomendados para las obras de arte y Drenaje.....	38
Tabla N°3.3	Periodos de retorno, vida útil y riesgo para las obras de arte y Drenaje.....	39
Tabla N°3.4	Variación de temperatura.....	40
Tabla N°3.5	Estaciones de conteo.....	40
Tabla N°3.6	Valores de CBR.....	42
Tabla N°3.7	Relación de alcantarillas proyectadas.....	44
Tabla N°3.8	Relación de subdrenes.....	44
Tabla N°4.1	Longitud de tramos en tangente.....	48
Tabla N°4.2	Radios mínimos y peraltes máximos.....	51
Tabla N°4.3	Valores de sobreancho.....	52
Tabla N°4.4	Variación de la aceleración transversal.....	57
Tabla N°4.5	Longitud de curva de transición mínima.....	57

Tabla N°4.6	Radio exterior mínimo correspondiente a un radio interior Adoptado.....	61
Tabla N°4.7	Pendientes máximas.....	66

LISTA DE FIGURAS

Figura N°1.1	Ubicación geográfica.....	12
Figura N°1.2	Imagen satelital del tramo en estudio.....	13
Figura N°2.1	Sección típica a media ladera de la carretera.....	15
Figura N°2.2	Camiones usados en la actualidad.....	32
Figura N°2.3	Remolque y semirremolque.....	32
Figura N°2.4	Radio de giro de un vehículo C2.....	34
Figura N°2.5	Giro mínimo para vehículos T3S2.....	35
Figura N°3.1	Ubicación de las estaciones de conteo.....	41
Figura N°3.2	Estructura del pavimento.....	43
Figura N°4.1	Tramos en tangente.....	48
Figura N°4.2	Elementos de una curva circular.....	50
Figura N°4.3	Elementos del conjunto curva de transición-curva circular.....	54
Figura N°4.4	Curvas de transición del proyecto.....	55
Figura N°4.5	Características generales de la clotoide.....	56
Figura N°4.6	Caso general de una curva de vuelta.....	60

LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

SÍMBOLOS

Km	kilometro
m	metro
mm	milímetro
Kph	kilometro por hora
Vd:	velocidad directriz
Vm:	velocidad media de marcha
H	horizontal
V	vertical
°C	grados centígrados
Psi	libras por pulgada cuadrada

SIGLAS

MTC	Ministerio de transportes y comunicaciones.
TMC	Tubería metálica corrugada.
IMDA	Índice medio diario anual.
MC	Carretera Multicarril
DG-2001	Manual de diseño geométrico de carreteras.
SAC	Sobrancho de compactación.
DC	Carretera de dos carriles.
AASHTO	American association of state highway and transportation officials
Tr	Periodo de retorno
CBR	California Bearing Ratio: Ensayo de relación de soporte de california
Mr	Modulo de resiliencia
MAC	Mezcla asfáltica en caliente
DGASA	Dirección general de asuntos socio-ambientales

INTRODUCCIÓN

El Estado tiene como política implementar proyectos de infraestructura productiva, económica y social básica a efectos de elevar el nivel de ingreso y mejorar las condiciones y calidad de vida de la población en diferentes zonas del país, y dentro de eso la mejora de las vías de comunicación acortan distancias y hace que las comunidades se integren económicamente y tengan mayor acceso a la salud, educación, entre otros.

En ese contexto, la rehabilitación y mejoramiento de la carretera en estudio permitirá contar con una infraestructura vial adecuada para el desarrollo de las actividades económicas, productivas y comerciales.

Con el mejoramiento de la vía, se garantiza la transitabilidad de los vehículos en condiciones de eficiencia y seguridad, reducen los costos de operación y el tiempo de viaje a los mercados locales, regionales y nacionales.

En el presente informe se hizo un análisis de la situación actual de la carretera llegándose a la conclusión que la vía era insegura con anchos que no eran acorde a la capacidad que debería tener de acuerdo a la demanda existente y futura, hay deficiencias en el trazado geométrico, esta situación se hace más crítica porque el desarrollo en la zona involucra esta carretera por donde ya que para la actividad minera circularán unidades vehiculares de gran envergadura que requieren de radios de giro que la vía actual no contempla, por lo que se hizo el diseño geométrico del tramo en estudio dividiéndola en los siguientes:

En el capítulo I, se describe los antecedentes previos al diseño de la vía, los objetivos a alcanzar, una descripción del proyecto en cuanto a su ubicación, su topografía, las características actuales de la vía y de sus rutas de acceso.

En el capítulo II, se definieron los componentes de la sección transversal de la carretera, su clasificación de acuerdo a la norma DG-2001, los parámetros de diseño como la velocidad directriz que guiaran el diseño geométrico.

En el capítulo III, se hace referencia a los estudios básicos necesarios para el diseño de la carretera que nos dará los taludes de corte, el tráfico proyectado,

problemas con los suelos y las obras de arte a implementar, así como las conclusiones del estudio de impacto ambiental.

En el capítulo IV, trata del diseño geométrico haciendo análisis en el diseño del alineamiento horizontal y del perfil longitudinal.

En el capítulo V, se mencionan las conclusiones y recomendaciones. Por último se hace referencia a la bibliografía y los anexos.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

En el año 2011 La empresa canadiense HUBBAY MINERALS compró la Minera Juniors Norsemont que tenía el Proyecto Minero La Constancia. Desde el 2012 HUBBAY MINERALS viene firmando convenios de cooperación de largo plazo para promover programas de desarrollo sostenible en la provincia de Chumbivilcas. Así ya lo hizo con las comunidades campesinas de Uchucarco y Chilloroya y con las municipalidades distritales de Velille y Livitaca, obteniendo en el año 2012 la licencia social para iniciar la construcción de la Mina Constancia siendo necesario ejecutar los accesos hasta la zona de explotación para sus vehículos de operación.

El acceso a la mina pertenece a la Red Vial Nacional PE-3SG a cargo del Ministerio de Transportes Y Comunicaciones (MTC), por eso en Septiembre del 2012 se suscribió un convenio entre el MTC y la Empresa HUBBAY PERU SAC para la ejecución de los estudios básicos y diseños de ingeniería para el mejoramiento y rehabilitación de la Carretera PE-3SG Tramo: Yauri-Dv. Livitaca. Los costos de la elaboración de los estudios de preinversión e inversión, así como la ejecución de la obra, supervisión y mantenimiento lo asumirá directa e íntegramente HUBBAY PERU SAC.

1.2 OBJETIVOS

- Ejecutar el diseño geométrico de este tramo para la circulación adecuada y fluida de las diferentes unidades vehiculares verificando el cumplimiento de lo estipulado en las normas de Diseño Geométrico DG-2001 del MTC ya que la vía es parte de la Red Vial Nacional PE-3SG.
- Establecer criterios para el diseño geométrico en planta y perfil tomando las consideraciones de las otras especialidades.
- Aplicar la norma DG-2001 al tramo en estudio siguiendo en lo posible por la vía existente, pero efectuando mejoramiento del trazo de la vía tanto en planta y elevación y de esta forma optimizar su transitabilidad tanto para el uso público y privado

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.3.1 Ubicación Geográfica

El estudio se desarrollará entre las provincias de Espinar y Chumbivilcas en el departamento de Cusco y cruza los distritos de Espinar y Velille.

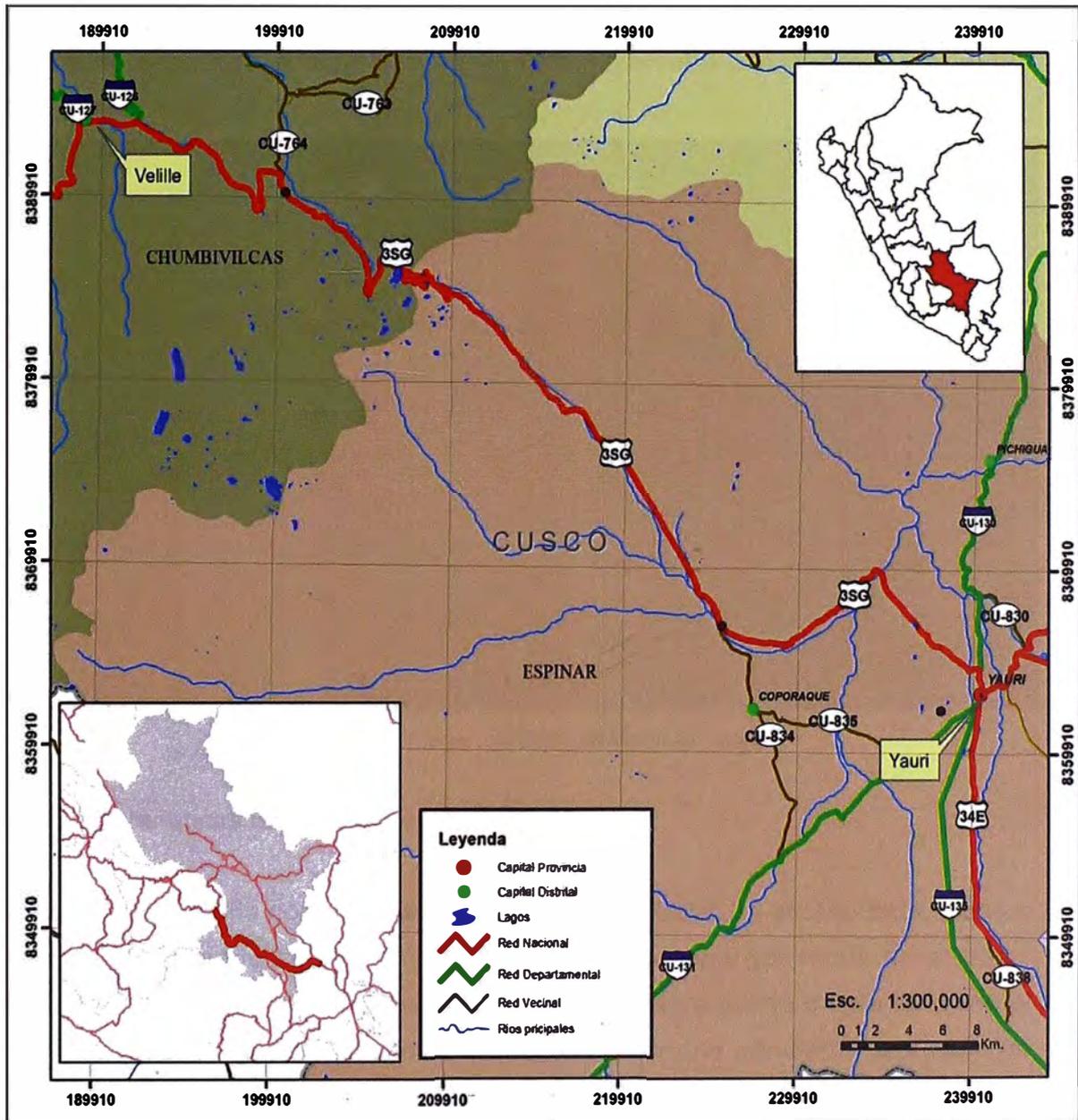


Figura N°1.1.- Ubicación geográfica

1.3.2 Descripción de la zona del proyecto.

- Topografía del terreno

La vía actual se desplaza por zonas alto andinas, cuya topografía se encuentra en las cumbres de las cordilleras, con pequeños ascensos y descensos que varían entre 4500 y 4,684 m.s.n.m.

El tramo en estudio se ubica entre el km 55 y 58 y tiene un sector accidentado en donde se encuentra el abra Huaylla Apacheta con una altitud máxima de 4,684 m.s.n.m.

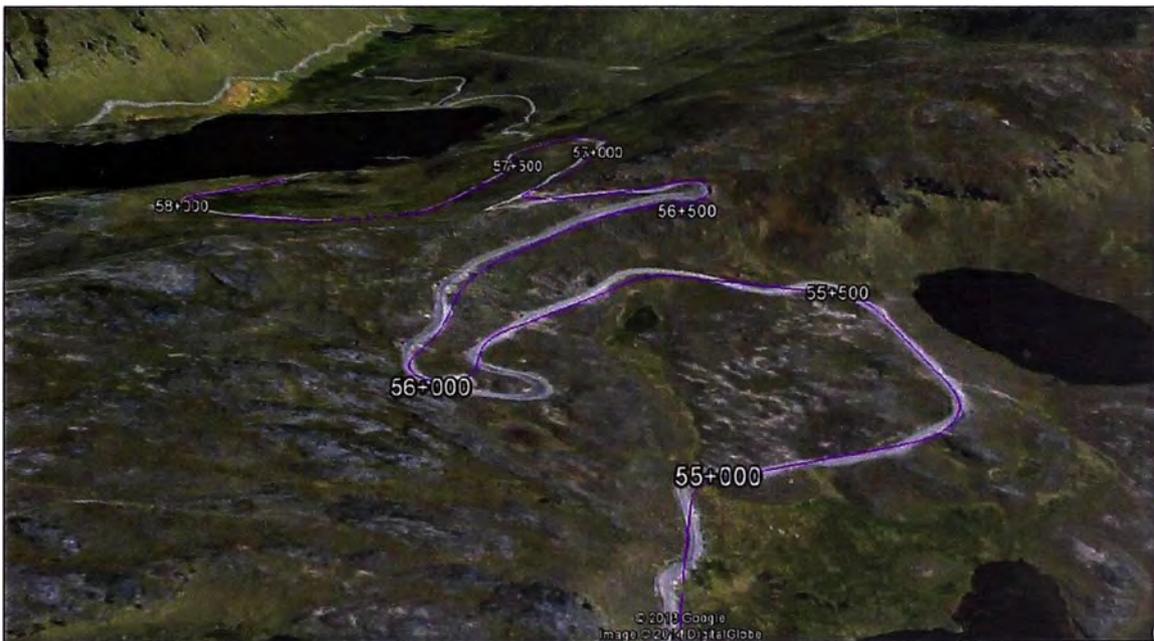


Figura N°1.2.- Imagen satelital del tramo en estudio.

- Características técnicas de la vía actual

El tipo de topografía por donde se desplaza la vía actual, es accidentada, aunque bajo esta característica del terreno presenta una buena geometría en el trazo, existen algunas zonas que ameritan un posible mejoramiento en planta como el sector del abra Huaylla Apacheta, la rasante tiene una pendiente promedio de 4.5%

La sección de la vía actual varía entre 4 a 6 metros de ancho útil y las alturas de corte son bajas. En el anexo F-1 se muestra una fotografía de la topografía del terreno.

- Obras de arte existentes

Se identificaron las quebradas que cruzan la carretera en estudio y se recopiló información de las diferentes estructuras de drenaje existentes y su estado de conservación, concluyéndose que el sistema de drenaje transversal, está constituido por alcantarillas tipo TMC (Tubería metálica corrugada) y tipo tajea (muros secos de piedra).

El drenaje o eliminación de las aguas superficiales se efectúa por el conjunto de alcantarillas existentes, ubicadas en los cauces de las quebradas donde las precipitaciones pluviales discurren superficialmente. El dimensionamiento de estas estructuras, se implementan de acuerdo a la geometría y al caudal de agua que pasa por el cauce.

En los anexos F-2 y F-3 se muestran fotografías de alcantarillas existentes.

- Superficie de rodadura existente

El pavimento existente cuenta con una capa asfáltica de espesor reducido de 1/2 pulgada con un alto índice de desgaste por el escaso mantenimiento de la vía, pese a no haber gran circulación vehicular. En algunos casos el pavimento está bastante deteriorado debido al tránsito de vehículos pesados. En los anexos F-4 y F-5 se muestran fotografías de la superficie de rodadura

1.3.3 Rutas de Acceso

Las rutas de acceso por vía terrestre, desde el Cusco al punto de inicio del proyecto son:

- Cusco – Paruro - Acomayo – Yanaoca - El Descanzo – Yauri - Espinar
- Cusco – Anta – Inquilpata – Cotabambas – Tambobamba - Desvio Capacmarca - Desvio Huincho – Velille - Huaylla Huaylla - Espinar
- Cusco – Paccaritambo - Desvio Capacmarca - Desvio Huincho – Velille - Huaylla Huaylla – Espinar
- Cusco - Urcos - Yanaoca – El Descanso – Yauri – Huaylla Huaylla – Espinar
- Cusco - Urcos - Sicuani - El Descanso – Yauri – Huaylla Huaylla - Espina

CAPITULO II: MARCO TEORÍCO

2.1 COMPONENTES DE LA SECCIÓN TÍPICA DE LA CARRETERA

A continuación haremos unas definiciones preliminares para dar a entender mejor los componentes de la sección típica de la carretera.

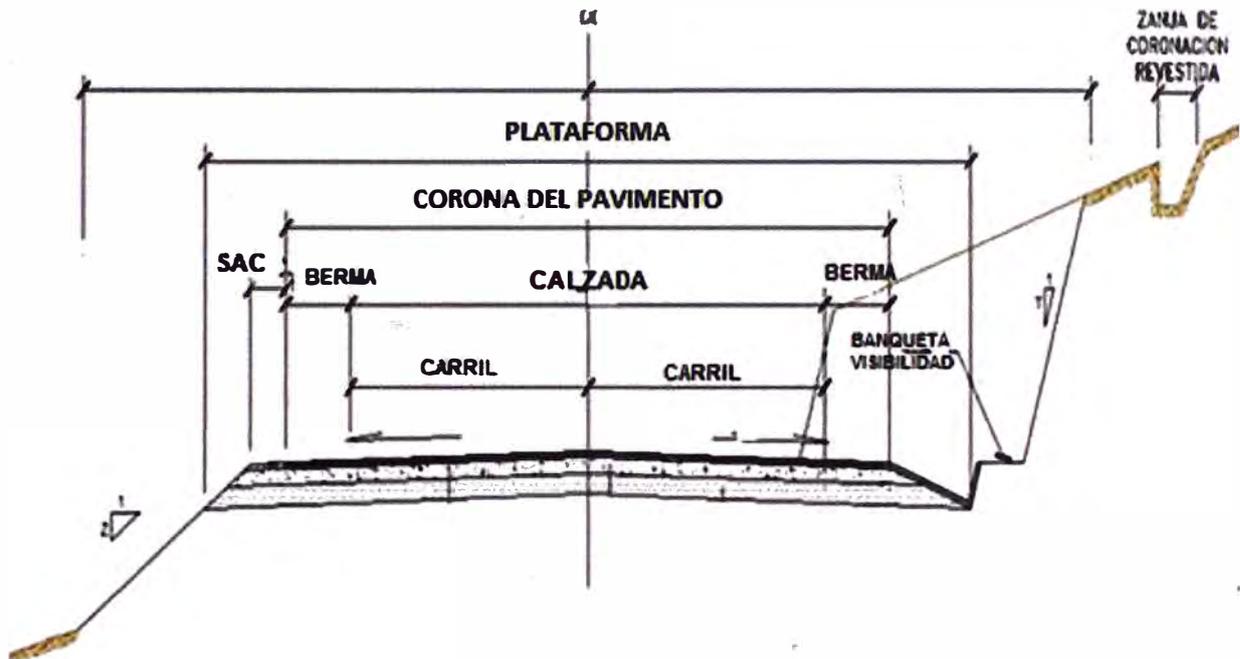


Figura N°2.1.- Sección típica a media ladera la carretera

2.1.1.- Berma

Es una franja longitudinal de ancho variable contigua a la calzada, su objeto es proteger los bordes de la calzada de su erosión. La circulación de vehículos por aquí se dará en circunstancias excepcionales.

2.1.2.- Bombeo

Es la pendiente transversal de la plataforma en tramos en tangente a ambos lados debido a la necesidad de eliminar el agua de lluvia que cae a la plataforma.

2.1.3.- Calzada

Es la parte de la carretera por donde se da el tránsito de los vehículos, está compuesto de 2 o más carriles

2.1.4.- Carril

Es la franja longitudinal en que está dividida la calzada, su ancho es variable tal que garantiza la fluida y segura circulación de los vehículos tanto en una o en dos direcciones.

2.1.5.- Corona del Pavimento

Está formada por la calzada y las bermas.

2.1.6.- Derecho de Vía

Es la faja de ancho variable que comprende la calzada, la berma y el sobrecancho de compactación (sac) de la carretera en donde se harán las obras necesarias para dotar a la vía de todos sus elementos que comprende una sección transversal.

Cuando el derecho de vía es parte de propiedad privada, el estado tiene la facultad de adquirir este terreno ya sea por negociación o expropiación.

2.1.7.- Explanación.

Zona de terreno realmente ocupada por la carretera, en donde se han hecho las obras modificando el terreno original.

2.1.8.- Plataforma

Ancho total de la carretera a nivel de subrasante.

2.1.9.- Rasante

Nivel del terreno de una carretera terminada

2.1.10.- Sección transversal.

Corte ideal de la carretera por un plano vertical y normal a la proyección horizontal del eje, en un punto cualquiera del mismo.

2.1.11 Subrasante.

Superficie del terreno sobre la que se construirá la estructura del pavimento.

2.1.12 Terraplén

Parte de la explanación situada sobre el terreno original

2.2 CLASIFICACIÓN DE LA RED VIAL

Según la norma peruana DG-2001 las carreteras en el Perú se clasifican según su función, de acuerdo a su demanda y según sus condiciones orográficas, con estos parámetros se puede adoptar una velocidad directriz con que se proyectará la carretera.

2.2.1 Clasificación de las Carreteras según su Función

Debido a la necesidad de agrupar las carreteras con la administración política del Perú se clasifica de acuerdo a la función que tendrá dentro de la red vial nacional tal como se muestra en la Tabla N°2.1

Tabla N°2.1.- Clasificación de las carreteras según su función

GENÉRICA	DENOMINACIÓN EN EL PERU
RED VIAL PRIMARIA	SISTEMA NACIONAL Conformado por carreteras que unen las principales ciudades de la nación con puertos y fronteras
RED VIAL SECUNDARIA	SISTEMA DEPARTAMENTAL Constituyen la red vial circunscrita principalmente a la zona de un departamento, división política de la nación, o en zonas de influencia económica; constituyen las carreteras troncales departamentales.
RED VIAL TERCIARIA LOCAL	SISTEMA NACIONAL Compuesta por: <ul style="list-style-type: none"> • Caminos troncales vecinales que unen pequeñas poblaciones. • Caminos rurales alimentadores, uniendo aldeas y pequeños asentamientos poblacionales.

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2001

2.2.2 Clasificación de Acuerdo a la Demanda

Es la clasificación de acuerdo al volumen de tráfico proyectado que soportará la carretera. Según la DG-2001 lo clasifica como se muestra en la Tabla N°2.2.

Tabla N°2.2.- Clasificación de las carreteras según su demanda

Clasificación	Descripción
Autopista IMDA>6000	De calzadas separadas, cada una con dos o más carriles, con control total de los accesos (ingresos y salidas) que proporciona flujo vehicular completamente continuo. Se le denomina con la sigla A.P.
Carretera dual o multicarril 4001<IMDA<6000	De calzadas separadas, cada una con dos o más carriles; con control parcial de accesos. Se le denominará con la sigla MC (Multicarril).
1ra. Clase 2001<IMDA<4000	De una calzada de dos carriles (DC) con 3.60m de sección por carril
2da. Clase 2000<IMDA<400	De una calzada de dos carriles (DC).
3da. Clase IMDA<400	De una calzada de dos carriles (DC).

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2001

2.2.3 Clasificación según Condiciones Orográficas

La geografía peruana tiene distintos tipos de relieve por lo que la norma lo clasifica de acuerdo a la inclinación transversal y de la velocidad de circulación de los vehículos, el tipo de relieve influye en el costo y se aúna a este criterios de comodidad, seguridad y economía según las características de los vehículos pesados en estos territorios.

La norma peruana lo clasifica como:

- Carreteras Tipo 1

Permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos ligeros. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, es menor o igual a 10%.

- Carreteras Tipo 2

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de las de los vehículos de pasajeros, sin ocasionar el que aquellos operen a velocidades

sostenidas en rampa por un intervalo de tiempo largo. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, varía entre 10 y 50%.

- Carreteras Tipo 3

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir a velocidad sostenida en rampa durante distancias considerables o a intervalos frecuentes. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, varía entre 50 y 100%.

- Carreteras Tipo 4

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, es mayor de 100%.

2.2.4 Relaciones entre Clasificaciones

La tabla 2.3 se muestra la relación entre clasificaciones de la Red Vial con la velocidad de diseño.

TABLA N° 2.3

CLASIFICACIÓN DE LA RED VIAL PERUANA Y SU RELACIÓN CON LA VELOCIDAD DEL DISEÑO

CLASIFICACIÓN	SUPERIOR				PRIMERA CLASE				SEGUNDA CLASE				TERCERA CLASE							
TRAFICO VEH/DIA (1)	>6000				4000-2001				2000-400				<400							
CARACTERISTICAS	AP(2)		MC		DC				DC				DC							
OROGRAFIA TIPO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
VELOCIDAD DE DISEÑO																				
30 KPH																				
40 KPH																				
50 KPH																				
60 KPH																				
70 KPH																				
80 KPH																				
90 KPH																				
100 KPH																				
110 KPH																				
120 KPH																				
130 KPH																				
140 KPH																				
150 KPH																				

AP: AUTOPISTA

MC: Carretera multicarril o dual (dos calzadas)

DC: Carretera de dos carriles

Nota 1: En orografía tipo 3 y/o 4, donde exista espacio suficiente y se justifique por demanda la construcción de una autopista, puede realizarse con calzadas a diferente nivel asegurándose que ambas calzadas tengan las características de dicha clasificación.

Nota 2: En caso de que una vía clasifique como carretera de 1ra. Clase y a pesar de ello se desee diseñar una vía multicarril, las características de esta se deberán adecuar al orden superior inmediato. Igualmente si es una vía dual y se desea diseñar una autopista, se deberán utilizar los requerimientos mínimos del orden superior inmediato.

Nota 3: los casos no contemplados en la presente clasificación, serán justificados de acuerdo con lo que disponga el MTC y sus características serán definidas por dicha entidad

Fuente: DG-2001-Ministerio de Transportes y comunicaciones

2.3 PARAMETROS DE DISEÑO

Los parámetros principales para diseñar la carretera que garanticen una adecuada calidad de trazado son: el índice medio diario anual (IMDA), la velocidad directriz o velocidad de diseño, la distancia de visibilidad y la armonía entre la planta y el perfil, también se hará mención al vehículo de diseño ya que en tramo en estudio circularan unidades pesadas debido a la actividad minera en la zona.

2.3.1 Velocidad de diseño

La velocidad de diseño es la máxima con que deben circular un vehículo para garantizar un equilibrio entre el usuario y la carretera en condiciones de seguridad y comodidad. Para el trazado se debe identificar a lo largo de la ruta tramos homogéneos a la que por condiciones topográficas se les pueda asignar una misma velocidad, esta velocidad sirve como elemento básico para el diseño geométrico de la carretera y como parámetro de cálculo de la mayoría de los diversos componentes del proyecto como curvatura, peralte y distancia de visibilidad, de las cuales depende la operación segura de los vehículos.

La velocidad de diseño condiciona todas las características ligadas a la seguridad de tránsito. Por lo tanto ellas, como el alineamiento horizontal y vertical, distancia de visibilidad y peralte, variarán apreciablemente con esta velocidad, tal que a lo largo del trazado los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos en la velocidad a la que puedan hacer el recorrido.

- Velocidad específica

Es la velocidad máxima de un vehículo en un momento dado en función de las características del trazado, del estado de la superficie de la calzada, la intensidad del tráfico y las características del vehículo, es la máxima velocidad con la que se diseña cada elemento geométrico de la carretera.

El valor de la Velocidad Específica de un elemento geométrico depende esencialmente del valor de la Velocidad de Diseño de un tramo homogéneo, lo ideal es que en la mayoría de los elementos geométricos tanto en curvas como

en tangentes se le asigne como Velocidad Especifica el valor de la Velocidad de Diseño o no superen esta velocidad en más de veinte kilómetros por hora.

Para asignar la Velocidad Específica a los elementos en planta se debe partir de la velocidad de Diseño adoptada y asignar la Velocidad Especifica a cada una de las curvas horizontales, luego con la Velocidad Especifica asignada a las curvas horizontales se asigna la velocidad específica a las tangentes.

Para el perfil se parte de la Velocidad Especifica asignada las curvas y tangentes horizontales y se asigna la misma velocidad Especifica a las curvas verticales y luego a las tangentes verticales.

- Velocidad de marcha

Es una medida de la calidad de servicio que una vía proporciona a los conductores y varía de acuerdo a la variación de los volúmenes de tránsito.

Es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo en movimiento del vehículo descontando todo aquel tiempo en que el vehículo se hubiese detenido por cualquier causa.

- Velocidad de operación

Es la velocidad a la que circularan los usuarios en una carretera con una velocidad de diseño dada, bajo condiciones del tránsito, es decir si el tránsito y la interferencias son bajas, la velocidad de operación puede llegar a ser similar a la velocidad de diseño, en cambio si crece la interferencia entre vehículos la velocidad de operación tiende a bajar.

- Elección de la Velocidad especifica del tramo homogéneo.

La elección depende de la importancia que tendrá la futura carretera, de los volúmenes de tránsito y de la topografía del terreno. Según la tabla N°2.3 la velocidad de diseño para el proyecto será de 40 km/h y por las condiciones topográficas de la zona tomamos como velocidad especifica de 30 km/h.

2.3.2 Índice medio diaria anual (IMDA)

Se determina a partir del estudio de tráfico y representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, con los valores del IMDA el proyectista podrá determinar las normas de diseño, clasificar las carreteras, y desarrollar los programas de mantenimiento.

Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica.

2.3.3 Visibilidad

En una carretera es fundamental que exista, tanto en plano como en perfil, la velocidad precisa para que el conductor del vehículo pueda ver delante de él, a la distancia mínima necesaria para tomar con tiempo las decisiones oportunas. La visibilidad depende de la velocidad directriz para la cual el camino está proyectado. Dotar de una adecuada distancia de visibilidad a una red de caminos es importante porque muchas veces las carreteras están construidas para velocidades menores a los que los vehículos modernos pueden llegar siendo eso muy peligroso. Para cada velocidad directriz hay que considerar las distancias de visibilidad de parada y de paso.

- Distancia de visibilidad de parada

La distancia de velocidad de parada es la mínima en la que un vehículo circulando a la velocidad directriz pueda detenerse antes de llegar a un objeto inmóvil que se encuentra en su trayectoria.

La distancia de visibilidad de parada se compone de la distancia del recorrido del vehículo desde el momento que el conductor divisa el objeto hasta que aplica los frenos y la distancia de frenado.

La norma peruana considera obstáculo aquel de una altura igual o mayor a 0.15m, estando situados los ojos del conductor a 1.15m. , sobre la rasante del eje de su pista de circulación

Si dos vehículos marchan a la misma velocidad uno tras otro, la mínima distancia que los debe separar debe ser tal que si el que va adelante frena

intempestivamente, el que le sigue tenga tiempo para detenerse sin llegar a chocar.

En el anexo A-1 se indica la variación de la distancia de visibilidad de parada con la velocidad de diseño y la pendiente de la cual la distancia es 33m.

- Distancia de visibilidad de paso

La distancia de visibilidad de paso es la necesaria para que un vehículo pueda adelantar a otro que marcha por su mismo carril a menor velocidad sin peligro de colisión con el tránsito contrario que pueda venir en el otro carril. La distancia de paso es superior a la de parada.

En terrenos montañosos donde no sea posible, económicamente, que el trazado tenga en todos los puntos la distancia de visibilidad de paso, se debe poner por lo menos cada 2 km un tramo donde exista, esto es importante porque los conductores se impacientan y tratan de adelantar donde no pueden hacerlo.

La distancia de visibilidad de paso varía con la velocidad directriz como se muestra en la figura del anexo A-2, para nuestro caso para una velocidad de 30km/h la distancia de visibilidad de paso es de 110m.

En longitudes superiores a los mostrados en la Tabla N°2.4 se deberá evitar sectores que no tengan visibilidad de adelantamiento.

Tabla N°2.4
Longitud máxima sin visibilidad de adelantamiento en sectores conflictivos

Categoría de Vía	Longitud
Autopista y multicarril	1500m
1ra. Clase	2000m
2da. Clase	2500m

Fuente: manual de diseño geométrico de carreteras DG-2001

En tramos de carretera de longitudes mayores a 5 Kms. Se procurará que tengan sectores con visibilidad adecuada de acuerdo a los porcentajes que se muestra en la Tabla N° 2.5.

Tabla N°2.5

Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada para adelantar

Condiciones orográficas	%Mínimo	%Deseable
Llana	50	>70
Ondulada	33	>50
Accidentada	25	>35
Muy accidentada	15	>25

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2001

2.3.4 Calzada

Es la zona por donde circularan los vehículos y su ancho se determina de acuerdo a la velocidad directriz y de la clasificación de la carretera. El ancho de la calzada tiene que servir para un tránsito determinado, este ancho exige que el tráfico pueda marchar con la velocidad de diseño y la máxima seguridad.

- Ancho de Tramos en Tangente

En la tabla N°2.6 se indica los valores apropiados del ancho del pavimento para cada velocidad directriz con relación a la importancia de la carretera.

El ancho de calzada en tangente se determinará con base en el nivel de servicio deseado al finalizar el periodo de diseño o en un determinado año de la vida de la carretera.

- Ancho de Tramos en Curva.

Las secciones indicadas en la Tabla N°2.6 estarán provistas de sobrecanchos en los tramos en curva.

2.3.5 Bermas

A ambos lados de la zona de circulación de los vehículos se tiene fajas de ancho variables, su objetivo es proteger los bordes del pavimento, para el tránsito de persona y para futuros ensanches de la plataforma.

En la Tabla N°2.7, se indican los valores apropiados del ancho de las bermas. El dimensionamiento entre los valores indicados, para cada velocidad directriz se hará teniendo en cuenta los volúmenes de tráfico y el costo de construcción.

TABLA N°2.6- Ancho de calzada de dos carriles

CLASIFICACION VEH/DIA (1)	SUPERIOR >6000								PRIMERA CLASE 4000-2001				SEGUNDA CLASE ⁽⁴⁾ 2000-400				TERCERA CLASE <400			
	AP(2)				MC				DC				DC							
CARACTERISTICAS	AP(2)				MC				DC				DC							
OROGRAFIA TIPO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
VELOCIDAD DE DISEÑO																				
30 KPH																			6.00	6.00
40 KPH															6.60	6.60	6.60	6.60		
50 KPH										7.00	7.00			6.60	6.60	6.60	6.60			
60 KPH					7.20	7.20	7.00	7.00	7.20	7.20	7.00	7.00	7.00	7.00	6.60	6.60	6.60			
70 KPH			7.20	7.20	7.20	7.20	7.00	7.00	7.20	7.20	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00		7.00			
80 KPH	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		7.00	7.00			7.00			
90 KPH	7.20	7.20			7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.00							
100 KPH	7.20	7.20			7.20	7.20	7.20		7.20				7.00							
110 KPH	7.30	7.30			7.30															
120 KPH	7.30	7.30			7.30															
130 KPH	7.30																			
140 KPH	7.30																			
150 KPH																				

AP: AUTOPISTA

MC: Carretera multicarril o dual (dos calzadas)

DC: Carretera de dos carriles

Nota 1: En orografía tipo 3 y/o 4, donde exista espacio suficiente y se justifique por demanda la construcción de una autopista, puede realizarse con calzadas a diferente nivel asegurándose que ambas calzadas tengan las características de dicha clasificación.

Nota 2: En caso de que una vía clasifique como carretera de 1ra. Clase y a pesar de ello se desee diseñar una vía multicarril, las características de esta se deberán adecuar al orden superior inmediato. Igualmente si es una vía dual y se desea diseñar una autopista, se deberán utilizar los requerimientos mínimos del orden superior inmediato.

Nota 3: los casos no contemplados en la presente clasificación, serán justificados de acuerdo con lo que disponga el MTC y sus características serán definidas por dicha entidad

Fuente: DG-2001-Ministerio de Transportes y comunicaciones

TABLA N°2.7.- Ancho de Bermas

CLASIFICACIÓN VEH/DIA (1)	SUPERIOR >6000				PRIMERA CLASE 4000-2001				SEGUNDA CLASE 2000-400				TERCERA CLASE <400							
	AP(2)				MC				DC				DC							
CARACTERÍSTICAS OROGRAFIA TIPO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
VELOCIDAD DE DISEÑO																				
30 KPH																			0.50	0.50
40 KPH															2.00	0.90	0.90	0.50		
50 KPH										2.50	2.50			2.00	2.00	0.90	0.90	0.90		
60 KPH					2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.00	2.00	2.00	2.00	0.90	0.90		
70 KPH			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50		1.20	1.20		
80 KPH	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		2.50	2.50			1.20			
90 KPH	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			3.00	3.00			2.50							
100 KPH	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			3.00				2.50							
110 KPH	3.00	3.00			3.00	3.00														
120 KPH	3.00	3.00			3.00															
130 KPH	3.00																			
140 KPH	3.00																			
150 KPH																				

AP: AUTOPISTA

MC: Carretera multicarril o dual (dos calzadas)

DC: Carretera de dos carriles

Nota 1: En orografía tipo 3 y/o 4, donde exista espacio suficiente y se justifique por demanda la construcción de una autopista, puede realizarse con calzadas a diferente nivel asegurándose que ambas calzadas tengan las características de dicha clasificación.

Nota 2: En caso de que una vía clasifique como carretera de 1ra. Clase y a pesar de ello se desee diseñar una vía multicarril, las características de esta se deberán adecuar al orden superior inmediato. Igualmente si es una vía dual y se desea diseñar una autopista, se deberán utilizar los requerimientos mínimos del orden superior inmediato.

Nota 3: los casos no contemplados en la presente clasificación, serán justificados de acuerdo con lo que disponga el MTC y sus características serán definidas por dicha entidad

Fuente: DG-2001-Ministerio de Transportes y comunicaciones

2.3.6 Bombeo

En tramos rectos o en aquellos cuyo radio de curvatura permite el contraperalte las calzadas deberán tener, con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal mínima o bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona.

La Tabla N°2.8 especifica estos valores indicando en algunos casos un rango dentro del cual el proyectista deberá moverse, afinando su elección según los matices de la rugosidad de las superficies y de los climas imperantes.

Tabla N°2.8.- Bombeos de calzada

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación: <500 mm/año	Precipitación: >500 Mm/año
Pavimento Superior	2.0	2.5
Tratamiento Superficial	2.5*	2.5-3.0
Afirmado	3.0-3.5*	3.4-4.0

Fuente: DG-2001-Ministerio de Transportes y comunicaciones

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

El bombeo se puede dar de varias maneras, dependiendo del tipo de plataforma y de las conveniencias específicas del proyecto en una zona dada. Estas formas se indican.

2.3.7 Peralte

Con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, las curvas horizontales deben ser peraltadas; salvo en los límites fijados en la Tabla N°2.9

Los valores máximos del peralte, son controlados por algunos factores como: Condiciones climáticas, orografía, zona (rural o urbana) y frecuencia de vehículos pesados de bajo movimiento, en términos generales se utilizarán como valores máximos los siguientes:

Tabla N°2.9.- valores máximos de peralte

	Peralte Máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Cruce de Áreas Urbanas	6.0 %	4.0 %
Zona rural (Tipo 1,2 o 3)*	8.0 %	6.0 %
Zona rural (Tipo 3 o 4)	12.0 %	8.0%
Zona rural con peligro de hielo	8.0 %	6.0 %

Fuente: DG-2001-Ministerio de Transportes y comunicaciones

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

Para el cálculo del peralte usaremos la figura que se muestra en el anexo A-6 que corresponde a peralte en zonas con peligro de hielo.

- Desarrollo de peralte entre curvas sucesivas

Entre dos curvas del mismo sentido deberá existir, en lo posible, un tramo en tangente mínimo de acuerdo a lo establecido en la tabla 2.10 por condiciones de guiado óptico.

Tabla N°2.10.- Tramo en tangente entre curvas del mismo sentido

V (kph)	30	40	50	60
Lmin (m)	40	55	70	85

Fuente: DG-2001-Ministerio de Transportes y comunicaciones

2.3.8 Taludes

La inclinación y altura de los taludes para secciones en corte variarán a lo largo del Proyecto según sea la calidad y homogeneidad de los suelos y/o rocas evaluados (prospectados). En el diseño de estos taludes se tomará en cuenta la experiencia del comportamiento de los taludes de corte ejecutados en rocas y/o suelos de naturaleza y características geotécnicas similares, ubicadas en la zona y que se mantienen estables ante las mismas condiciones ambientales actuales. Los valores de la inclinación de los taludes para la secciones en corte serán, de un modo referencial, los indicados en la tabla N°2.11.

Tabla N°2.11.- valores referenciales para taludes en corte
(Relación H:V)

Clasificación de Materiales de corte	Roca Fija	Roca Suelta	Material Suelto			
			Suelos Gravosos	Suelos Limoarcillos O Arcillo	Suelos Arenosos	
ALTURA DE CORTE	Menor de 5.00 m	1:10	1:6-1:4	1:1-1:3	1:1	2:1
	5.00 – 10.00 m	1:10	1:4-1:2	1:1	1:1	*
	Mayor de 10.00m	1:8	1:2	*	*	*

(*) Requerimiento de Banquetas y/o Análisis de Estabilidad
Fuente: DG-2001-Ministerio de Transportes y comunicaciones

2.3.9 Cunetas

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

Se proyectan al pie de los taludes de corte, longitudinalmente paralela y adyacente a la calzada del camino y serán de concreto vaciadas en el sitio.

La inclinación del talud interior de la cuneta (V/H) (1:Z) dependerá, por condiciones de seguridad, de la velocidad y volumen de diseño de la carretera, Índice Medio Diario Anual IMDA (veh/día); según lo indicado en la tabla N° 2.12 del Manual de Diseño geométrico DG-2001

Tabla N°2.12.- Inclinaciones máximas del talud (v:h) interior de la cuneta

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

Fuente: DG-2001-Ministerio de Transportes y comunicaciones

Las dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviales

Tabla N°2.13.- Dimensiones mínimas

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

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. MTC

2.3.10 Vehículos de diseño

La carretera tiene como función servir al tránsito, debe tener condiciones que aseguren una circulación con la máxima seguridad, economía y eficacia, para ello debe cumplir con aspectos técnicos tales como un buen trazado en plano y perfil y una sección transversal apropiada, de modo que los vehículos puedan pasar sin problemas las pendientes y salvar las curvas sin problemas.

La superficie de rodadura de la carretera deberá tener la resistencia para que la vía no se deteriore bajo la acción de los vehículos que transitan por ella, por eso las características de los vehículos de diseño condicionan aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de una carretera.

En el tramo en estudio haremos referencia a vehículos pesados ya que en esta zona prepondera la actividad comercial y minera por ende los vehículos ligeros no controlan el diseño.

- Características generales

Los vehículos de transporte pesado han aumentado en los últimos años debido al perfeccionamiento mecánico y a la necesidad de llevar mercancías de mayor capacidad a menor precio, así surgió el camión de tres ejes, uno adelante y dos posteriores en donde la carga se reparte de modo uniforme sobre las ruedas, aquí la marcha del vehículo se hace más suave y las oscilaciones por las desigualdades de la carretera son transmitidas al chasis con la mitad de la amplitud. También surgieron los camiones con el sistema llamado de ruedas duales, en este sistema los esfuerzos de tracción no se transmiten por igual en todas las ruedas pues dependen de la presión de inflado de los neumáticos, esta situación se nota más en curvas, donde las ruedas exteriores tienen que hacer un recorrido mayor a las ruedas internas por lo que el desgaste de las llantas

como el deterioro de la carretera son desiguales, sin embargo este sistema es el más usado en la actualidad para obtener una mejor repartición de la superficie de apoyo ya que para obtener el mismo resultado en camiones de una llanta por lado y por eje este tendría que ser muy ancha y de mayor diámetro.

En camiones muy pesados se usa la combinación de ambos sistemas como se muestra en la figura N°2.3 (T3S2) Conformado por un tracto y un semirremolque.

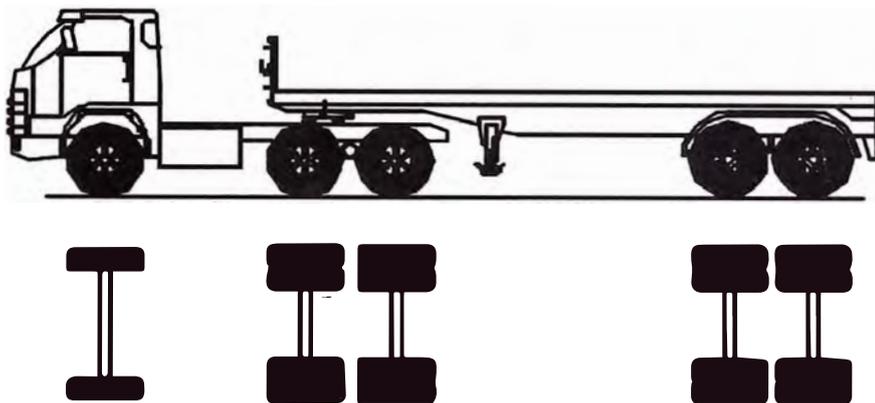


Figura N°2.2.-Camiones usados en la actualidad
Fuente: Elaboración propia

Para cargas de mayor peso se usan los semirremolques y los remolques que tienen una capacidad de tracción o arrastre mayor que su capacidad de carga.

El semirremolque es una carrocería que lleva solo un eje posterior, adelante lleva una lancha de empalme, que se apoya sobre otra similar, como va acoplado soporta una parte sustancial de su masa.

Los remolques son carrocerías que están asentadas de 2 a 4 ejes y que son remolcadas por un camión.

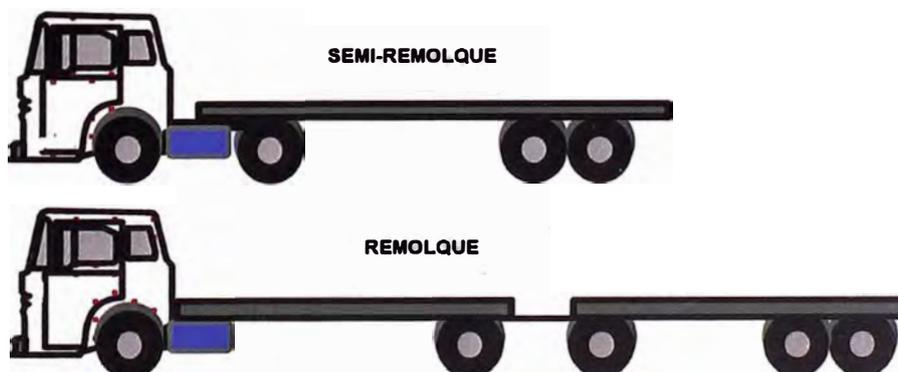


Figura N°2.3.- Remolque y semi-remolque

- Dimensiones de vehículos pesados

Se muestra a continuación una tabla de las dimensiones máximas a emplear en el diseño geométrico según la norma peruana DG-2001

Tabla N°2.14.- Datos básicos de los vehículos de diseño

TIPO DE VEHÍCULO	NOMENCLATURA	ALTO TOTAL	ANCHO TOTAL	LARGO TOTAL	LONGITUD ENTRE EJES	RADIO MÍNIMO RUEDA EXTERNA DELANTERA	RADIO MÍNIMO RUEDA INTERNA TRASERA
VEHICULO LIGERO	VL	1.30	2.10	5.80	3.40	7.30	4.20
OMNIBUS DE DOS EJES	B2	4.10	2.60	9.10	6.10	12.80	8.50
OMNIBUS DE TRES EJES	B3	4.10	2.60	12.10	7.60	12.80	7.40
CAMION SIMPLE 2 EJES	C2	4.10	2.60	9.10	6.10	12.80	8.50
CAMION SIMPLE 3 EJES O MAS	C3/C4	4.10	2.60	12.20	7.60	12.80	7.40
COMBINACIÓN DE CAMIONES							
SEMIREMOLQUE TANDEM	T2S1/2/3	4.10*	2.60	15.20	4.00/7.00	12.20	5.80
SEMIREMOLQUE TANDEM	T3S1/2/3	4.10	2.60	16.70	4.90/7.90	13.70	5.90
REMOLQUE 2 EJES + 1 DOBLE (TANDEM)	C2-R2/3	4.10	2.60	19.90	3.80/6.10/6.40	13.70	6.80
REMOLQUE 3 EJES + 1 DOBLE (TANDEM)	C3-R2/3/4	4.10	2.60	19.90	3.80/6.10/6.41	13.70	6.80

*Altura máxima para contenedores 4.65

Fuente: manual de diseño geométrico de carreteras (DG-2001)

De acuerdo a los datos del estudio de tráfico que se muestra en el anexo B los vehículos que predominan son los camiones C2, C3 y C4 y dentro de ellos el que más predomina es el camión C2, hay una pequeña cantidad de vehículos pesados tipo T2S2 y T2S3 que representa el 1.5% del tráfico total proyectado.

- Radios de giro

El radio de giro de un vehículo es un parámetro importante a la hora de diseñar curvas, este viene determinado por su ancho, la separación entre ejes y por la trayectoria que sigue la rueda delantera izquierda (trayectoria exterior) y por la rueda trasera derecha (trayectoria interior).

Este radio o giro permite conocer el espacio que requiere un vehículo para cambiar el sentido de la marcha mediante un giro de 180°

La figura N°2.4 ilustra la trayectoria mínima de un vehículo tipo C2 que corresponde a un camión o ómnibus.

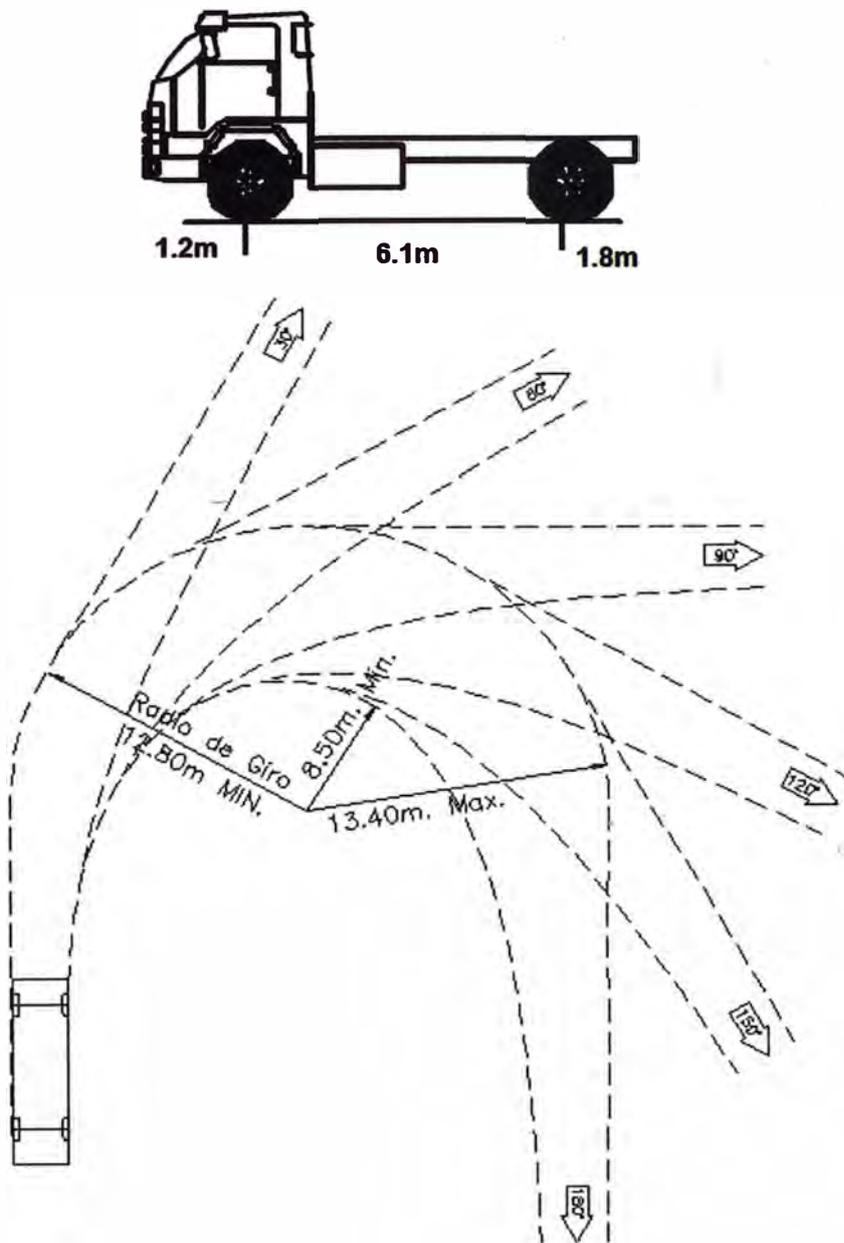


Figura N°.2.4.- Radio de giro de un camión C2
Fuente: manual de diseño geométrico de carreteras.

La figura N° 2.5 ilustra la trayectoria mínima de un vehículo tipo T3S2 que corresponde a un tracto con un semirremolque.

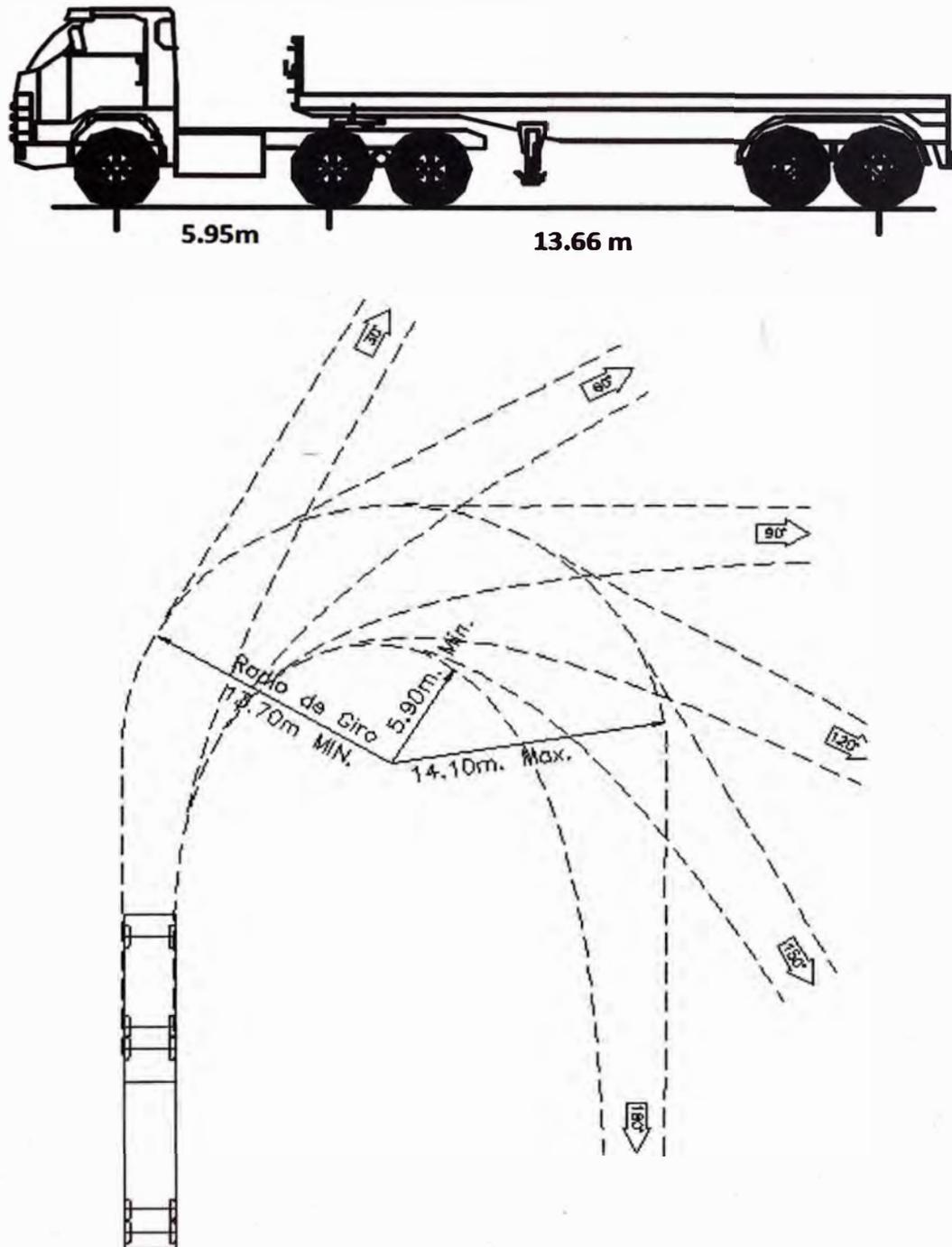


Figura N° 2.5.- Giro mínimo para vehículo T3S2
Fuente: manual de diseño geométrico de carreteras.

CAPITULO III: ESTUDIOS BASICOS

3.1 GEOLOGIA Y GEOTECNIA

3.1.1 Generalidades

Con los trabajos realizados en campo se han identificado zonas donde la geodinámica externa incide en la estabilidad de los taludes, se identificaron las unidades geomorfológicas, rasgos estructurales y las diferentes formaciones geológicas de los diferentes materiales que cruzan la carretera existente.

3.1.2 Geomorfología

El área de estudio presenta rasgos geomorfológicos característicos de los procesos tectónicos y de la actividad volcánica, así mismo de la acción de los agentes externos (viento, agua, glaciares)

- Geomorfología Regional

Se puede distinguir como unidad geomorfológica principal por donde se desarrolla el tramo en estudio a los cerros, unidad geomorfológica que se caracteriza por presentar cadenas de cerros de litología pertenecientes al Grupo Barroso, en los flancos de dichos cerros se encuentran expuestos depósitos morrénicos que se encuentra bisectados por numerosas quebradas por donde se desarrolla la carretera existente.

Por su morfología, la carretera existente, se desarrolla mayormente en taludes de corte de afloramientos rocosos, que se encuentran fracturados a muy fracturados cubierto por material morrénico y por la vegetación propia de la zona. Desde el punto de vista geodinámico, los riesgos geológicos en esta unidad, se consideran bajos a moderados debido a que en su mayoría los taludes de cortes son de altura bajo a medianos.

- Geomorfología Local

El tramo en estudio se encuentra asentada sobre Quebradas y estas bisecan las lomas y las laderas de los cerros, por cuyos ejes fluyen sus aguas hasta desembocar en los ríos de la zona

3.1.3 Geología Local

La carretera en el Tramo Yauri – Dv. Livitaca, se encuentra asentada sobre una secuencia de rocas y suelos, comprendidos desde Jurásico Medio hasta el Cuaternario reciente.

Pasa por Depósito morrénico de baja consistencia, constituidos por fragmentos de naturaleza heterogénea, los cortes en la carretera son bajos y estables

3.1.4 Geología Estructural

A nivel regional el área ha sido afectada por los esfuerzos comprensivos y distensivos generados durante las fases tectónicas que afectaron las rocas del mesozoico hasta las recientes, sin embargo en el área de estudio y sus alrededores no se observan fallas locales ni otro tipo de estructuras que afecten a la carretera existente.

3.1.5 Fenómenos de Geodinámica Externa.

El tramo en estudio se identificó zonas inestables de riesgo bajo a moderadas; originadas por la acción natural (viento, lluvias, cambio de temperatura.) y pendientes que van entre 35 a 60°. Se observaron deslizamientos debido a la pérdida de soporte lateral de un talud natural por desintegración gradual e hidratación del afloramiento rocoso, y derrumbes debido a la pérdida del esfuerzo cortante de las rocas ocasionado por la presencia de grietas, socavación del pie de un talud inferior, precipitaciones pluviales que hacen que la presión hidrostática aumente debido al agua acumulada, generalmente esto ocurre en taludes de fuerte pendiente.

3.2 HIDROLOGIA

El estudio de Hidrología está dirigido a proporcionar los caudales de diseño para el dimensionamiento de las obras de arte y drenaje. De la revisión de la información disponible se concluye que para el estudio de temperaturas se usaron datos desde al año 1998 hasta el 2007 y para el estudio de precipitaciones se revisó información que data desde el año 1965 hasta el año 2007 arrojando los siguientes resultados.

Tabla N°3.1.-Periodos de retorno y precipitaciones

Tr (Periodo de Retorno) Años	Precipitación P24 (mm)
2	29.17
5	37.14
10	41.54
20	45.29
50	49.66
100	52.66
200	55.47
500	58.95

Fuente: Estudio de factibilidad de la carretera nacional PE-3SG, Tramo: Yauri-DV. Livitaca

3.2.1 Criterios de Diseño

En el presente estudio se plantea utilizar los siguientes criterios de diseño para el dimensionamiento de las obras de arte del acceso carretero:

Tabla N°3.2
Periodos de Retorno recomendados para las obras de arte y drenaje

Estructura	Tiempo de Retorno (años)
Puentes	100 (para determinar niveles) 500 (para cálculos de socavación)
Alcantarillas, Pontones y Badenes	50
Alcantarillas Pluviales y Cunetas	20

Fuente: Criterios de diseño generalizados para estructuras de control de agua, Hidrología aplicada, Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays

Los periodos de retorno comúnmente utilizados para el diseño de las obras de arte y drenaje tienen relación directa con la vida útil de la estructura y el riesgo (en %) de que ocurra un evento dentro del periodo analizado.

Se analizaron los riesgos posibles de los periodos de retorno para las obras de arte del proyecto, los resultados se muestran a continuación:

Como se puede apreciar en la tabla N°3.3 siguiente los periodos de retorno guardan relación con la vida útil de la estructura y con el riesgo de ocurrencia del evento que sobrepasa una vez la capacidad de la estructura en dicho periodo de tiempo.

Tabla N°3.3
Periodos de Retorno, vida útil y riesgo para las obras de arte y drenaje

Fuente: de		Criterios diseño
	Cunetas	
	Riesgo	40%
	Tr =	20 años
	Vida útil =	10 años
	Alcantarillas	
	Riesgo =	25%
	Tr =	52.66 años
	Vida útil =	15 años

generalizados para estructuras de control de agua, Hidrología aplicada, Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays

3.2.2 Información Meteorológica

El clima es frío con una temperatura media mensual representativa de la zona de estudio que varía entre 4 y 5°C, siendo el promedio anual de 8 °C. Casi no existe variación estacional de la temperatura media, mientras que la variación de la temperatura mínima en la región es menor durante la estación húmeda.

La humedad relativa media anual es de 64%, siendo más seco en noviembre y más húmedo entre los meses de enero a marzo.

Para la época de construcción se recomienda tener bajo control las temperaturas mínimas durante los meses de mayo a octubre, siendo los meses de junio, julio y agosto cuando se producen las heladas, este fenómeno puede afectar la construcción de las estructuras de concreto.

Tabla N° 3.4.- Variación de temperatura

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
T max °C	17.9	18.3	18.7	18.9	18.6	17.2	17.4	18.8	20.1	20.9	21.2	19.0
T min °C	2.0	2.9	1.5	-2.3	-9.0	-12.3	-11.3	-11.3	-6.4	-3.8	-2.7	0.9

Fuente: Estudio de factibilidad de la carretera nacional PE-3SG, Tramo: Yauri-DV. Livitaca

Para el diseño de alcantarillas y cunetas se considerará un Tr de 20 años y para pontones y badenes 50 años, mientras que para puentes se considera 50 años para cálculos de socavación y 100 años para cálculo de niveles.

3.3 TRAFICO

Se realizó un estudio de tráfico, cargas, encuestas de origen destino y velocidades en las estaciones de la tabla N°3.5, con los resultados obtenidos se evaluó la demanda existente, velocidades de operación vehicular por tipos, factores destructivos por tipo de vehículo y los orígenes y destino de viaje de los vehículos.

3.3.1 Estudio volumétrico

En la tabla N°3.5 se muestra las estaciones de conteo, encuestas OD y censos de carga:

Tabla N°3.5.- Estaciones de conteo

Estación	Descripción
Estación: E-1	Sector I : Yauri – Coporaque Ubicación : Aeropuerto
Estación: E-2	Sector II : Coporaque - Huayquilla Ubicación : Coporaque
Estación: E-3	Sector III : Yauri – Santo Domingo – Pte. Oquero Ubicación : Puente Santo Domingo.
Estación: E-4	Sector IV : Coporaque – Moroacacce Ubicación : Pte. Oquero
Estación: E-5	Sector V : Morocacce – Dv. Livitaca Ubicación : Dv. Livitaca
Estación: E-6	Sector VI : Dv. Livitaca – Velille Ubicación : Velille

Fuente: Estudio de factibilidad de la carretera nacional PE-3SG, Tramo: Yauri-DV. Livitaca

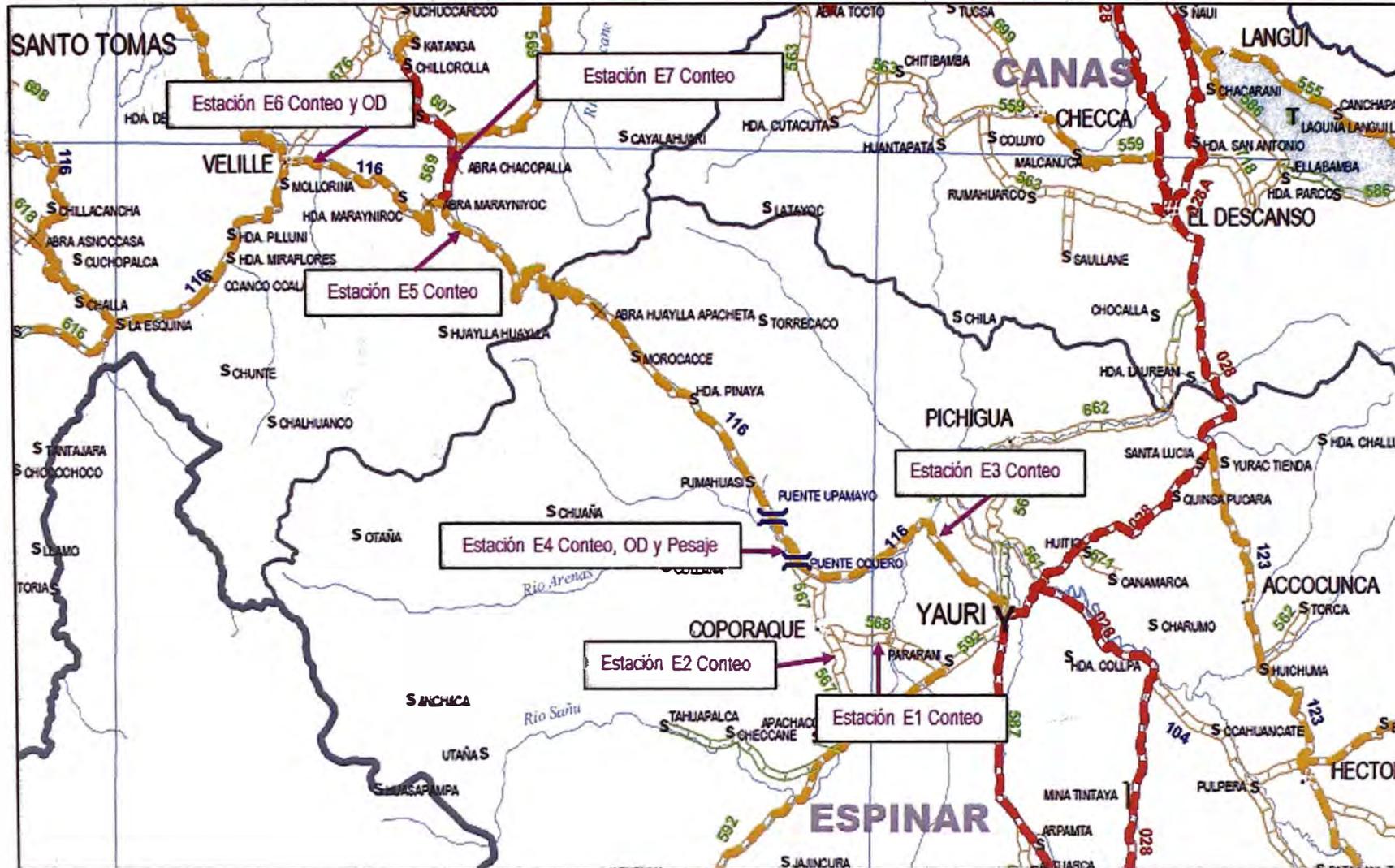


Figura N°3.1.- Ubicación de las estaciones de conteo

- Conteos de tráfico

El IMD para el tramo de la carretera Coporaque – Morocacce E-4 es de **323** vehículos (Vehículos Ligeros = 228 y vehículos pesados = 95)

El IMD para el tramo de la carretera Morocacce – Dv. Livitaca E-5 es de **269** vehículos (Vehículos Ligeros = 187 y vehículos pesados = 82)

- Tráfico total

El tráfico total es la suma del tráfico normal y tráfico generado

Este tipo de tráfico es el que está utilizando actualmente la carretera y que ha tenido y tendrá un crecimiento inercial independientemente de las mejoras que se puedan efectuar.

El tráfico generado es el que aparece como consecuencia de una mejora o de la construcción de una carretera y que no existiría de otro modo. En el anexo B se muestra los resultados del estudio de tráfico.

3.4 SUELOS Y PAVIMENTOS

Para el diseño se usó el Método AASHTO de 1993, en la Tabla N°3.6 se muestra el “Resumen de La Capacidad Soporte de La Subrasante – Tramo Yauri - Velille”, se muestra el CBR mínimo, CBR promedio y CBR de diseño; estos dos últimos referidos al percentil 75. Valores que están acompañados con sus respectivos Módulos de Resiliencia. En base a los resultados obtenidos y con fines de diseño, se adoptará como único valor de CBR el 17.98%

El módulo de resiliencia se determinó mediante la siguiente correlación:

$$M_R(\text{psi})=1500 \times \text{CBR} \quad \text{para } \text{CBR} < 10\%$$

$$M_R(\text{psi})=3000 \text{CBR}^{0.65} \quad \text{para } 10\% < \text{CBR} < 20\%$$

Tabla N°3.6 Valores de CBR

PROGRESIVA (Km.)	Mínimo		PROMEDIO		DISEÑO	
	CBR (%)	M_R (psi)	CBR (%)	M_R (psi)	CBR (%)	M_R (psi)
Tramo en estudio	7.31	10,965.00	18.57	20,037.75	17.98	19,621.61

Fuente: Estudio de factibilidad de la carretera nacional PE-3SG, Tramo: Yauri-DV. Livitaca

3.4.1 Estructura del pavimento

La carretera será a nivel de Carpeta Asfáltica de 7.5cm, Sub base de 0.175 m y Base 0.15 m, ancho de superficie de 6.60 m., bermas de 1.20 m c/l, cuneta revestida, y obras de arte y drenaje., sobre rasante adecuada.

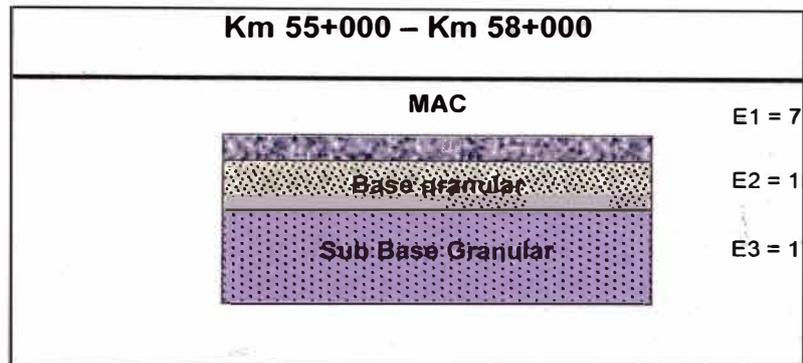


Figura N° 3.2.- Estructura de pavimento

3.5 OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

El objetivo de las obras de arte es la concepción y diseño de obras que servirán para proteger la carretera contra los efectos nocivos que ocasiona el transito del escurrimiento resultado de las precipitaciones pluviales. Para este fin se implementaran estructuras que permitan la recepción, conducción y descarga hacia zonas donde no afecten a la estabilidad de la plataforma de la vía, tales como: alcantarillas y cunetas.

3.5.1 Drenaje del escurrimiento superficial

El drenaje del escurrimiento superficial, constituye el conjunto de alcantarillas que se instala a lo largo de la vía en estudio, ubicadas en los cauces de las quebradas donde el agua de lluvia discurre en forma de escurrimiento superficial, estas estructuras se implementan de acuerdo a la geometría y caudal de agua que pasa por el cauce, estructuras que se indican: alcantarillas de tubería metálica corrugada de 36 y 48 pulgadas de diámetro en cauces pequeños.

El espaciamiento entre alcantarilla existentes es irregular, para evitar que el agua que recepciona la cuneta lateral a pie de talud de corte, se ha utilizado el criterio

de implementar un mayor número de alcantarillas, espaciadas en el rango de 200 a 350 metros, alcantarillas que permitirán captar y evacuar las aguas superficiales, evitando a la acumulación de agua de las precipitaciones pluviales.

La mayor cantidad de alcantarillas corresponden a tubería metálica corrugada, alcantarillas que permiten el paso de las aguas provenientes de las lluvias, en forma de escurrimiento superficial que se forma en la superficie del pavimento y el área adyacente a la plataforma, agua que es captada por la cuneta y conducida a la alcantarilla más cercana, denominadas alcantarillas de desfogue del agua proveniente de cunetas.

En la tabla N°3.7 se muestra la relación de alcantarillas proyectadas.

Tabla N°3.7.- Relación de alcantarillas proyectadas

N°	PROG.	TIPO	SENTIDO	ESVIAJE
1	55+215	TMC 36"	I-D	90°00'
2	55+466	TMC 36"	I-D	90°00'
3	55+600	TMC 36"	D-I	90°00'
4	55+819	TMC 48"	D-I	90°00'
5	55+924	TMC 36"	D-I	90°00'
6	56+039	TMC 48"	I-D	90°00'
7	56+157	TMC 48"	I-D	90°00'
8	56+814	TMC 36"	D-I	90°00'
9	57+062	TMC 36"	D-I	90°00'
10	57+395	TMC 48"	I-D	90°00'

Fuente: Estudio de factibilidad de la carretera nacional PE-3SG, Tramo: Yauri-DV. Livitaca

3.5.2 Drenaje subterráneo

Se ha identificado sectores donde presentan afloramientos de agua subterránea, agua proveniente de filtraciones de las lagunas que se encuentran en las partes altas; afloramientos que deben ser captadas, conducidas y evacuadas, para deprimir el nivel de la superficie freática del acuífero circundante, evitando que la humedad del sub suelo ascienda por capilaridad hacia la superficie y humedezca el paquete estructural de la vía.

Tabla N°3.8.- Relación de subdrenes

N°	Inicio	Fin	Lado	Longitud m
1	55+860	55+980	D	120

Fuente: Estudio de factibilidad de la carretera nacional PE-3SG, Tramo: Yauri-DV. Livitaca

3.5 IMPACTO AMBIENTAL

De la evaluación ambiental efectuada se tienen las principales conclusiones.

- Como Área de Influencia Directa se tiene a una franja de 200 m a cada lado de la carretera, a lo largo de ésta. Como Área de Influencia Indirecta se tienen a varias comunidades campesinas en la ruta, que corresponden a los distritos de Espinar, provincia de Espinar y al distrito de Velille, provincia de Chumbivilcas, departamento del Cusco
- En las Áreas de Influencia del proyecto la mayoría de las tierras es de aptitud para pastoreo (P) y para protección (X), según la clasificación por Capacidad de Uso Mayor de las Tierras.
- Se determinó la existencia de cuatro especies de fauna silvestre, en las Áreas de Influencia ambiental, que se encuentran con status de conservación: En peligro (Cóndor andino), Casi amenazado (Vicuña) y Vulnerable (Taruca y Parihuana), siendo la Parihuana la que se presenta en sitios más cercanos al proyecto, en cuerpos de agua poco profundos.
- Ninguna Área Natural Protegida se encuentra en las Áreas de Influencia Ambiental del Proyecto. La más cercana (Reserva Nacional Aguada Blanca) dista más de 50 km del proyecto.
- La población en el distrito de Espinar, Coporaque y Velille es mayoritariamente joven, con un promedio de 24 años de edad.
- La ganadería es la actividad económica de mayores ingresos para la población en el Área de Influencia Directa.
- En la etapa de Construcción habrían los siguientes Impactos Positivos: Generación de empleo, de moderada magnitud y que además permitirá aumentar los ingresos de los pobladores generando mejores condiciones de acceso a bienes y servicios, lo que se traducirá en mejora en el nivel de vida de la población beneficiada –sobre todo en las localidades de Yauri,

de Coporaque y cercanas- y Dinamización de la economía local, que será también de moderada magnitud. En la misma etapa habrían Impactos Negativos por: Alteración de la calidad del aire por emisión de material particulado, gases y ruido, en magnitud baja; Riesgo de afectación de la calidad del agua y/o conflictos de uso, en magnitud moderada; Riesgo de afectación de la calidad del suelo, en magnitud moderada; Alteración puntual del relieve del área, en magnitud moderada; Alteración de la calidad del paisaje local, en magnitud baja; Afectación de la flora, en magnitud baja; Perturbación de la fauna, en magnitud baja; Afectación al suministro de electricidad en Coporaque, Riesgo de accidentes y afecciones respiratorias en el personal de obra calificado como de magnitud baja, Afectación a la percepción de la población.

- En la etapa de Operación / Funcionamiento de la vía, se determinaron los siguientes Impactos Positivos: Mejora en las condiciones de transporte; Disminución en costos de transporte; Generación de empleo, en magnitud moderada; Dinamización de la economía, en grado alto. En la misma etapa se determinaron los siguientes Impactos Negativos: Afectación de la calidad del aire, en magnitud baja; Riesgos en la seguridad y salud, por accidentes de tránsito posibles.
- Se considera que el trazo actual de la carretera no afecta directamente algún tipo de evidencia arqueológica identificable en superficie, por lo que se debe cumplir con la presentación de un Proyecto de Evaluación arqueológica al Instituto Nacional de Cultura y cumplir las recomendaciones de dicha institución para la expedición del CIRA.
- Efectuado el estudio para la compatibilización entre el sistema de gestión ambiental y el sistema nacional de inversión pública, el proyecto es catalogado como de bajo riesgo, por lo que solamente requeriría una Declaración de Impacto ambiental, afirmación que debe ser avalada por la autoridad ambiental del sector transportes: DGASA.

CAPITULO IV: DISEÑO GEOMÉTRICO

De acuerdo a la norma de diseño geométrico DG-2001 las características técnicas para el diseño vial para el tramo en estudio son las siguientes:

Clasificación de la vía	: Segunda clase, Tipo 4
Velocidad específica de diseño	: 30 Km/h
Ancho de la Superficie de rodadura	: 6.60m
Ancho de Bermas (a cada lado)	: 2.00m
SAC (Sobre Ancho de Compactación)	: 0.50m
Ancho de corona en tangente	: 10.60m
Ancho de cuneta a nivel de rasante	: 1.20m
Profundidad de cuneta a nivel de rasante	: 0.30m
Pendiente máxima normal	: 8.0 %
Bombeo de la Calzada	: 2.5 %

4.1 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal es una proyección sobre un plano horizontal en la cual la vía es representada por un eje compuesto por tramos rectos, curvas circulares y curvas de transición. Se establecerá un alineamiento horizontal que permita la circulación ininterrumpida de los vehículos viajando a la velocidad de diseño.

4.1.1 Tramos en tangente.

El proyecto contiene tramos en tangente la cual contempla longitudes mínimas y máximas deseables en función de la velocidad directriz.

Según la norma DG-2001 las longitudes mínimas y máximas y según la velocidad de diseño adoptada está dada en la tabla N° 4.1

Tabla N°4.1.- Longitud de tramos en tangente.

Vd. (Km/h)	L mín. s (m)	L mín. o (m)	L máx. (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2001.

Dónde:

L mín. s= longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineación recta en alineaciones curvas con radios de curvatura de sentido contrario).

L Mín. o= Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura del mismo sentido).

L máx.= Longitud máxima (m).

Vd.= Velocidad de diseño (Km/h)

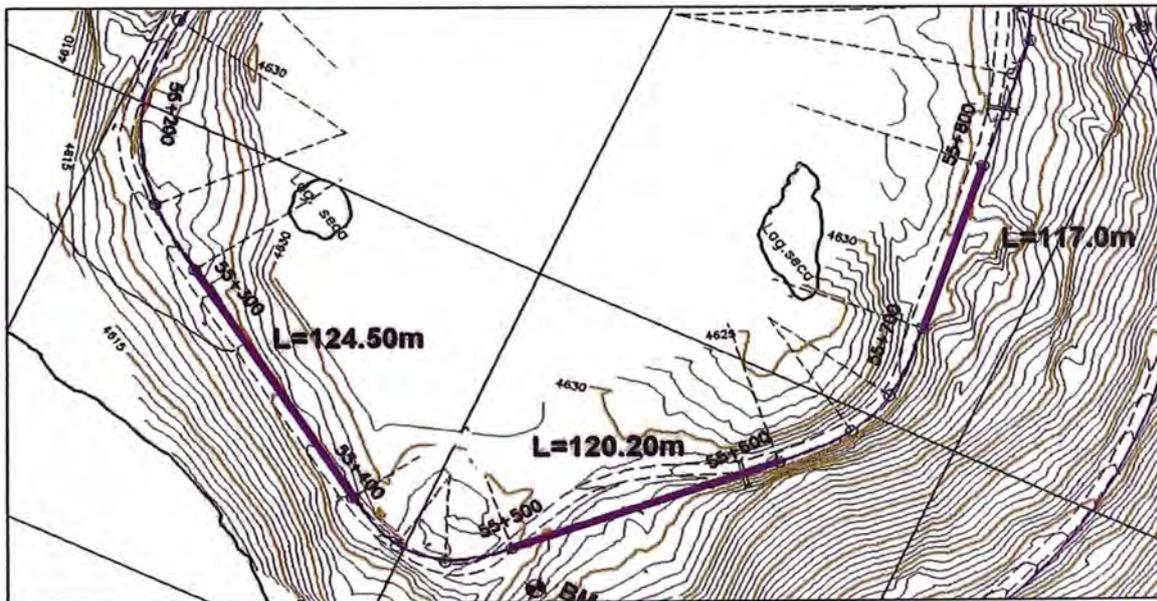


Figura N°4.1.- Tramos en tangente.

Las longitudes de tramos en tangente presentados en la tabla N°4.1 están dados por las siguientes expresiones.

$$L \text{ mín. s} = 1.39Vd$$

$$L \text{ mín. } = 2.78Vd$$

$$L \text{ máx. } = 16.70Vd$$

Para velocidades de 30 km/h adoptada para este proyecto se tiene lo siguiente:

L min. S = 42

L min. O = 84

L máx. = 500

Como vemos en la figura N°4.1.- y en los planos, se usó longitudes de tangente mayores a la longitud mínima.

4.1.2 Diseño de curvas circulares

Son segmentos de circunferencia de distinto radios que se usan para enlazar dos rectas o tangentes, estos radios se escogieron dependiendo de las condiciones topográficas del sitio y en cumplimiento de lo que dicta la norma DG-2001. Al momento de elegir el radio de las curvas se trató de dar una uniformidad al trazo para evitar los cambios bruscos en las velocidades.

Al proyectar las curvas se ha considerado:

Desde el punto de vista de la seguridad se hizo una adecuada combinación de radios mínimos y de peraltes

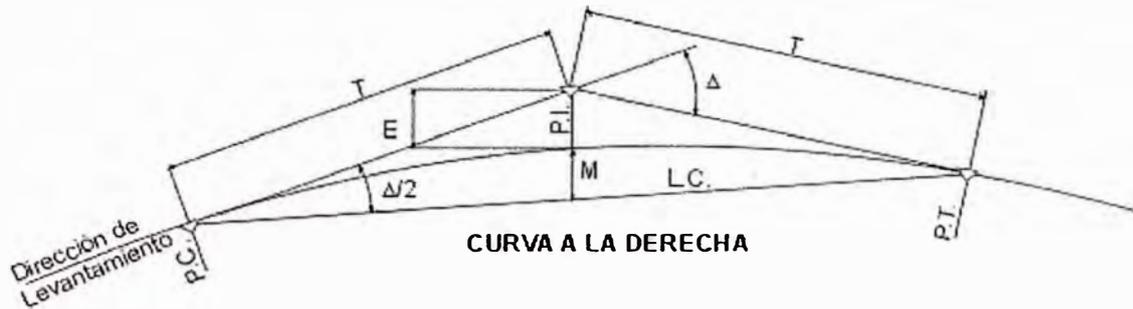
Se usó curvas de transición para pasar de una alineación recta a curva para evitar cambios bruscos en la dirección.

Un adecuado sobre ancho en las curvas que permitan tener la misma capacidad de tráfico que en los tramos en tangente.

Una adecuada visibilidad dada por el radio mínimo de la curva.

- Los elementos de la curva circular son:

En la figura N°4.2 se muestra una curva circular simple con los elementos anteriormente indicados.



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

Figura N° 4.2.- Elementos de curva circular.

Cuando los ángulos de deflexión sean menores o iguales a 5°, los radios de la curva deben ser suficientemente grandes para proporcionar longitud de curva mínima obtenida con la fórmula siguiente.

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

(L en metros, Δ en grados)

- Radios mínimos

Los radios mínimos a emplear son los que garanticen una circulación vehicular cómoda y segura y son los menores que pueden emplearse según la velocidad de diseño y estos deben ser iguales o mayores al radio mínimo del vehículo de diseño.

La fórmula para determinar los radios mínimos según la velocidad de diseño está dada por:

$$R_m = \frac{V^2}{127(P_{\text{máx}} + f_{\text{máx}})}$$

R_m: Radio mínimo

V: velocidad de diseño en km. Por hora

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

$f_{m\acute{a}x}$: Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

$$f_{m\acute{a}x} = \frac{1}{1.4\sqrt{V}}$$

En la tabla N°4.2 se muestra los radios mínimos y peraltes máximos para las velocidades de diseño adoptadas en este tramo:

Tabla N°4.2 Radios mínimos y peraltes máximos

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño (kph)	P máx. %	Radio mínimo
Área rural (Con peligro de hielo)	30	6	30
	40	6	55
	50	6	90
	60	6	135

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2001.

4.1.3 Sobreanchos

Debido a que en las curvas los conductores tienden a no seguir por el eje de su carril existe la necesidad de dotar a los tramos en curva de mayor ancho con relación a los de los tramos en tangente

El sobreancho variara en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad de diseño, y el cálculo se da según:

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

Dónde:

Sa= Sobreancho (m)

N = Número de carriles

R = Radio (m)

L = Distancia entre eje posterior y parte frontal

V = velocidad de diseño

Los valores de sobreancho calculados se muestran en la tabla N°4.3. para L=7.90 que corresponde a camión C2.

Tabla N°4.3.-Valores de sobreebancho.

R	V=30 kph	
	Calc. m	Recom. m
25	8.72	8.80
28	7.68	7.70
30	7.12	7.20
35	6.05	6.10
37	5.72	5.80
40	5.28	5.30
45	4.69	4.70
50	4.22	4.30
55	3.85	3.90
60	3.53	3.60
70	3.05	3.10
80	2.68	2.70
90	2.40	2.40
100	2.17	2.20
120	1.83	1.90
130	1.70	1.70
150	1.49	1.50
200	1.14	1.20
250	0.93	1.00

Fuente: Propia.

En curvas circulares sin espiral de transición, el sobreebancho se aplica en el lado interior de la curva

La repartición del sobreebancho se hace en forma lineal empleando para ello, la longitud de transición de peralte de esta forma se puede conocer el sobreebancho deseado en cualquier punto, usando la siguiente relación matemática.

$$S_{a_n} = \frac{S_a}{L} * Ln$$

Dónde:

S_{a_n} = Sobreebancho deseado en cualquier punto (m)

S_a = Sobreebancho calculado para la curva (m)

Ln = Longitud arbitraria a la cual se desea determinar el sobreebancho (m)

L = Longitud de transición de peralte (m)

4.1.4 Curvas de transición

Cuando se pasa de un alineamiento recto a una curva circular hay un cambio súbito de un radio infinito a un radio finito, cuando este paso lo hacen los vehículos experimentan la fuerza centrífuga que los hace a invadir el carril de sentido opuesto describiendo trayectorias no circulares por lo que incrementan el peligro de accidentes. Para evitar los inconvenientes indicados se introducen curvas de transición mediante las cuales se produce una variación gradual de un valor de radio infinito a otro de radio finito.

El uso de curvas de transición permite que los vehículos circulen a la velocidad de diseño manteniéndose en el centro del carril.

- Tipos de curva de transición

La curva de transición clotoide es la que más se usa pues representa las siguientes ventajas:

- Tiene un crecimiento lineal de su curvatura que permite una marcha uniforme y cómoda.
- El desarrollo del peralte se logra en forma progresiva
- La flexibilidad de la clotoide se acomoda al terreno lo que permite una armonía con la carretera.

La ecuación de la clotoide es la siguiente:

$$A^2 = RxL$$

Dónde:

A = Parámetro de la clotoide.

R = Radio de curvatura en un punto cualquiera

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

- Elementos de la curva de transición

$$CE = CP = C'M = R$$

Desplazamiento: $\Delta R = EA = (PB - GE)$
 $\Delta R = Y_p - R (1 - \cos \tau\rho)$

Desplazamiento Centro: $d: \overline{CC'} = \Delta R / \cos \frac{\omega}{2}$

Origen Curva Enlace: $OV = X_p + AV - AB$
 $OV = X_p + (R + \Delta R) \operatorname{tg} \frac{\omega}{2} - R \operatorname{sen} \tau\rho$

Coordenadas de C: $X_c = X_p - R \operatorname{sen} \tau\rho$
 $Y_c = Y_p - R \cos \tau\rho = R + \Delta R$

Desarrollo Circular: $PP' = R (\omega - 2 \tau\rho) / 63.862$

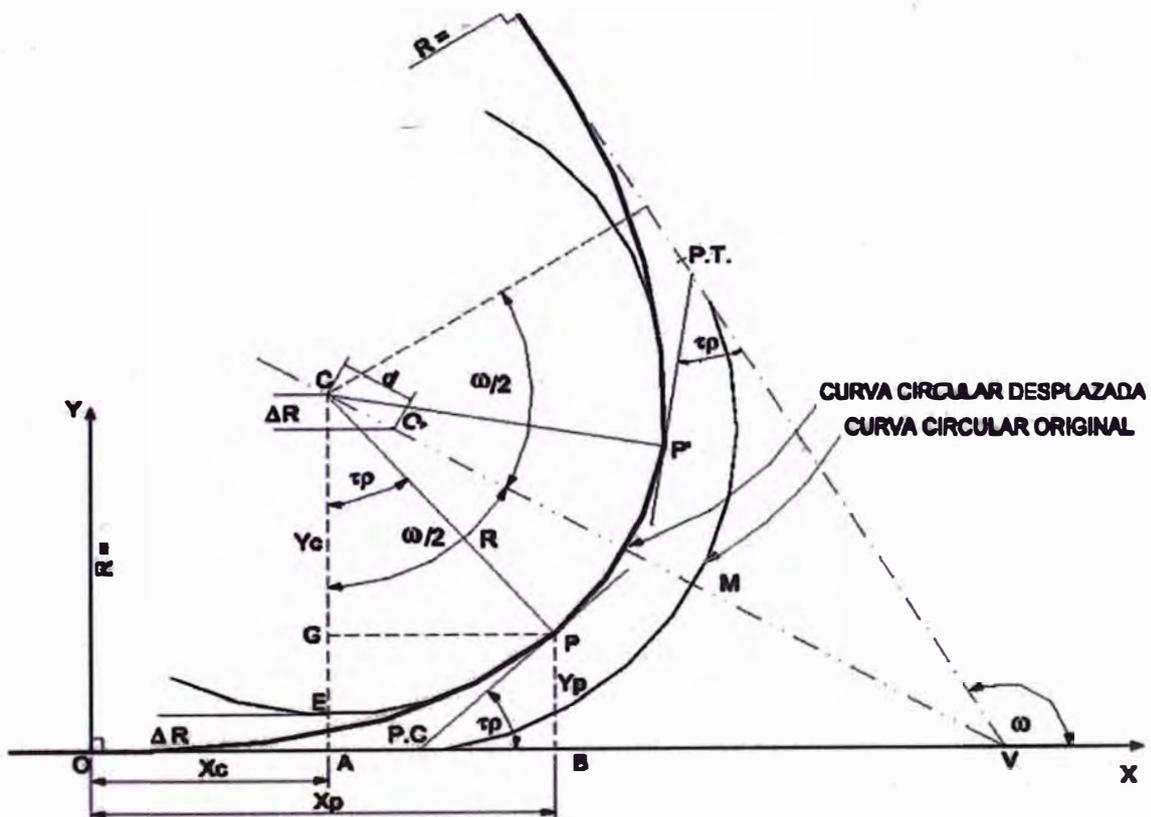


Figura N° 4.3.- Elementos del conjunto Curva de transición-curva circular

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2001.

$R(m)$: radio de la curva circular que se desea enlazar

$d(m)$: Desplazamiento del centro de la curva circular original (C), a lo largo de la bisectriz del ángulo interior formado por las alineaciones, hasta (C'), nueva posición del centro de la curva circular desplazada.

ΔR (m) :Desplazamiento de la curva circular enlazada, medido sobre la normal a la alineación considerada, que pasa por el centro de la circunferencia desplazada de radio R.

$X_p, Y_p(m)$: Coordenada de "P", punto de tangencia de la clotoide con la curva circular enlazada, en que ambos poseen un radio común R; referidas a la alineación considerada y a la normal a esta en el punto "O", que define el origen de la clotoide y al que corresponde radio infinito.

$X_p, Y_p(m)$: Coordenada del centro de la curva circular desplazada, referidas al sistema anteriormente descrito.

ζ_p (g): Angulo comprendido entre la alineación considerada y la tangente en el punto P común a ambas curvas. Mide la desviación máxima la clotoide respecto a la alineación

$\omega(g)$: Deflexión angular entre las alineaciones consideradas.

OV(m): Distancia desde el vértice al origen de la clotoide, medida a lo largo de la alineación considerada.

Dc: Desarrollo de la curva circular, desplazada entre los puntos PP".

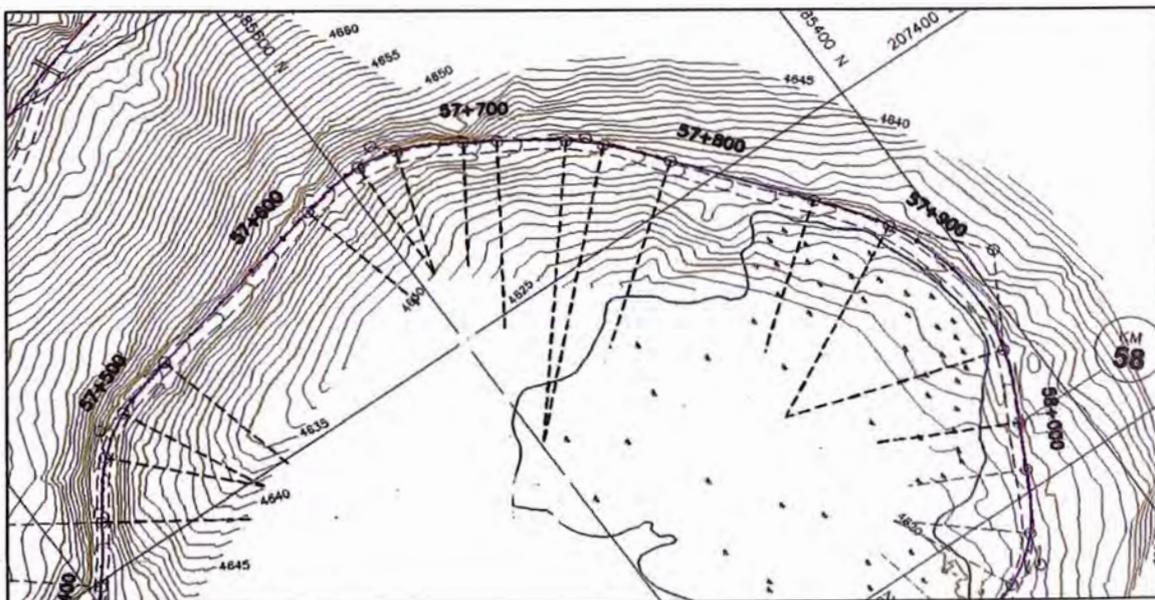
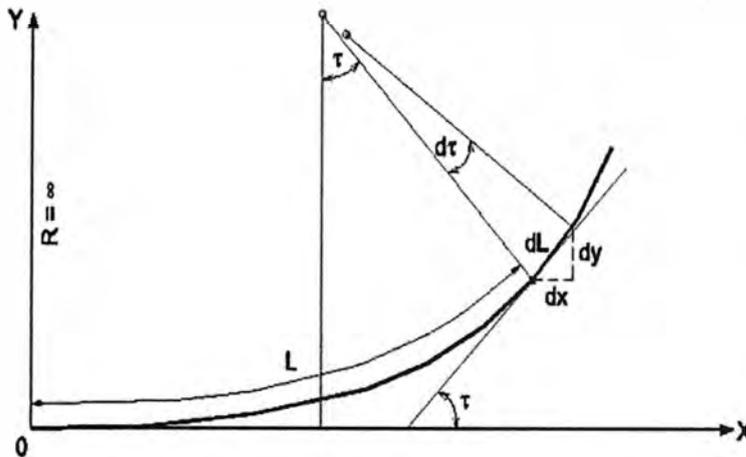


Figura N°4.4.-Curvas de transición del proyecto entre km 57+500-km 58+000

a) Relaciones Geométricas Fundamentales



$$A^2 = RL$$

$$R d\tau = dL$$

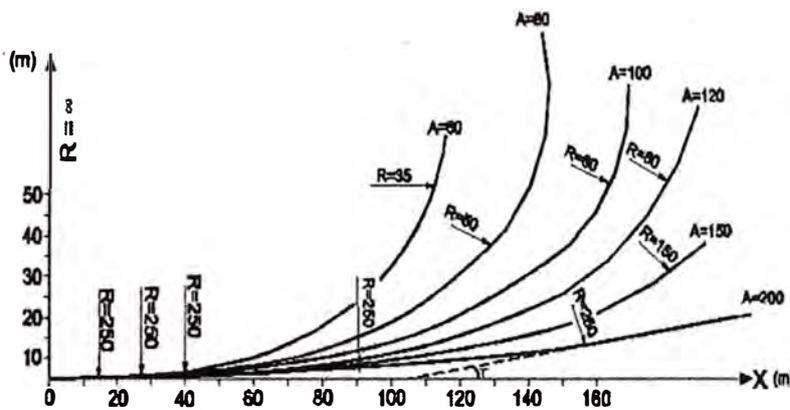
$$\int d\tau = \int \frac{L dL}{A^2}$$

$$\tau = \frac{L^2}{2A^2} + cte$$

$$L = 0; \tau = 0 \dots cte = 0$$

$$\tau = \frac{L^2}{2A^2} = 0.5 \frac{L}{R}$$

b) Familia de Clotoides - Magnitudes Según Parámetro



EFECTO VARIACION DEL PARAMETRO PARA R CONSTANTE					
A	R	L	τ°	X	Y
80	250	14,40	1,8335	14,389	0,138
80	250	26,80	3,2585	25,583	0,487
100	250	40,00	5,0830	38,975	1,088
120	250	67,60	7,3339	67,824	2,210
150	250	90,00	11,4882	89,709	5,388
200	250	180,00	20,9718	158,389	16,942

Figura N°4.5.-Características generales de la clotoide
Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2001.

- Parámetros mínimos deseables

Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal.

$$A_{min} = \sqrt{\frac{VR}{46.656J} * \left(\frac{V^2}{R} - 1.27P\right)}$$

- V: Velocidad de diseño (kph)
- R: Radio de curvatura (m)
- J: tasa uniforme (m/seg³)
- P: peralte correspondiente a V y R (%)

Para efectos prácticos se tomarán los siguientes valores.

Tabla N°4.4.- 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.

En la tabla N°4.5 se muestra los valores tabulados para valores mínimos, en ningún caso se adoptaran longitudes de transición menores a 30m.

Tabla N°4.5.-Longitud de curva de transición mínima

Velocidad	R _{min}	J	Peralte max	A min	Longitud de Transición(L)	
					calculada	redondeada
kph	m	m/seg ³	%	m	m	m
30	24	0.5	12	26	28	30
30	26	0.5	10	27	28	30
30	28	0.5	8	28	28	30
30	31	0.5	6	29	27	30
30	34	0.5	4	31	28	30
30	37	0.5	2	32	28	30
40	43	0.5	12	40	37	40
40	47	0.5	10	41	36	40
40	50	0.5	8	43	37	40
40	55	0.5	6	45	37	40
40	60	0.5	4	47	37	40
40	66	0.5	2	50	38	40

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2001.

Limitación de la variación por estética y guiado óptico.

Para que un conductor pueda ver la curva de transición se debe cumplir que:

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

La condición $A > R/3$ corresponde al parámetro mínimo que asegura la adecuada percepción de la existencia de la curva de transición. Ello implica utilizar un valor $t_{min} > 3.5g$

La condición $A < R$ asegura la adecuada percepción de la existencia de la curva circular. Se debe cumplir estas condiciones para toda la velocidad de diseño.

En el anexo E se muestra un cuadro para el control de los parámetros mínimos en función de la longitud de la espiral

- Transición del peralte

Deberá llevarse a cabo combinado las tres condiciones siguientes.

- Características dinámicas aceptables para el vehículo.
- Rápida evacuación de las aguas de la calzada.
- Sensación estética agradable.

El desvanecimiento del bombeo se hará en la alineación recta e inmediatamente antes de la tangente de entrada en una longitud máxima de 20 metros en carreteras de calzada única y de la siguiente forma.

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

La longitud normal para desarrollar el sobreebancho 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 sobreebancho se ejecutará en la longitud de la curva de transición disponible

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

$$Sa_n = \frac{Sa}{L} * Ln$$

Dónde:

Sa_n =Ensanche correspondiente a un punto distante en metros desde el origen.

L = Longitud total de desarrollo del sobreebancho, dentro de la curva de transición.

4.1.5 Curvas compuestas

Una curva es compuesta cuando dos o más curvas circulares son de un mismo sentido y están contiguas, generalmente debemos evitar el empleo de curvas compuestas tratando de reemplazarlos por una sola.

Las curvas compuestas pueden ser útiles cuando necesitamos adaptarnos al terreno en zonas accidentadas, pero el radio de una de las curvas no debe ser mayor de 1.5 veces el radio de la otra.

En el anexo G de los planos se puede ver las curvas compuestas en el km 56+000 con las curvas N° 5A y 5B y en el km 56+530 con las curvas N° 8ª y 8B.

- Curvas vecinas del mismo sentido

En general debemos evitar el empleo de curvas del mismo sentido, cuando estén separados por un tramo en tangente de una longitud menor de 450m.

Pero si dos curvas se encuentran separadas por una tangente menor o igual a 100m, estas deben reemplazarse por una curva o por una curva policéntrica.

- Curva y contracurva (curva "S")

Cuando las circunstancias no permiten usar una curva simple entre dos alineamientos, el cambio de alineamiento se dará por el uso de curvas inversas.

- Curva "S" con curva de transición.

Entre dos curvas de sentido opuesto deberá existir siempre un tramo en tangente lo suficiente para permitir las longitudes de transición mínimas como se indica en la tabla N°4.5.

- Curva "S" sin curva de transición.

La longitud mínima de tangente entre dos curvas de sentidos opuestos será aquella que permita la transición del peralte.

4.1.6 Curvas de vuelta

Cuando se requiere llegar con el trazado a cotas que con el trazado tradicional se suele usar curvas de desarrollo pero sin pasar las pendientes máximas permitidas para estas curvas.

La figura N°4.04 muestra un caso general de una curva de vuelta

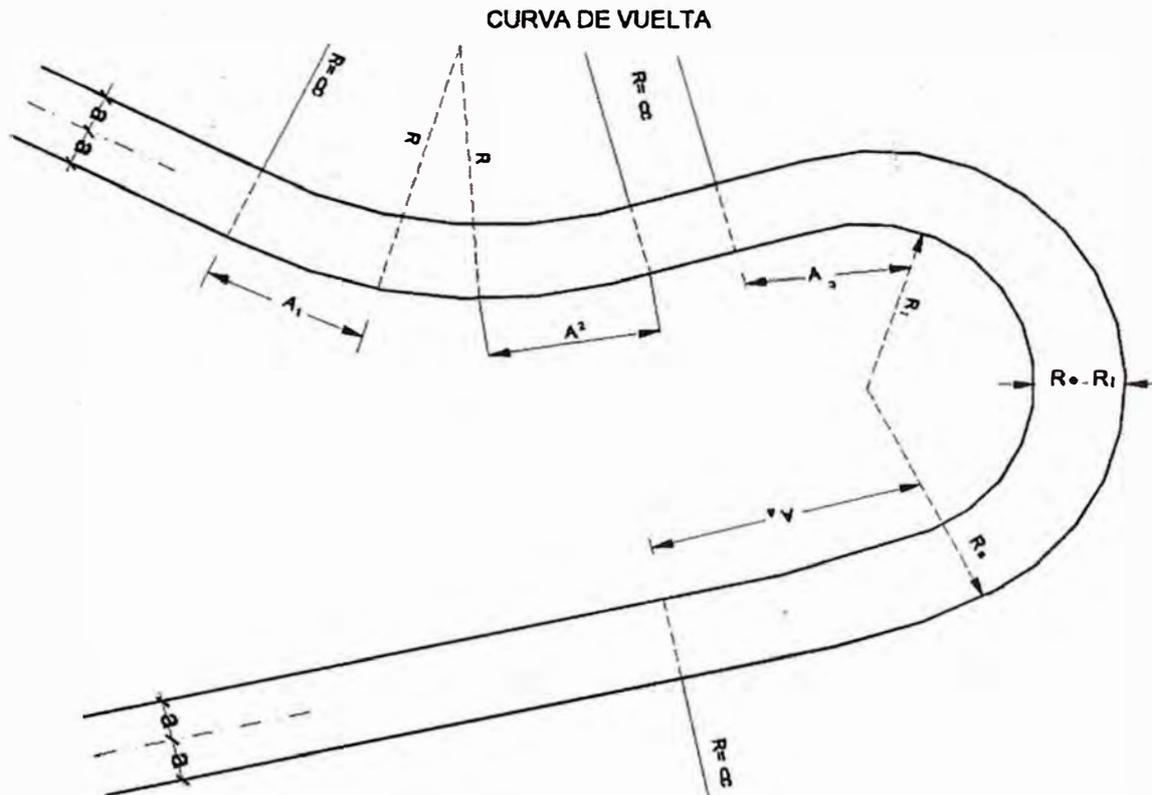


Figura N°4.6.-Caso general de una curva de vuelta

Las curvas de vuelta propiamente tal quedarán definidas por dos arcos circulares correspondientes al radio interior " R_i " y exterior " R_e ".

Los valores posibles para R_i y R_e según los vehículos de diseño se indican en la Tabla N°4.6:

En el anexo G de los planos se puede ver las curvas de vuelta que están entre las progresivas km 55+900-km 56+050 y km 56+450-km 56+600

Tabla N°4.6 Radio exterior mínimo correspondiente a un radio interior adoptado.

Radio interior Ri (m)	Radio exterior mínimo Re (m). según maniobra prevista		
	T2S2	C2	C2+C2
6.0	14.00	15.75	17.50
7.0	14.50	16.50	18.25
8.0	15.25	17.25	19.00
10.0	16.75*	18.75	20.50
12.0	18.25*	20.50	22.25
15.0	21.00*	23.25	24.75
20.0	26.00*	28.00	29.25

*La tabla considera un ancho de calzada en recta de 6m, en caso de que ella sea superior, Re deberá aumentarse hasta que $Re - Ri = \text{Ancho de la calzada}$

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2001.

Las maniobras previstas son:

T2S2: Un camión semirremolque describiendo la curva de retorno y el resto de vehículos esperando en la alineación recta.

C2: Un camión de 2 ejes puede describir la curva simultáneamente con un vehículo ligero.

C2+C2: dos camiones de dos ejes pueden describir la curva simultáneamente.

- Pendiente longitudinal y peralte.

En la zona de curva de retorno se deberán respetar las siguientes pendientes máximas.

Zona con hielo o nieve: 4%

Otras zonas: 5%

Si las pendientes de los alineamientos anterior y/o posterior son mayores que lo indicado, las curvas verticales requeridas para enlazar el cambio de pendiente deberán terminarse o iniciarse en el tramo recto anterior o posterior a las curvas de enlace.

4.2 DISEÑO DE PERFIL LONGITUDINAL

Para unir dos rasantes de diferentes pendientes se usan curvas verticales parabólicas, estas curvas entre dos pendientes sucesivas permiten lograr una transición paulatina entre pendientes de distinta valor o sentido, el adecuado diseño de ellas asegura las distancias de visibilidad requeridas por el proyecto.

4.2.1 Consideraciones de diseño

Para el diseño del perfil se tomarán los siguientes criterios:

- El eje del perfil debe coincidir con el eje físico de la calzada, lo diseñado en los planos se debe plasmar en el campo.
- En terrenos montañosos, se adoptó la rasante al terreno, evitando los tramos en contrapendiente cuando se debe vencer un desnivel considerable.
- En zonas escarpadas el perfil está condicionado por la divisoria de aguas.
- No se debe colocar la parte inferior de una curva vertical cóncava en un tramo en corte debido a las dificultades de drenaje. Asimismo, se deberá evitar colocar una curva vertical convexa entre dos tangentes planas en una zona en corte, ya que el drenaje será muy pobre.
- En las curvas cóncavas o convexas la longitud de estas debe ser tal que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor a la de parada.

4.2.2 Curvas verticales

Se usaran para enlazar los tramos en tangente parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea de 1% para carreteras con pavimento tipo superior y de 2% para las demás.

Las parábolas de 2º grado, son definidas por su parámetro de curvatura K, que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal, en metros para cada 1% de variación en la pendiente, así:

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

Dónde:

L= Longitud de la curva vertical.

A= valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes.

Los criterios para diseñar curvas verticales tiene que ver con:

- Longitud de las curvas convexas

La longitud de las curvas verticales convexas viene dada por las siguientes expresiones:

-Para contar con la visibilidad de parada (D_p)

Cuando $D_p < L$

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

Cuando $D_p \geq L$

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

Donde para todos los casos.

L: longitud de la curva vertical (m)

D_p : distancia de visibilidad de parada (m)

A: diferencia algebraica de pendientes (%)

h_1 : Altura del ojo sobre la rasante (m)=1.07m

h_2 : Altura del objeto sobre la rasante (m)=0.15m

En los anexos A-3 se muestra los diferentes casos:

Para nuestro estudio contamos con una curva convexa con pendientes de 5.64% y -4.12%, haciendo el cálculo tenemos $L=24.58\text{m}$ la cual es nuestra longitud mínima de curva convexa.

Para contar con la visibilidad de paso (D_a)

Tenemos:

Si $D_a < L$

$$L = \frac{ADa^2}{A}$$

Si $D \geq L$

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

Da: distancia de visibilidad de paso (m)

L: longitud de la curva vertical (m)

A: diferencia algebraica de pendientes (%)

En el anexo A-4 se muestra los diferentes casos:

- Longitud de las curvas cóncavas

La longitud de las curvas cóncavas viene dada por la siguiente expresión.

$D < L$

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

$D \geq L$

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

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

Del lado de la seguridad se toma $D = D_p$, para nuestro caso $L = 15.25m$, figura con diferentes casos se muestra en el anexo A-5.

Adicionalmente se debe cumplir que por condiciones de estética la curva vertical debe cumplir la condición:

$$L \geq V$$

Dónde:

L: Longitud de la curva (m)

V: Velocidad Directriz (kph)

4.2.3 Pendiente

En los tramos en corte generalmente se evitará el empleo de pendientes menores de 0.5%

Los valores máximos de la pendiente se muestran en la tabla N°4.7 de pendientes máximas, el máximo es de 8%, en caso de use un valor mayor será necesario la construcción de un carril de ascenso.

En zonas superiores a los 3000 msnm, los valores máximos de la tabla se reducirán en 1% para terrenos montañosos o escarpados.

Tabla N°4.7.-Pendientes Máximas

CLASIFICACIÓN	SUPERIOR								PRIMERA CLASE				SEGUNDA CLASE				TERCERA CLASE			
VEH/DIA (1)	>4000								4000-2001				2000-400				<400			
CARACTERÍSTICAS	AP(2)				MC				DC				DC				DC			
OROGRAFÍA TIPO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
VELOCIDAD DE DISEÑO																				
30 KPH																				
40 KPH																			10.00	12.00
50 KPH																9.00	8.00	9.00	10.00	
60 KPH											7.00	7.00			8.00	9.00	8.00	8.00		
70 KPH					6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00		
80 KPH	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	7.00		7.00			
90 KPH	4.50	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00		6.00	6.00			7.00			
100 KPH	4.50	4.50	5.00		5.00	5.00	6.00		5.00	5.00			6.00							
110 KPH	4.00	4.00	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00				6.00							
120 KPH	4.00	4.00			4.00															
130 KPH	3.50				4.00															
140 KPH	3.50																			
150 KPH																				

AP: AUTOPISTA

MC: Carretera multicarril o dual (dos calzadas)

DC: Carretera de dos carriles

Nota 1: En orografía tipo 3 y/o 4, donde exista espacio suficiente y se justifique por demanda la construcción de una autopista, puede realizarse con calzadas a diferente nivel asegurándose que ambas calzadas tengan las características de dicha clasificación.

Nota 2: En caso de que una vía clasifique como carretera de 1ra. Clase y a pesar de ello se desee diseñar una vía multicarril, las características de esta se deberán adecuar al orden superior inmediato. Igualmente si es una vía dual y se desea diseñar una autopista, se deberán utilizar los requerimientos mínimos del orden superior inmediato.

Nota 3: los casos no contemplados en la presente clasificación, serán justificados de acuerdo con lo que disponga el MTC y sus características serán definidas por dicha entidad

Fuente: DG-2001-Ministerio de Transportes y comunicaciones.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El tramo en estudio tiene condiciones orográficas del tipo 4 que corresponde a una topografía accidentada según su demanda y su clasificación de la red vial le corresponde una velocidad de diseño de 40 kph, pero por condiciones topográficas se está tomando una velocidad específica de diseño en los tres kilómetros de 30 kph que permite un mejor trazo para cruzar el Abra Apacheta.
- El tramo en estudio corresponde al paso del abra Apacheta a una altitud de 4680 msnm por lo que en épocas de invierno suele haber presencia de nieve y hielo, por lo tanto corresponde un peralte máximo de 6%. y un radio mínimo de 30m.
- Se ha dotado al trazo de la carretera de los elementos necesarios para que sea segura, funcional y estética.
- El trazo garantiza una maniobra del tipo C2+C2 que comprende la circulación de dos camiones de dos ejes describiendo la curva simultáneamente y cuando pase un camión semirremolque T2S2 este describirá la curva y el resto de vehículos esperará en línea recta, para esto se dotó a las curvas de los sobrecanchos necesarios.
- Se usaron curvas de transición en el diseño de curvas horizontales pues estos ofrecen una mejor maniobrabilidad y seguridad a los conductores reduciendo los efectos de la fuerza centrífuga, para esto se aseguró que la longitud de la curva de transición cumplan con los criterios de longitud de transición del peralte, longitud mínima de la curva de transición y por guiado óptico o estética.
- Se calcularon los Sobrecanchos para cada valor de radio usado en el proyecto, para el caso de los semirremolques se tomó como distancia entre ejes al valor más alto de estos.
- El diseño de la rasante no es afectada por el drenaje transversal ni longitudinal, este será por medio de alcantarillas que descargarán en terreno natural ya que en la zona del Abra no hay presencia de áreas de cultivo, poblaciones ni zonas arqueológicas.

- Las curvas verticales tanto convexas como cóncavas cumplen con la longitud mínima para contar con la distancia de visibilidad de parada (D_p) y de paso (D_a).
- El movimiento de tierras refleja que los volúmenes de corte son mayores a los volúmenes de relleno ya que para dotar a la carretera del ancho requerido se tiene que hacer explanaciones a media ladera debido a la Topografía accidentada, por lo que el material excedente tendrá que ser transportada a un DME (Deposito de material excedente), aun así los costos por movimiento de tierra serán menores pues el trazo sigue en la mayoría de su recorrido por la vía existente.
- El presente informe se hizo con la norma DG-2001, a partir de Diciembre del año 2013 entro en vigencia la norma DG-2013 por lo que se hizo una comparación entre ambas normas encontrándose que los valores adoptados en el informe también están en la norma DG-2013 por lo que no se ve afectada en su integridad.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la carretera tenga una adecuada señalización como señales informativas y preventivas así como las marcas en el pavimento para hacer conocer a los conductores la velocidad máxima de circulación en el tramo en estudio y las diferentes medidas adoptadas en el trazo como el acercamiento a una curva, lugares donde está prohibido adelantar, etc. Para así evitar posibles accidentes. Ya que aun en las carreteras mejor diseñadas hay accidentes debido a factores ajenos al trazo mismo y que son difíciles de controlar como la imprudencia de los conductores o la desatención de estos o de los peatones.
- Antes de comenzar el trazo de la carretera se recomienda un reconocimiento de campo por un equipo de especialistas multidisciplinario para una mejor coordinación a fin de que el ingeniero de diseño vial cuente con información necesaria que le permita tener un criterio para una mejor elección ruta teniendo en cuenta las consideraciones de las otras especialidades para que en el transcurso del diseño el trazo no tenga muchas modificaciones por índole topográfico, geotécnico o hidrológico ya sea por la presencia de malos suelos, fallas en taludes o por el mejoramiento en el drenaje, para este

reconocimiento es esencial que participen los especialistas de diseño vial, geotecnia e hidráulica además de la especialidad de estructuras.

- Se recomienda que el nuevo trazado siga por la vía existente, para así minimizar los costos por movimientos de tierras, pero durante el reconocimiento de campo se debe analizar no solo la vía existente, sino abarcar toda un área observando una franja lo más ancha posible a ambos lados de la vía para tener datos si es que en el transcurso del proyecto se necesita modificar el trazado.
- Durante el trazado se debe tener en cuenta los efectos potenciales de la carretera en el desarrollo económico de los lugares que atraviesa, potenciales como el desarrollo turístico o agropecuario y estimar los efectos que pueda tener en el medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

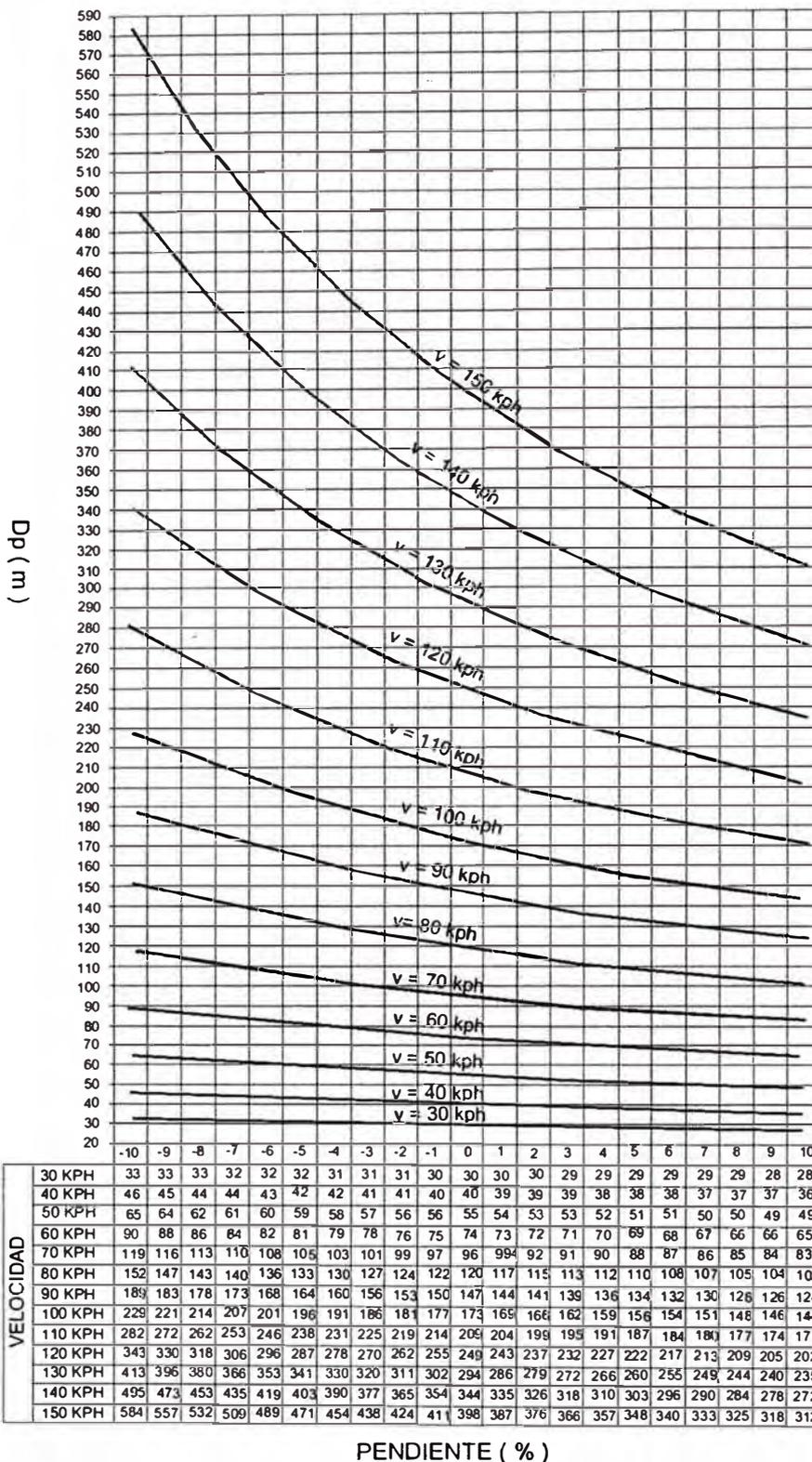
- Cardenas Grisales, James, "Diseño Geométrico de Carreteras", 1º edición, Bogota, 2002.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), "Manual de Diseño Geométrico de carreteras (DG-2001)", 2º edición, Lima-Peru, 2001
- Carmen Medrano, Jaime Rubino, "Proyecto mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Cocachaca-Matucana del Km 59+000 al Km 62+000, diseño geométrico incrementando bermas y curvas de transición", Lima-Peru, 2006
- Ortiz Guzmán, Jorge Martín, "Mejoramiento del flujo vehicular en la Carretera Cocachaca-Matucana del Km 67+000 al Km 70+000, carril de ascenso, diseño geométrico, señalización y seguridad vial", Lima-Perú, 2006
- Tam Rodriguez, Felix Fernando, "Diseño de una carretera utilizando las nuevas normas de diseño geométrico y asistido por computadora", Lima-Peru, 2004.
- AASHTO Technical Committee on Geometric Design, "2011 AASHTO Green Book", USA, 2012
- Paraud, R. , "Caminos I-II, apuntes del curso de caminos", 1º edición, Universidad nacional de Ingeniería, Lima-Peru.
- Céspedes Abanto, José, "Carreteras, diseño moderno" 1º edición, Cajamarca-Perú, 2001.

ANEXOS

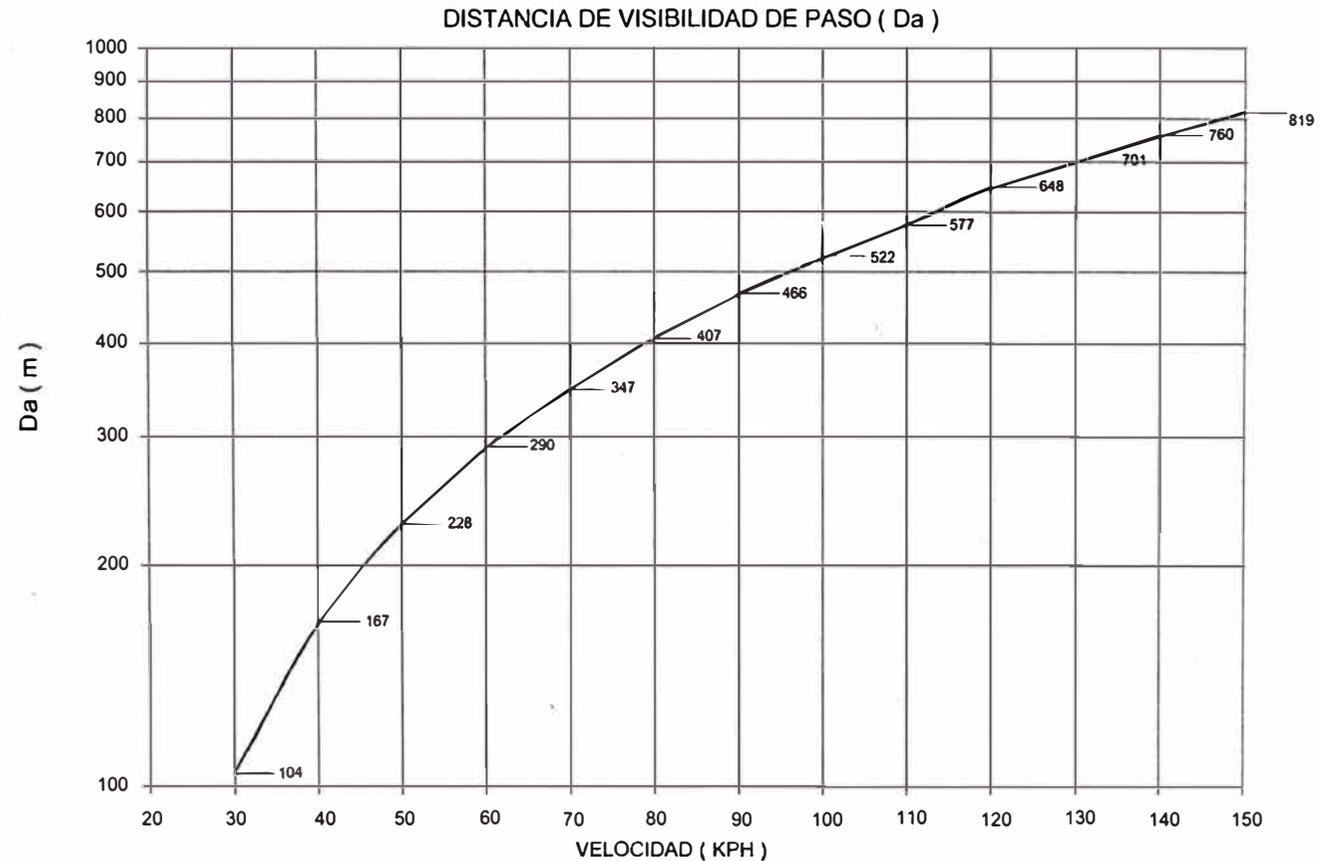
ANEXO A

Tablas y figuras DG-2001

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (Dp)



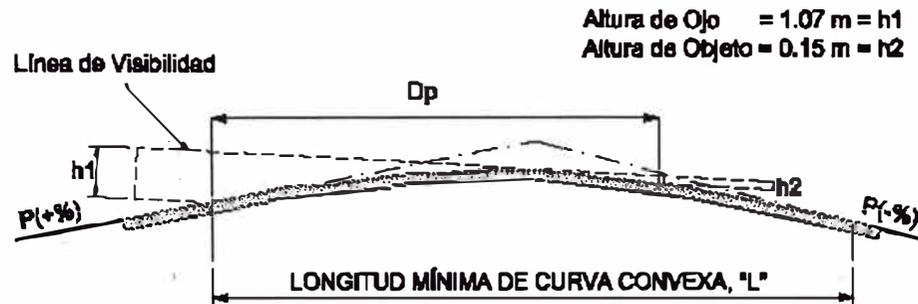
Anexo A-1.- Distancia de visibilidad de parada
Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras



V (kph)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
D_a (m)	110	170	230	290	350	410	470	530	580	650	700	760	820

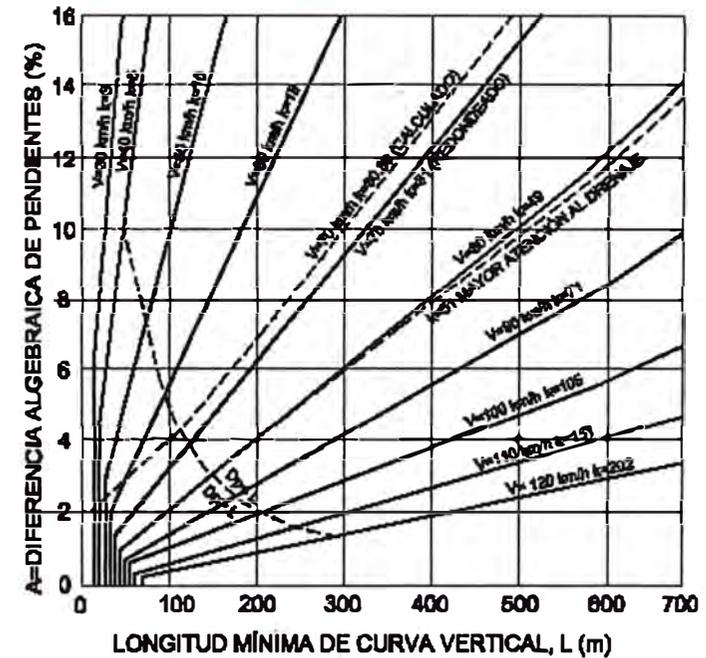
Anexo A-2.- Distancia de visibilidad de parada
 Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras

LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL PARABÓLICA CON DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA



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

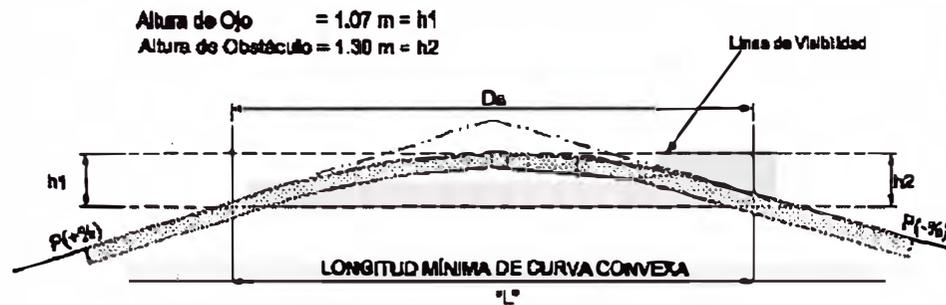
Para $D_p > L$ $L = 2D_p - \frac{404}{A}$	Para $D_p < L$ $L = \frac{AD_p^2}{404}$
--	--



Anexo A-3.-Longitud mínima de curva vertical parabólica con distancia de visibilidad de parada

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2001.

LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL CONVEXA CON VISIBILIDAD DE PASO

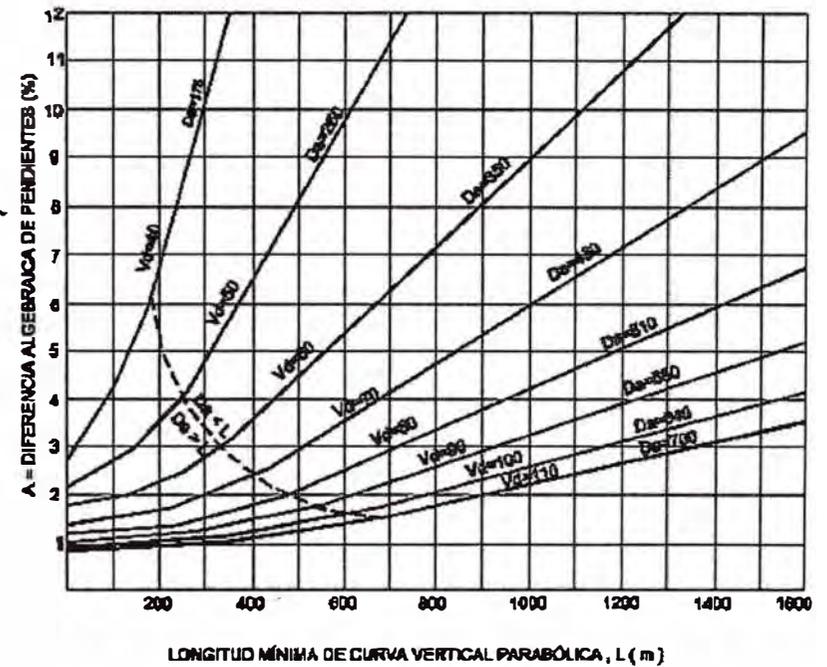


L = Longitud de la Curva Vertical (m)
 D = Distancia de Visibilidad de Paso (m)
 V = Velocidad de Diseño (km/h)
 A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%)

Para $D_s > L$ Para $D_s < L$

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

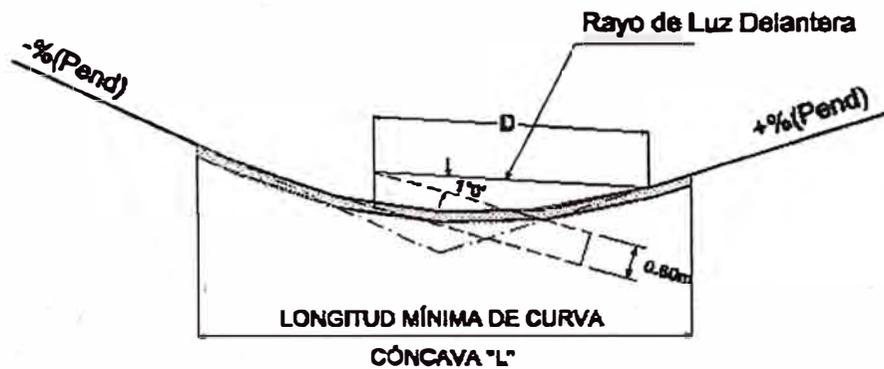
$$L = \frac{AD_s^2}{946}$$



Anexo A-4.-Longitud mínima de curva vertical parabólica con distancia de visibilidad de paso.

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2001.

LONGITUD MÍNIMA DE CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS



L = Longitud de la Curva Vertical (m)
D = Distancia desde los Fieos a la Resaca (m)
V = Velocidad de diseño (km/h)
A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%)

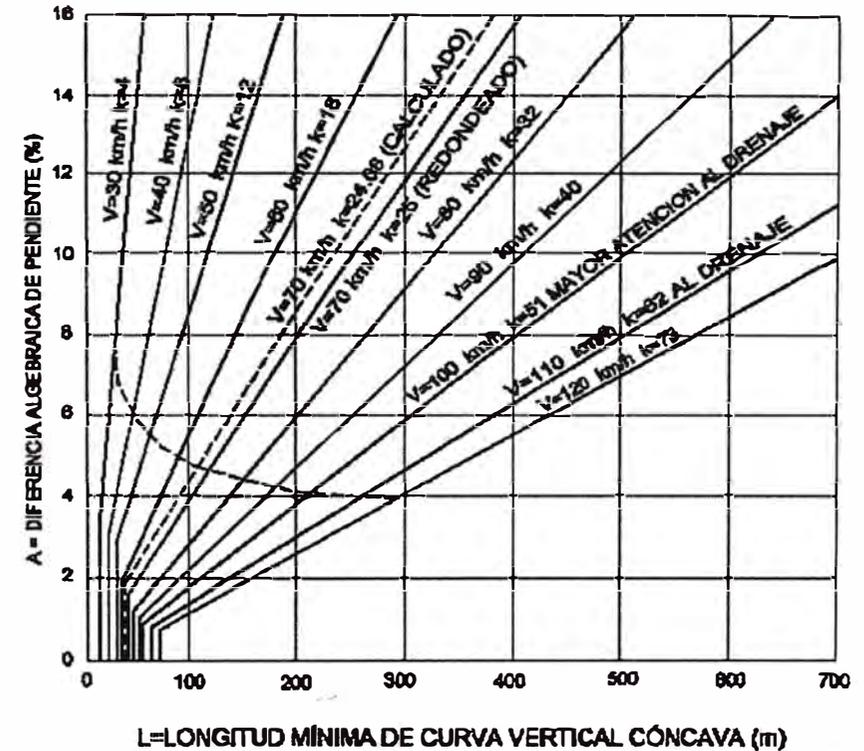
D = Dp

Dp > L

$$L = 2Dp - \left(\frac{120 + 3,50 Dp}{A} \right)$$

Dp < L

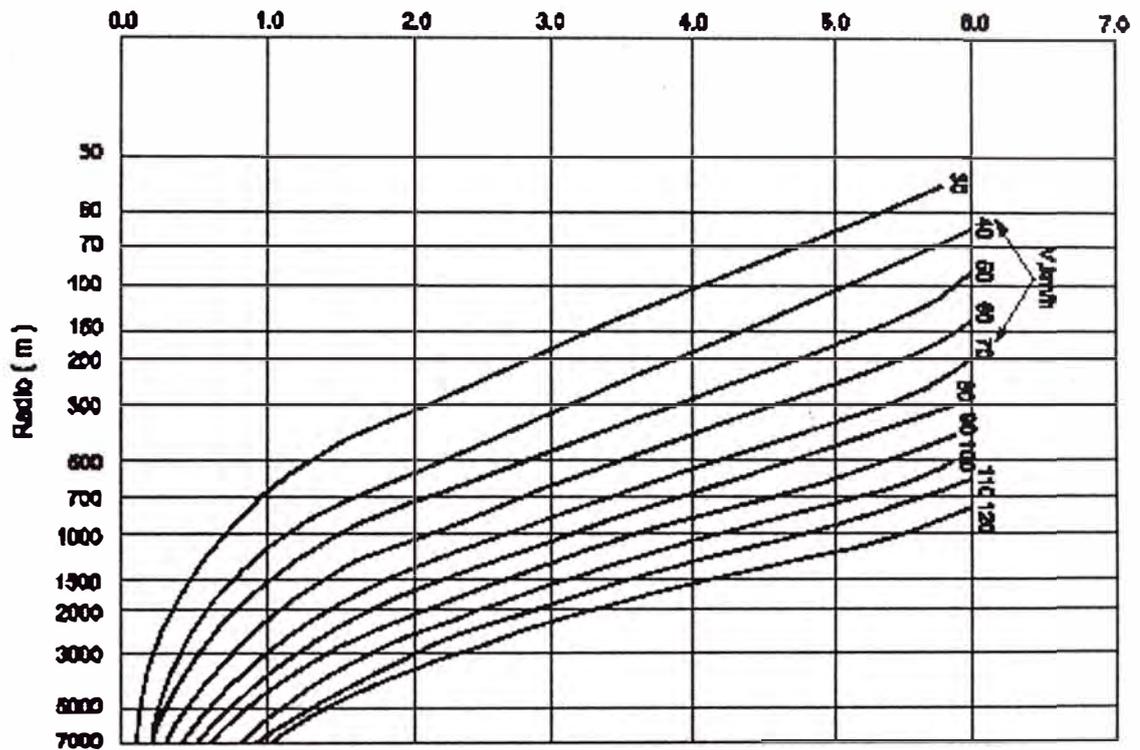
$$L = \frac{A Dp^2}{120 + 3,5 Dp}$$



Anexo A-5.-Longitud mínima de curva verticales cóncavas

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2001

PERALTE EN ZONAS CON PELIGRO DE HIELO



Anexo A-6.-Peralte en zonas con peligro de hielo

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2001

ANEXO B

Datos del estudio de tráfico

AÑO	Vehiculos Livianos						Omnibus			Camiones			Camiones Semitrayers					Camiones Traylers				Total Veh. Livianos	Total Veh. Pesados	TOTAL	
	Autos	S. Wagon	Pick Up	Panel	C. Rural	Micros	2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2				>=3T3
2012	8	25	118	10	49	17	17	0	0	59	11	5	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	228	95	323
2013	9	25	119	10	50	17	18	0	0	61	12	5	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	230	99	329
2014	10	29	138	12	58	20	22	0	0	73	14	6	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	266	119	385
2015	10	29	139	12	58	20	23	0	0	77	15	6	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	268	125	393
2016	11	29	140	12	58	20	24	0	0	80	16	7	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	270	131	401
2017	11	29	141	12	59	20	25	0	0	84	17	7	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	272	137	409
2018	11	30	142	12	59	20	26	0	0	88	17	7	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	274	143	417
2019	11	30	144	12	60	20	27	0	0	92	18	8	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	276	150	426
2020	11	30	145	12	60	21	29	0	0	96	19	8	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	279	157	436
2021	11	30	146	12	61	21	30	0	0	101	20	8	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	281	164	445
2022	11	31	147	12	61	21	31	0	0	106	21	9	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	283	172	455
2023	11	31	148	12	62	21	33	0	0	111	22	9	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	285	180	465
2024	11	31	149	12	62	21	34	0	0	116	23	9	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	288	188	476
2025	11	31	151	13	63	21	36	0	0	121	24	10	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	290	197	487
2026	11	32	152	13	63	22	38	0	0	127	25	10	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	292	206	498
2027	11	32	153	13	64	22	40	0	0	133	26	11	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	295	216	510
2028	12	32	154	13	64	22	41	0	0	139	27	11	0	0	0	0	2	5	0	0	0	0	297	226	523
2029	12	32	156	13	65	22	43	0	0	145	29	12	0	0	0	0	2	5	0	0	0	0	299	236	536
2030	12	33	157	13	65	22	45	0	0	152	30	12	0	0	0	0	2	5	0	0	0	0	302	247	549
2031	12	33	158	13	66	22	47	0	0	159	31	13	0	0	0	0	3	5	0	0	0	0	304	259	563
2032	12	33	159	13	66	23	50	0	0	167	33	14	0	0	0	0	3	5	0	0	0	0	307	271	578
2033	12	33	161	13	67	23	52	0	0	174	34	14	0	0	0	0	3	6	0	0	0	0	309	284	593
2034	12	34	162	13	67	23	54	0	0	183	36	15	0	0	0	0	3	6	0	0	0	0	312	297	608

ANEXO C

CALCULO DEL SOBREENCHO

CALCULO DEL SOBREANCHO

Sea una curva de camino, llamaremos R_i y R_e a los radios de la curva, tendremos

$$R_i + \frac{c}{2} = L(\cot \alpha) \quad \Rightarrow \quad R_i = L(\cot \alpha) - \frac{c}{2}$$

$$L = \left(R_e - \frac{c}{2}\right) \operatorname{sen} \alpha$$

$$\frac{L}{\operatorname{sen} \alpha} = R_e - \frac{c}{2}$$

$$R_e = \frac{L}{\operatorname{sen} \alpha} + \frac{c}{2}$$

Restamos R_i

$$R_e - R_i = \frac{L}{\operatorname{sen} \alpha} + \frac{c}{2} - \left(L \cot \alpha - \frac{c}{2}\right)$$

$$R_e - R_i = L \left(\frac{1}{\operatorname{sen} \alpha} - \cot \alpha \right) + c$$

Como el ancho en recta es c , el sobrancho exterior que la curva exige es:

$$S = L \left(\frac{1}{\operatorname{sen} \alpha} - \cot \alpha \right)$$

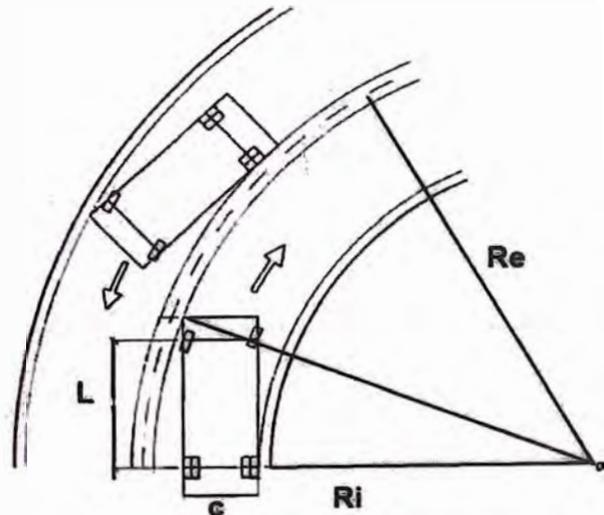
Si R es el radio medio de la curva $\operatorname{sen} \alpha = \frac{L}{R}$ y $\cot \alpha = \frac{\sqrt{R^2 - L^2}}{L}$

podemos determinar por la fórmula anterior el sobrancho necesario.

$$S_a = \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right)$$

En las normas peruanas, el sobrancho se ha hecho mediante la fórmula americana de la AASTHO de donde para cualquier número de carriles por calzada, el sobrancho es

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



Esta expresión supone que el vehículo podrá viajar a la velocidad de diseño; la posición relativa de las ruedas depende de la velocidad, para lo cual se sugiere agregar un factor de seguridad llegando a la siguiente expresión:

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

El cálculo del sobreancho para asegurar un vehículo T3S2 donde la longitud a considerar es:

Para L= 13.66m

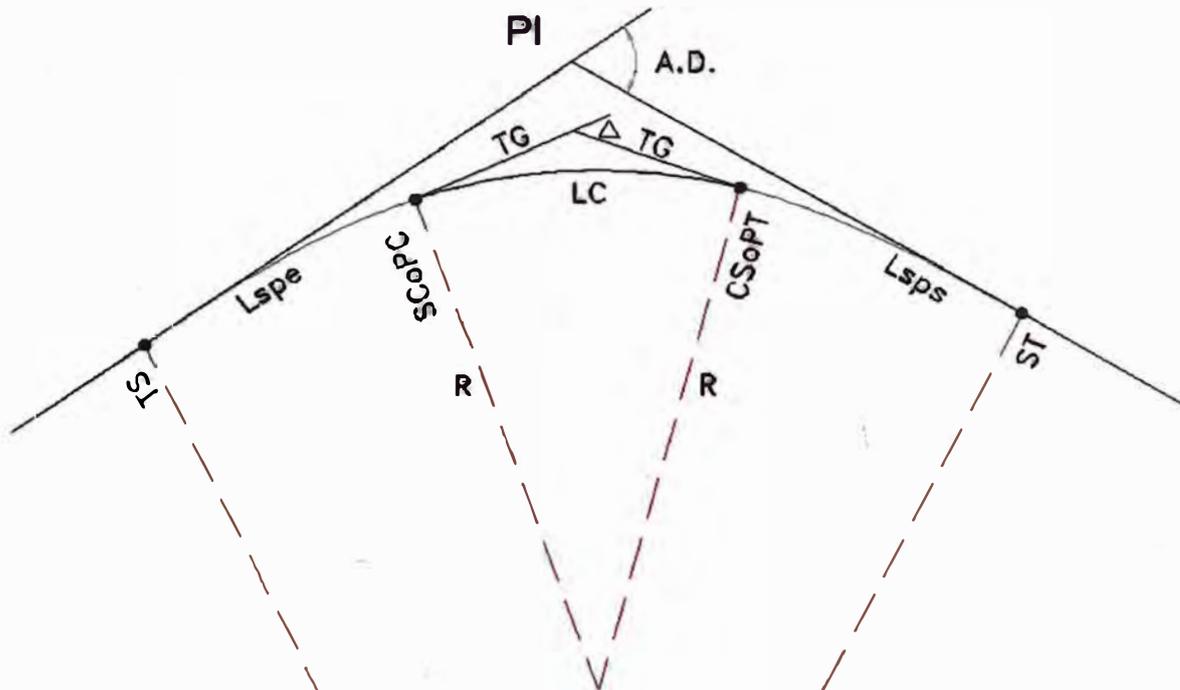
R	V=30 kph	
	Calc. m	Recom. m
25	8.72	8.80
28	7.68	7.70
30	7.12	7.20
35	6.05	6.10
37	5.72	5.80
40	5.28	5.30
45	4.69	4.70
50	4.22	4.30
55	3.85	3.90
60	3.53	3.60
70	3.05	3.10
80	2.68	2.70
90	2.40	2.40
100	2.17	2.20
120	1.83	1.90
130	1.70	1.70
150	1.49	1.50
200	1.14	1.20
250	0.93	1.00

ANEXO D

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA

UNI FIC		ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES											Código de Proyecto : UNI-FIC-2014		
Proyecto :		Diseño Geométrico de la carretera PE-3SG											Página : 01 de 01		
Etapa :		Informe de suficiencia											Especialidad : DISEÑO VIAL		
Hecho por :		JGP			N° Plano :			Fecha : Marzo 2014			Revisión :				
C.No	S	A.D.	R	T.G.	L.C.	Lsp e	TS	SC ò PC	PI	CS ò PT	ST	Lsp s	P %	COORDENADAS	
														NORTE	ESTE
INICIO									55+000.000					8385412.401	208136.259
1	I	79°46'17"	90	49.365	90.305	35.000	55+122.185	55+157.185	55+215.350	55+247.490	55+282.490	35.000	4.5	8385612.201	208216.606
2	I	76°01'19"	40	9.194	18.073	35.000	55+407.078	55+442.078	55+456.721	55+460.151	55+495.151	35.000	5.5	8385754.435	207990.177
3	I	51°44'09"	65	11.979	23.693	35.000	55+615.411	55+650.411	55+664.767	55+674.104	55+709.104	35.000	5.0	8385602.438	207832.154
4	I	40°53'44"	90	17.329	34.238	30.000	55+826.062	55+856.062	55+874.759	55+890.300	55+920.300	30.000	4.5	8385388.462	207853.219
5A	D	98°38'29"	30	21.004	36.649	30.000	55+915.071	55+945.071	55+966.292	55+981.719			5.5	8385323.304	207921.924
5B	D	98°38'37"	30	21.005	36.650			55+981.719	56+007.986	56+018.369	56+048.369	30.000	5.5	8385285.748	207873.640
6	I	12°43'15"	250	12.764	25.505	30.000	56+041.278	56+071.278	56+084.160	56+096.783	56+126.783	30.000	2.5	8385361.680	207831.146
7	D	76°26'19"	230	181.117	306.844			56+126.783	56+328.125	56+433.627			2.5	8385543.306	207667.875
8A	I	96°59'17"	30	20.365	35.783	30.000	56+443.510	56+473.510	56+493.687	56+509.292			5.5	8385742.103	207804.427
8B	I	96°59'36"	30	20.367	35.786			56+494.590	56+528.495	56+530.375	56+560.375	30.000	5.5	8385766.621	207757.322
9	D	14°04'16"	200	9.566	19.118	30.000	56+550.031	56+580.031	56+589.734	56+599.149	56+629.149	30.000	3.0	8385692.120	207729.462
10	D	129°28'48"	35	29.561	49.095	30.000	56+655.328	56+685.328	56+746.670	56+734.423	56+764.423	30.000	5.5	8385562.663	207640.240
11	I	13°16'36"	250	11.473	22.930	35.000	56+783.856	56+818.856	56+830.472	56+841.786	56+876.786	35.000	2.5	8385713.998	207597.002
12	I	26°24'34"	120	10.180	20.312	35.000	56+959.517	56+994.517	57+005.260	57+014.829	57+049.829	35.000	4.0	8385866.806	207511.524
13	I	144°59'45"	30	24.359	40.920	35.000	57+147.946	57+182.946	57+265.715	57+223.866	57+258.866	35.000	5.5	8386014.501	207295.569
14	I	35°29'08"	140	28.748	56.708	30.000	57+299.134	57+329.134	57+359.009	57+385.841	57+415.841	30.000	3.5	8385810.559	207372.335
15	D	58°26'57"	70	21.330	41.409	30.000	57+404.021	57+434.021	57+458.458	57+475.430	57+505.430	30.000	5.0	8385753.413	207457.417
16	D	49°26'57"	140	64.466	120.827			57+637.852	57+702.318	57+758.680			3.5	8385502.297	207447.170
17	D	65°12'31"	100	41.580	78.810	35.000	57+847.242	57+882.242	57+879.013	57+961.052	57+996.052	35.000	4.0	8385387.980	207301.972
FIN	D								58+000.000						

DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LOS ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL



- PI : Punto de intersección de las tangentes
- TS : Punto donde termina la tangente y empieza la espiral
- SC o PC : Punto donde termina la espiral y comienza la curva espiral.
- CS o PT : Punto donde termina la curva circular y empieza la espiral.
- ST : Punto donde termina la espiral y empieza la tangente.
- R : Radio de la curva circular.
- Lc : Longitud de la curva circular.
- Lsp e : Longitud de la espiral de entrada.
- Lsp s : Longitud de la espiral de salida.
- TG : Longitud de la subtangente.
- AD : Ángulo de deflexión de las tangentes.
- Δ : Ángulo de deflexión de las subtangentes de la curva circular.

ANEXO E

VERIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CURVA

VERIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CURVA

Para comprobar que los elementos de curva cumplen con la norma haremos 3 controles.

- 1 El primer control será que en ningún caso se adoptarán longitudes de transición menores a 30m como lo estipula la norma.

$$L \geq 30\text{m}$$

- 2 Deberá cumplir con la longitud mínima de la transición del peralte.

$$i_{p_{max}} = 1.8 - 0.01V$$

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

V : Velocidad de diseño

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

L_{min} = Longitud mínima del tramo de transición del peralte (m)

P_f : Peralte final con su signo

P_i : Peralte inicial con su signo

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

- 3 De la ecuación $A^2 = RxL$

y de

$$A_{min} = \sqrt{\frac{VR}{46.656J} * \left(\frac{V^2}{R} - 1.27P\right)}$$

Despejamos y calculamos L :

$$L = \frac{V}{46.656 * J} * \left(\frac{V^2}{R} - 1.27 * P\right)$$

L: Longitud de la curva de Transición.

V: Velocidad de diseño (kph)

R: Radio de curvatura (m)

J: tasa uniforme (m/seg³)

P: peralte correspondiente a V y R (%)

Se deberá cumplir que

$$\frac{R}{9} \leq L \leq R$$

Para velocidad de 30kph

Curva Nº	Radio m	J m/seg ³	Peralte %	A min	de transición		Lmin peralte	1º	2º	3º
					Calc	Tomado		L ≥ 30m	peralte	R/9 ≤ L ≤ R
1	90	0.5	4.5	56.1	5.51	35	30.8	ok	ok	ok
2	40	0.5	5.5	37.4	19.95	35	35.2	ok	ok	ok
3	65	0.5	5	47.7	9.64	35	33	ok	ok	ok
4	90	0.5	4.5	52	5.51	30	30.8	ok	ok	ok
5A	30	0.5	5.5	30	29.60	30	29.2	ok	ok	ok
5B	30	0.5	5.5	30	29.60	30	29.2	ok	ok	ok
6	250	0.5	2.5	86.6	0.55	30	22	ok	ok	ok
7	230	0.5	2.5	0	0.95	0	22	ok	ok	ok
8A	30	0.5	5.5	30	29.60	30	29.2	ok	ok	ok
8B	30	0.5	5.5	30	29.60	30	29.2	ok	ok	ok
9	200	0.5	3	77.5	0.89	30	24.2	ok	ok	ok
10	35	0.5	5.5	32.4	24.09	30	35.2	ok	ok	ok
11	250	0.5	2.5	93.5	0.55	35	22	ok	ok	ok
12	120	0.5	4	64.8	3.11	35	28.6	ok	ok	ok
13	30	0.5	5.5	32.4	29.60	35	35.2	ok	ok	ok
14	140	0.5	3.5	64.8	2.55	30	26.4	ok	ok	ok
15	70	0.5	5	45.8	8.37	30	33	ok	ok	ok
16	140	0.5	3.5	0	2.55	0	26.4	ok	ok	ok
17	100	0.5	4	59.2	5.04	35	28.6	ok	ok	ok

ANEXO F

FOTOGRAFÍAS



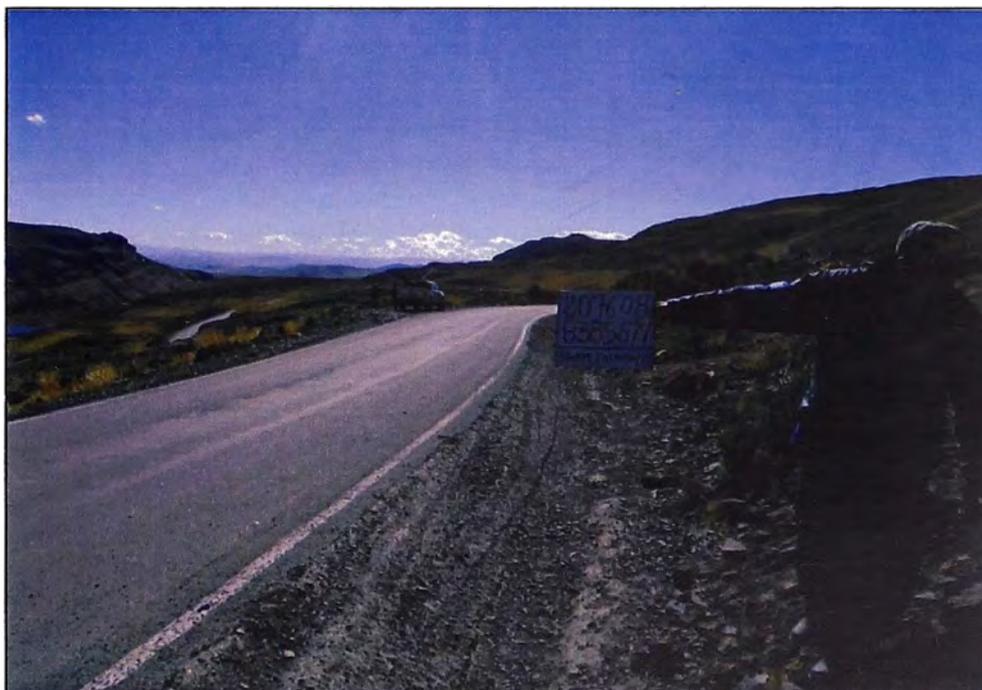
Anexo F-1.- Vista del tipo de topografía
Fuente: Elaboración Propia



Anexo F-2.- Alcantarilla existente del tramo en estudio
Fuente: Elaboración Propia



Anexo F-3.- Alcantarilla tipo tajea existente del tramo en estudio
Fuente: Elaboración Propia



Anexo F-4.-Vista de la superficie de rodadura actual
Fuente: Elaboración Propia

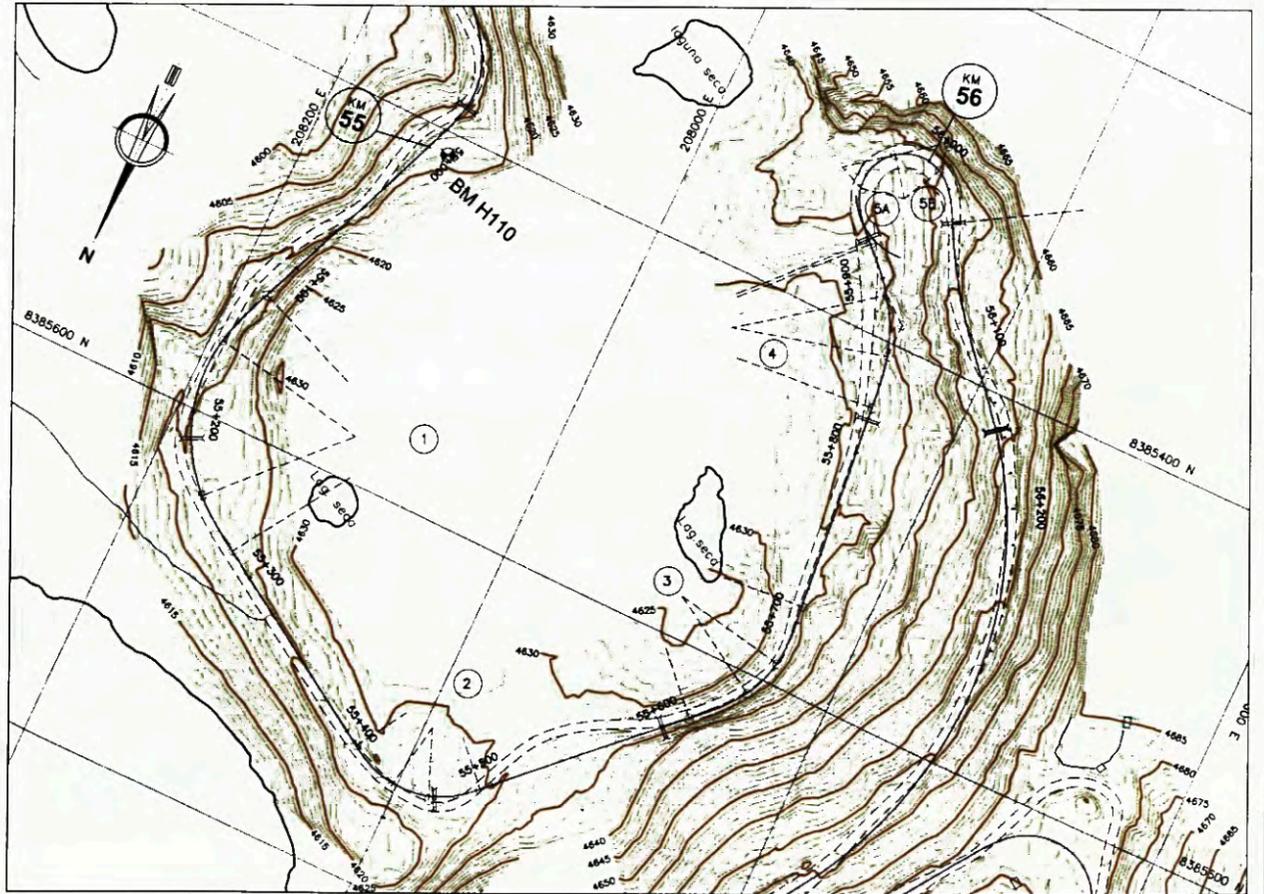


Anexo F-5.- Carpeta asfáltica actual deteriorada
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO G

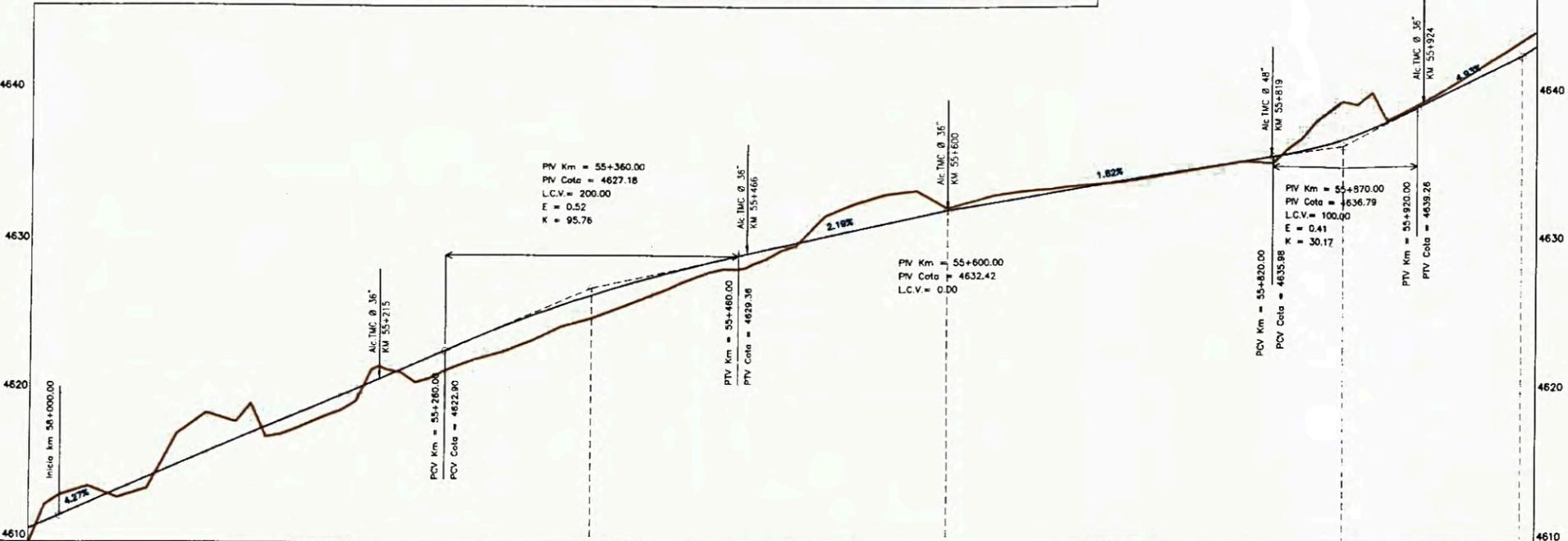
PLANOS

ESCALA
H : 1/2000



ELEMENTOS DE CURVAS																
C.No	S	A.D.	R.	L.C.	Lep.a.	T.S.	SC 6 PC	PI	CS 6 PT	S.T.	Lep.a.	S.A.	P %	COORDENADAS		
													NORTE	ESTE		
1	1	77°46'17"	90.00	30.305	35.00	0+000.00	55+122.19	55+215.35	55+247.49	55+282.49	35.00	0.9	4.5	8385412.401	208136.259	
2	1	76°01'19"	40.00	18.073	35.00	55+407.08	55+442.08	55+456.72	55+460.15	55+495.15	35.00	1.8	5.5	8385754.435	207990.177	
3	1	51°44'08"	65.00	23.693	35.00	55+615.41	55+650.41	55+664.77	55+674.10	55+709.10	35.00	1.2	5.0	8385602.438	207832.154	
4	1	40°53'44"	90.00	34.238	30.00	55+826.06	55+856.06	55+874.76	55+890.30	55+920.30	30.00	0.9	4.5	8385388.462	207853.219	
5A	D	96°38'29"	30.00	36.649	30.00	55+915.07	55+945.07	55+966.29	55+981.72				2.4	5.5	8385323.304	207921.924
5B	D	96°38'37"	30.00	36.650				55+981.72	56+018.37	56+048.37	30.00	2.4	5.5	8385285.748	207873.640	

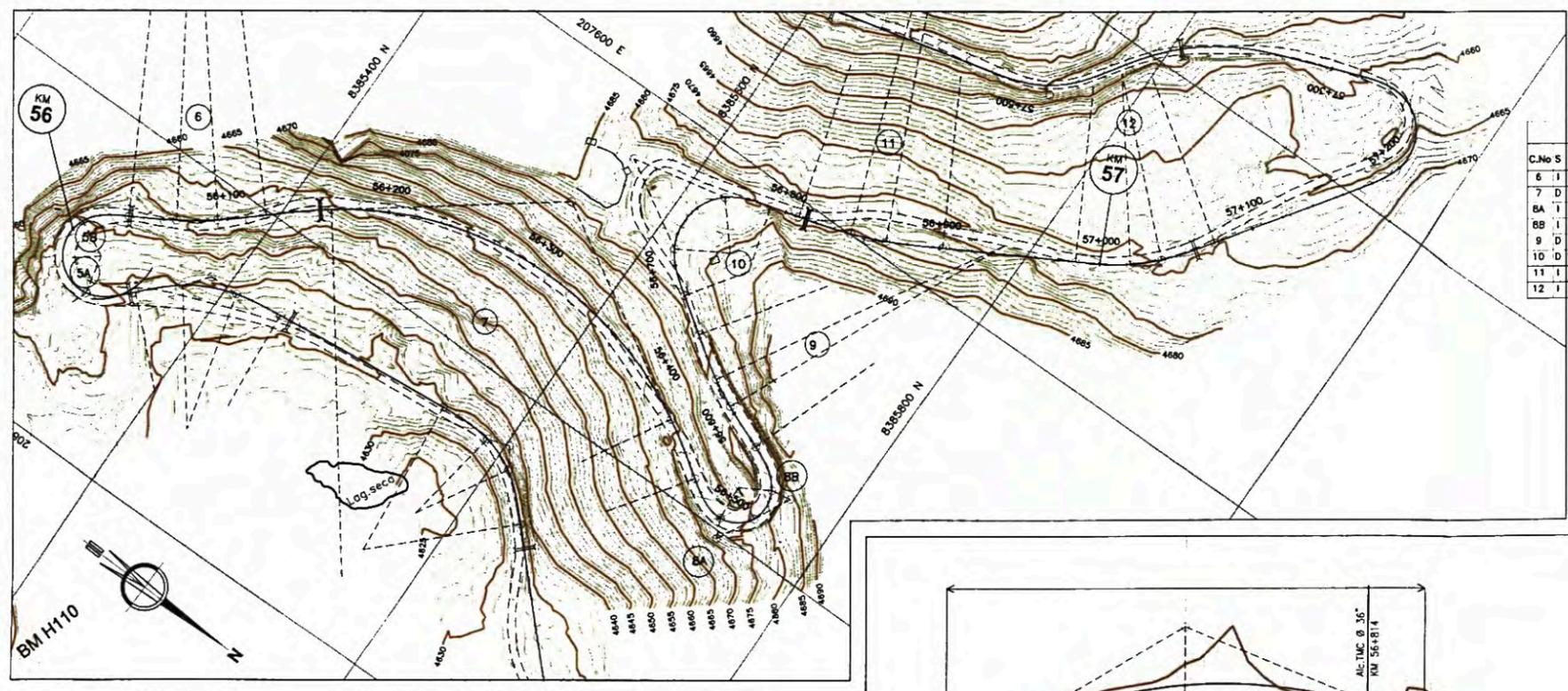
ESCALA
H : 1/2000
V : 1/200



LEYENDA PLANTA	
DESCRIPCION	SIMBOLO
EJE DE CARRETERA PROYECTADA	=====
CARRETERA AFIRMADA EXISTENTE	=====
CANAL	=====
ACEQUIA	=====
ALCANTARILLA	⊃
BADEN, PAVIMENTO RIGIDO	□
RIO	~~~~~
QUEBRADA	~~~~~
CUNETA	— —
CURVAS PRINCIPALES	~
CURVAS SECUNDARIAS	~
CASA	□

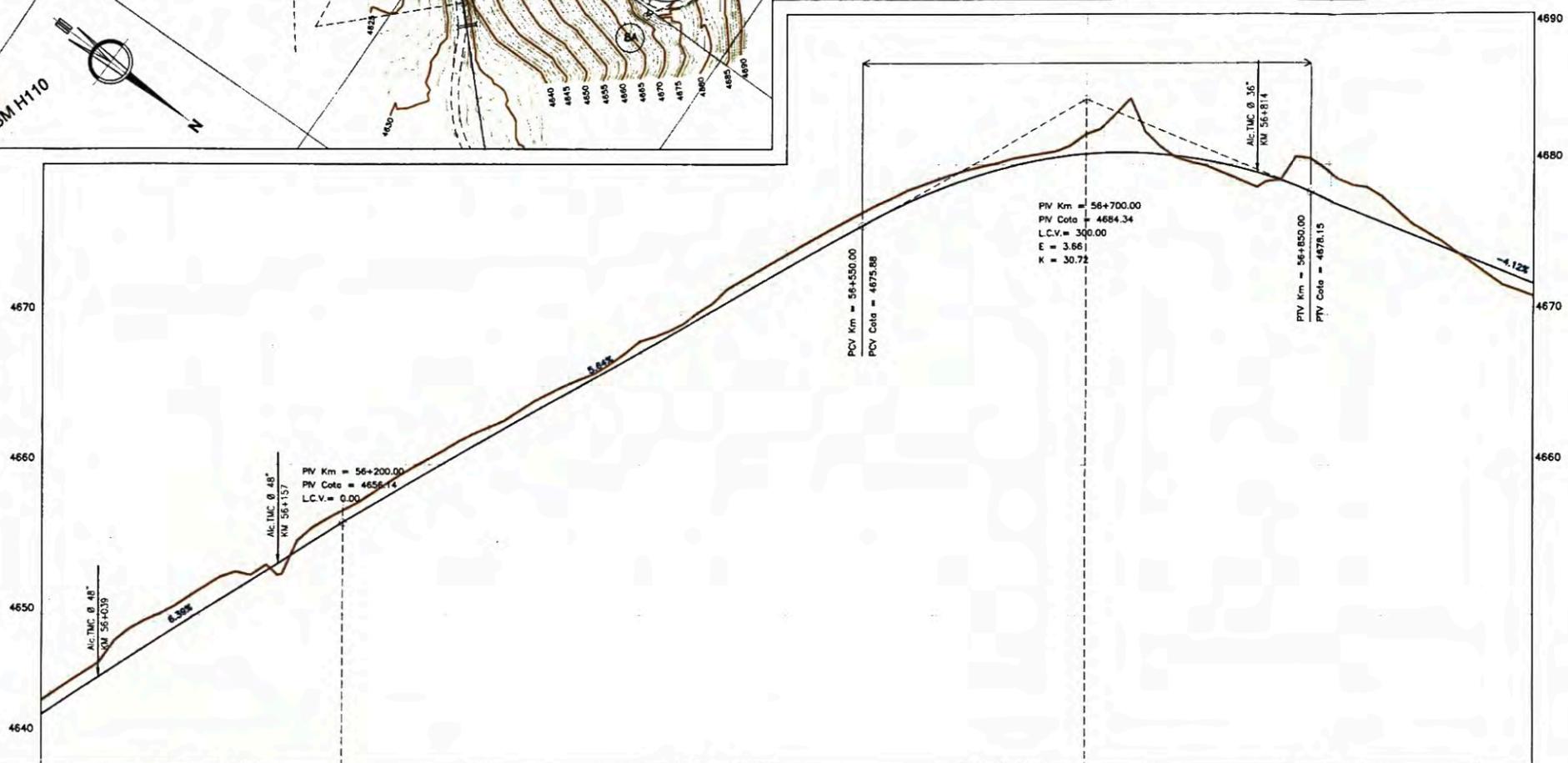
PENDIENTE	4.27% en 740 m										2.19% en 240 m										1.62% en 270 m										4.93% en 120 m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
COTA DE SUBRASANTE	4613.15	4613.46	4613.76	4613.76	4613.07	4613.37	4613.07	4613.50	4613.29	4613.91	4613.60	4614.36	4614.44	4614.78	4617.28	4618.21	4618.63	4618.63	4619.06	4618.53	4619.48	4618.89	4619.91	4619.51	4620.34	4621.62	4622.19	4621.62	4622.05	4622.05	4622.48	4621.56	4622.90	4622.33	4622.74	4622.57	4624.14	4622.84	4624.53	4623.22	4624.91	4623.10	4625.28	4624.08	4625.64	4624.56	4625.99	4624.84	4626.33	4625.17	4626.66	4625.49	4626.99	4625.81	4627.28	4626.26	4627.58	4626.65	4627.85	4627.04	4628.14	4627.57	4628.41	4627.92	4628.66	4627.95	4628.91	4627.94	4629.14	4628.47	4629.36	4628.81	4629.58	4629.18	4629.80	4629.74	4630.07	4630.06	4630.24	4631.07	4630.46	4630.67	4632.48	4630.89	4632.90	4631.11	4633.20	4631.33	4633.51	4631.55	4633.84	4631.77	4634.16	4633.17	4634.70	4632.58	4635.42	4632.85	4635.98	4633.12	4636.75	4633.41	4637.91	4633.56	4639.07	4633.69	4640.23	4633.83	4641.39	4633.79	4642.56	4633.83	4643.86	4633.96	4645.12	4634.06	4646.38	4634.12	4647.64	4634.20	4648.94	4634.44	4651.53	4634.60	4654.69	4634.78	4657.85	4634.97	4661.01	4635.15	4664.17	4635.32	4667.34	4635.48	4670.50	4635.64	4673.66	4635.60	4676.92	4635.60	4680.19	4635.49	4683.46	4635.47	4686.74	4635.37	4690.02	4635.21	4693.29	4634.95	4696.57	4634.51	4700.84	4634.13	4704.12	4633.76	4707.40	4633.49	4710.68	4633.24	4713.94	4632.80	4717.20	4632.24	4720.46	4631.67	4723.72	4630.54	4726.98	4629.41	4730.24	4628.28	4733.50	4627.15	4736.78	4626.02	4740.06	4624.89	4743.34	4623.76	4746.62	4622.63	4749.90	4621.50	4753.18	4620.37	4756.46	4619.24	4759.74	4618.11	4763.02	4616.98	4766.30	4615.85	4769.58	4614.72	4772.86	4613.59	4776.14	4612.46	4779.42	4611.33	4782.70	4610.20	4785.98	4609.07	4789.26	4607.94	4792.54	4606.81	4795.82	4605.68	4799.10	4604.55	4802.38	4603.42	4805.66	4602.29	4808.94	4601.16	4812.22	4600.03	4815.50	4598.90	4818.78	4597.77	4822.04	4596.64	4825.32	4595.51	4828.60	4594.38	4831.88	4593.25	4835.16	4592.12	4838.44	4590.99	4841.72	4589.86	4845.00	4588.73	4848.26	4587.60	4851.54	4586.47	4854.82	4585.34	4858.10	4584.21	4861.36	4583.08	4864.62	4581.95	4867.98	4580.82	4871.30	4579.69	4874.62	4578.56	4877.96	4577.43	4881.20	4576.30	4884.50	4575.17	4887.80	4574.04	4891.10	4572.88	4894.40	4571.75	4897.70	4570.62	4900.00	4569.49	4903.30	4568.36	4906.60	4567.23	4909.90	4566.10	4913.20	4564.97	4916.50	4563.84	4919.80	4562.71	4923.40	4561.58	4926.70	4560.45	4929.00	4559.32	4932.30	4558.19	4935.60	4557.06	4938.90	4555.93	4942.20	4554.80	4945.50	4553.67	4948.80	4552.54	4952.10	4551.41	4955.40	4550.28	4958.70	4549.15	4962.00	4548.02	4965.30	4546.89	4968.60	4545.76	4971.90	4544.63	4975.20	4543.50	4978.50	4542.37	4981.80	4541.22	4985.10	4540.07	4988.40	4538.92	4991.70	4537.77	4995.00	4536.62	4998.30	4535.47	5001.60	4534.32	5004.90	4533.17	5008.20	4532.02	5011.50	4530.87	5014.80	4529.72	5018.10	4528.57	5021.40	4527.42	5024.70	4526.27	5028.00	4525.12	5031.30	4523.97	5034.60	4522.82	5037.90	4521.67	5041.20	4520.52	5044.50	4519.37	5047.80	4518.22	5051.10	4517.07	5054.40	4515.92	5057.70	4514.77	5061.00	4513.62	5064.30	4512.47	5067.60	4511.32	5070.90	4510.17	5074.20	4509.02	5077.50	4507.87	5080.80	4506.72	5084.10	4505.57	5087.40	4504.42	5090.70	4503.27	5094.00	4502.12	5097.30	4500.97	5100.60	4499.82	5103.90	4498.67	5107.20	4497.52	5110.50	4496.37	5113.80	4495.22	5117.10	4494.07	5120.40	4492.92	5123.70	4491.77	5127.00	4490.62	5130.30	4489.47	5133.60	4488.32	5136.90	4487.17	5140.20	4486.02	5143.50	4484.87	5146.80	4483.72	5150.10	4482.57	5153.40	4481.42	5156.70	4480.27	5159.00	4479.12	5162.30	4477.97	5165.60	4476.82	5168.90	4475.67	5172.20	4474.52	5175.50	4473.37	5178.80	4472.22	5182.10	4471.07	5185.40	4469.92	5188.70	4468.77	5192.00	4467.62	5195.30	4466.47	5198.60	4465.32	5201.90	4464.17	5205.20	4463.02	5208.50	4461.87	5211.80	4460.72	5215.10	4459.57	5218.40	4458.42	5221.70	4457.27	5225.00	4456.12	5228.30	4454.97	5231.60	4453.82	5234.90	4452.67	5238.20	4451.52	5241.50	4450.37	5244.80	4449.22	5248.10	4448.07	5251.40	4446.92	5254.70	4445.77	5258.00	4444.62	5261.30	4443.47	5264.60	4442.32	5267.90	4441.17	5271.20	4440.02	5274.50	4438.87	5277.80	4437.72	5281.10	4436.57	5284.40	4435.42	5287.70	4434.27	5291.00	4433.12	5294.30	4431.97	5297.60	4430.82	5300.90	4429.67	5304.20	4428.52	5307.50	4427.37	5310.80	4426.22	5314.10	4425.07	5317.40	4423.92	5320.70	4422.77	5324.00	4421.62	5327.30	4420.47	5330.60	4419.32	5333.90	4418.17	5337.20	4417.02	5340.50	4415.87	5343.80	4414.72	5347.10	4413.57	5350.40	4412.42	5353.70	4411.27	5357.00	4410.12	5360.30	4408.97	5363.60	4407.82	5366.90	4406.67	5370.20	4405.52	5373.50	4404.37	5376.80	4403.22	5380.10	4402.07	5383.40	4400.92	5386.70	4399.77	5390.00	4398.62	5393.30	4397.47	5396.60	4396.32	5400.90	4395.17	5404.20	4394.02	5407.50	4392.87	5410.80	4391.72	5414.10	4390.57	5417.40	4389.42	5420.70	4388.27	5424.00	4387.12	5427.30	4385.97	5430.60	4384.82	5433.90	4383.67	5437.20	4382.52	5440.50	4381.37	5443.80	4380.22	5447.10	4379.07	5450.40	4377.92	5453.70	4376.77	5457.00	4375.62	5460.30	4374.47	5463.60	4373.32	5466.90	4372.17	5470.20	4371.02	5473.50	4369.87	5476.80	4368.72	5480.10	4367.57	5483.40	4366.42	5486.70	4365.27	5490.00	4364.12	5493.30	4362.97	5496.60	4361.82	5500.90	4360.67	5504.20	4359.52	5507.50	4358.37	5510.80	4357.22	5514.10	4356.07	5517.40	4354.92	5520.70	4353.77	5524.00	4352.62	5527.30	4351.47	5530.60	4350.32	5533.90	4349.17	5537.20	4348.02	5540.50	4346.87	5543.80	4345.72	5547.10	4344.57	5550.40	4343.42	5553.70	4342.27	5557.00	4341.12	5560.30	4339.97	5563.60	4338.82	5566.90	4337.67	5570.20	4336.52	5573.50	4335.37	5576.80	4334.22	5580.10	4333.07	5583.40	4331.92	5586.70	4330.77	5590.00	4329.62	5593.30	4328.47	5596.60	4327.32	5600.90	4326.17	5604.20	4325.02	5607.50	4323.87	5610.80	4322.72	5614.10	4321.57	5617.40	4320.42	5620.70	4319.27	5624.00	4318.12	5627.30	4316.97	5630.60	4315.82	5633.90	4314.67	5637.20	4313.52	5640.50	4312.37	5643.80	4311.22	5647.10	4309.97	5650.40	4308.82	5653.70	4307.67	5657.00	4306.52	5660.30	4305.37	5663.60	4304.22	5666.90	4303.07	5670.20	4301.92	5673.50	4300.77	5676.80	4299.62	5680.10	4298.47	5683.40	4297.32	5686.70	4296.17	5690.00	4295.02	5693.30	4293.87	5696.60	4292.72	5700.90	4291.57	5704.20	4290.42	5707.50	4289.27	5710.80	4288.12	5714.10	4286.97	5717.40	4285.82	5720.70	4284.67	5724.00	4283.52	5727.30	4282.37	5730.60	4281.22	5733.90	4280.07	5736.20	4278.92	5739.50	4277.77	5742.80	4276.62	5746.10	4275.47	5750.40	4274.32	5753.70	4273.17	5756.00	4272.02	5760.30	4270.87	5763.60	4269.72	5766.90	4268.57	5770.20	4267.42	5773.50	4266.27	5776.80	4265.12	5780.10	4263.97	5783.40	4262.82	5786.70	4261.67	5790.00	4260.52	5793.30	4259.37	5796.60	4258.22	5800.90	4257.07	5804.20	4255.92	58

ESCALA
H : 1/2000



ELEMENTOS DE CURVAS																	
C.No	S	A.D.	R.	T.G.	L.C.	Lep.e.	T.S.	SC ó PC	PI	CS ó PT	S.T.	Lep.a.	S.A.	P %	COORDENADAS		
														NORTE	ESTE		
6	I	12°43'15"	250.00	12.764	25.505	30.00	56+041.28	56+071.28	56+084.16	56+096.78	56+126.78	30.00	0.4	2.5	8385361.680	207831.146	
7	D	76°26'19"	230.00	181.11	306.84			56+126.78	56+328.13	56+433.63				0.4	2.5	8385543.306	207667.875
8A	I	96°59'17"	30.00	20.365	35.783	30.00	56+443.51	56+473.51	56+493.69	56+509.29				2.4	5.5	8385742.103	207804.427
8B	I	96°59'36"	30.00	20.367	35.786			56+494.59	56+528.49	56+530.38	56+560.38	30.00	2.4	5.5	8385766.621	207757.322	
9	D	14°04'16"	200.00	9.566	19.118	30.00	56+550.03	56+580.03	56+589.73	56+599.15	56+629.15	30.00	0.5	3.0	8385692.120	207729.462	
10	D	128°28'48"	35.00	29.561	49.095	30.00	56+655.33	56+685.33	56+746.87	56+734.42	56+764.42	30.00	2.0	5.5	8385562.663	207640.240	
11	I	13°16'36"	250.00	11.473	22.930	35.00	56+783.86	56+818.86	56+830.47	56+841.79	56+876.79	35.00	0.4	2.5	8385713.998	207597.002	
12	I	26°24'34"	120.00	10.180	20.312	35.00	56+959.52	56+994.52	57+005.26	57+014.83	57+049.83	35.00	0.7	4.0	8385866.806	207511.524	

ESCALA
H : 1/2000
V : 1/200

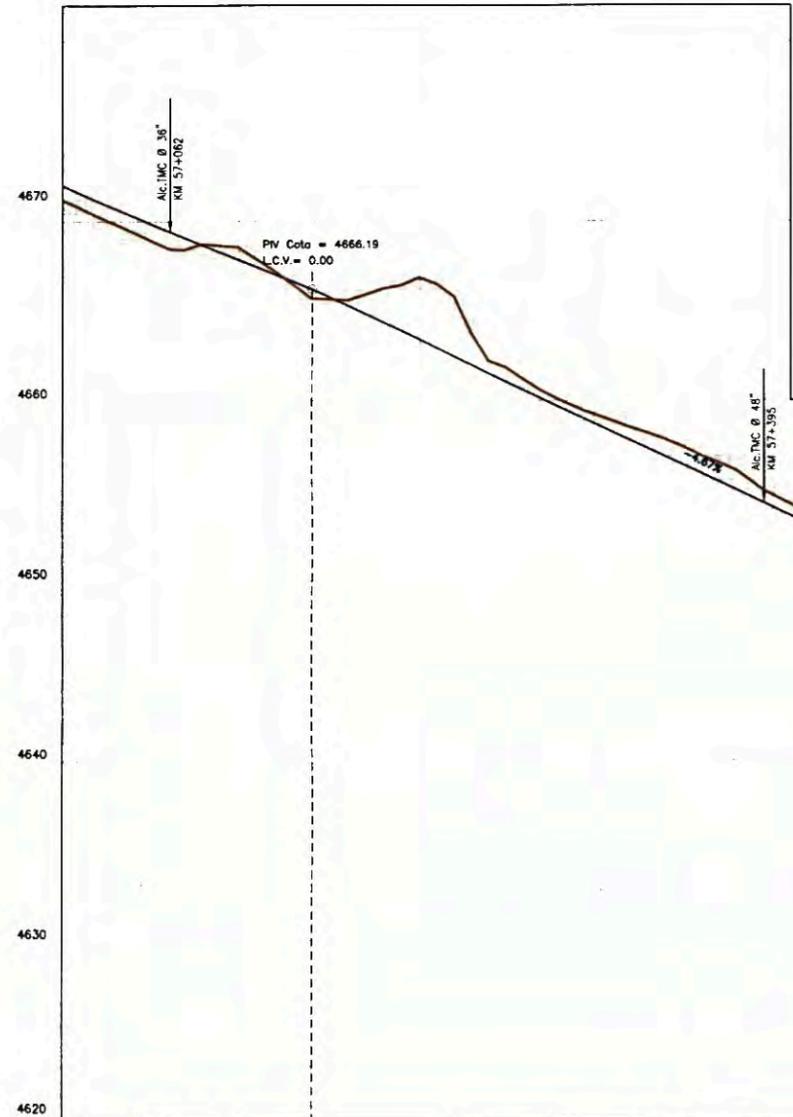
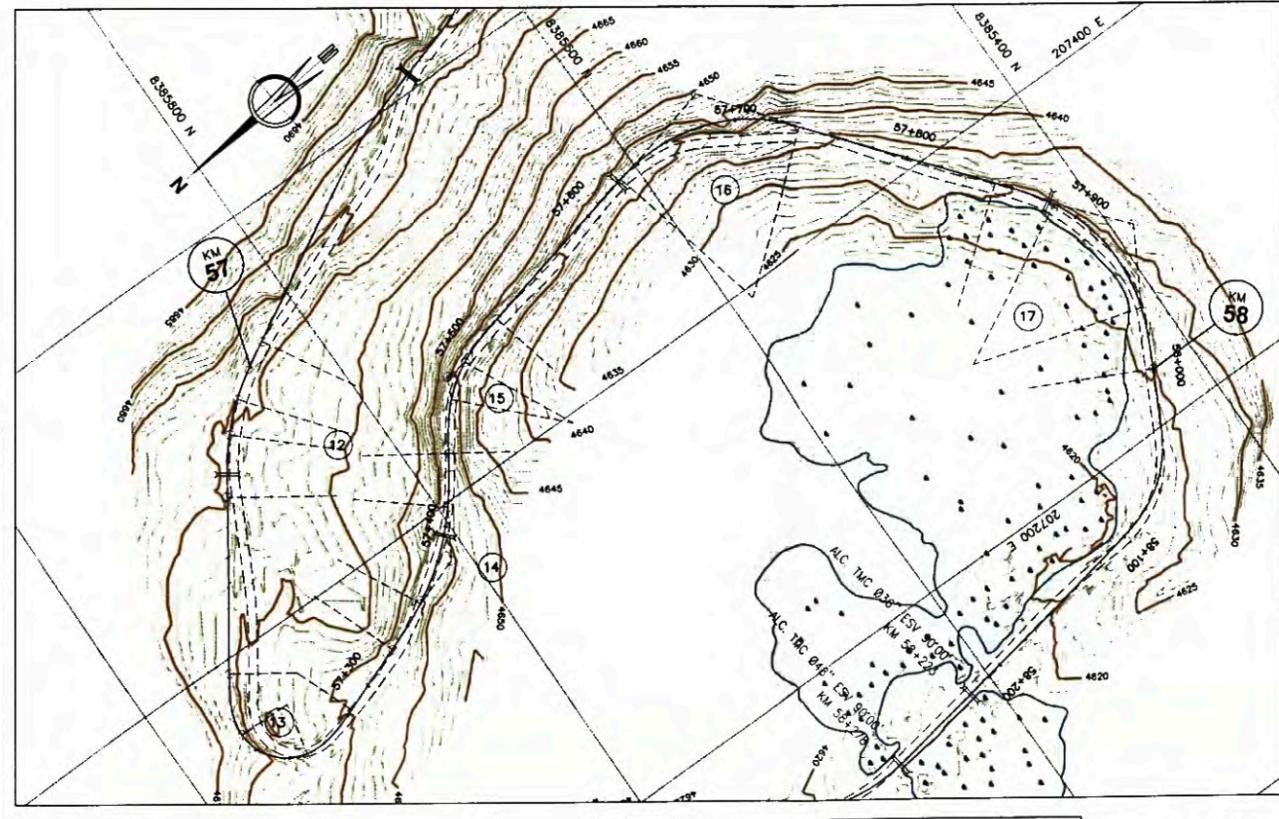


LEYENDA PLANTA	
DESCRIPCION	SIMBOLO
EJE DE CARRETERA PROYECTADA	=====
CARRETERA AFIRMADA EXISTENTE	=====
CANAL	=====
ACEQUIA	=====
ALCANTARILLA	⌈⌋
BADEN, PAVIMENTO RIGIDO	□
RIO	~~~~~
QUEBRADA	~~~~~
CUNETA	=====
CURVAS PRINCIPALES	⤴⤵
CURVAS SECUNDARIAS	⤴⤵
CASA	□

PENDIENTE	6.39 % en 210 m		5.64% en 500 m				-4.12 % en 440m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
COTA DE SUBRASANTE	4644.31	4643.35	4643.99	4644.63	4645.27	4645.91	4646.55	4647.19	4647.83	4648.47	4649.10	4649.74	4650.38	4651.02	4651.66	4652.30	4652.94	4653.58	4654.22	4654.86	4655.50	4656.14	4656.78	4657.42	4658.06	4658.70	4659.34	4659.98	4660.62	4661.26	4661.90	4662.54	4663.18	4663.82	4664.46	4665.10	4665.74	4666.38	4667.02	4667.66	4668.30	4668.94	4669.58	4670.22	4670.86	4671.50	4672.14	4672.78	4673.42	4674.06	4674.70	4675.34	4675.98	4676.62	4677.26	4677.90	4678.54	4679.18	4679.82	4680.46	4681.10	4681.74	4682.38	4683.02	4683.66	4684.30	4684.94	4685.58	4686.22	4686.86	4687.50	4688.14	4688.78	4689.42	4690.06	4690.70	4691.34	4691.98	4692.62	4693.26	4693.90	4694.54	4695.18	4695.82	4696.46	4697.10	4697.74	4698.38	4699.02	4699.66	4700.30	4700.94	4701.58	4702.22	4702.86	4703.50	4704.14	4704.78	4705.42	4706.06	4706.70	4707.34	4707.98	4708.62	4709.26	4709.90	4710.54	4711.18	4711.82	4712.46	4713.10	4713.74	4714.38	4715.02	4715.66	4716.30	4716.94	4717.58	4718.22	4718.86	4719.50	4720.14	4720.78	4721.42	4722.06	4722.70	4723.34	4723.98	4724.62	4725.26	4725.90	4726.54	4727.18	4727.82	4728.46	4729.10	4729.74	4730.38	4731.02	4731.66	4732.30	4732.94	4733.58	4734.22	4734.86	4735.50	4736.14	4736.78	4737.42	4738.06	4738.70	4739.34	4739.98	4740.62	4741.26	4741.90	4742.54	4743.18	4743.82	4744.46	4745.10	4745.74	4746.38	4747.02	4747.66	4748.30	4748.94	4749.58	4750.22	4750.86	4751.50	4752.14	4752.78	4753.42	4754.06	4754.70	4755.34	4755.98	4756.62	4757.26	4757.90	4758.54	4759.18	4759.82	4760.46	4761.10	4761.74	4762.38	4763.02	4763.66	4764.30	4764.94	4765.58	4766.22	4766.86	4767.50	4768.14	4768.78	4769.42	4770.06	4770.70	4771.34	4771.98	4772.62	4773.26	4773.90	4774.54	4775.18	4775.82	4776.46	4777.10	4777.74	4778.38	4779.02	4779.66	4780.30	4780.94	4781.58	4782.22	4782.86	4783.50	4784.14	4784.78	4785.42	4786.06	4786.70	4787.34	4787.98	4788.62	4789.26	4789.90	4790.54	4791.18	4791.82	4792.46	4793.10	4793.74	4794.38	4795.02	4795.66	4796.30	4796.94	4797.58	4798.22	4798.86	4799.50	4800.14	4800.78	4801.42	4802.06	4802.70	4803.34	4803.98	4804.62	4805.26	4805.90	4806.54	4807.18	4807.82	4808.46	4809.10	4809.74	4810.38	4811.02	4811.66	4812.30	4812.94	4813.58	4814.22	4814.86	4815.50	4816.14	4816.78	4817.42	4818.06	4818.70	4819.34	4819.98	4820.62	4821.26	4821.90	4822.54	4823.18	4823.82	4824.46	4825.10	4825.74	4826.38	4827.02	4827.66	4828.30	4828.94	4829.58	4830.22	4830.86	4831.50	4832.14	4832.78	4833.42	4834.06	4834.70	4835.34	4835.98	4836.62	4837.26	4837.90	4838.54	4839.18	4839.82	4840.46	4841.10	4841.74	4842.38	4843.02	4843.66	4844.30	4844.94	4845.58	4846.22	4846.86	4847.50	4848.14	4848.78	4849.42	4850.06	4850.70	4851.34	4851.98	4852.62	4853.26	4853.90	4854.54	4855.18	4855.82	4856.46	4857.10	4857.74	4858.38	4859.02	4859.66	4860.30	4860.94	4861.58	4862.22	4862.86	4863.50	4864.14	4864.78	4865.42	4866.06	4866.70	4867.34	4867.98	4868.62	4869.26	4869.90	4870.54	4871.18	4871.82	4872.46	4873.10	4873.74	4874.38	4875.02	4875.66	4876.30	4876.94	4877.58	4878.22	4878.86	4879.50	4880.14	4880.78	4881.42	4882.06	4882.70	4883.34	4883.98	4884.62	4885.26	4885.90	4886.54	4887.18	4887.82	4888.46	4889.10	4889.74	4890.38	4891.02	4891.66	4892.30	4892.94	4893.58	4894.22	4894.86	4895.50	4896.14	4896.78	4897.42	4898.06	4898.70	4899.34	4899.98	4900.62	4901.26	4901.90	4902.54	4903.18	4903.82	4904.46	4905.10	4905.74	4906.38	4907.02	4907.66	4908.30	4908.94	4909.58	4910.22	4910.86	4911.50	4912.14	4912.78	4913.42	4914.06	4914.70	4915.34	4915.98	4916.62	4917.26	4917.90	4918.54	4919.18	4919.82	4920.46	4921.10	4921.74	4922.38	4923.02	4923.66	4924.30	4924.94	4925.58	4926.22	4926.86	4927.50	4928.14	4928.78	4929.42	4930.06	4930.70	4931.34	4931.98	4932.62	4933.26	4933.90	4934.54	4935.18	4935.82	4936.46	4937.10	4937.74	4938.38	4939.02	4939.66	4940.30	4940.94	4941.58	4942.22	4942.86	4943.50	4944.14	4944.78	4945.42	4946.06	4946.70	4947.34	4947.98	4948.62	4949.26	4949.90	4950.54	4951.18	4951.82	4952.46	4953.10	4953.74	4954.38	4955.02	4955.66	4956.30	4956.94	4957.58	4958.22	4958.86	4959.50	4960.14	4960.78	4961.42	4962.06	4962.70	4963.34	4963.98	4964.62	4965.26	4965.90	4966.54	4967.18	4967.82	4968.46	4969.10	4969.74	4970.38	4971.02	4971.66	4972.30	4972.94	4973.58	4974.22	4974.86	4975.50	4976.14	4976.78	4977.42	4978.06	4978.70	4979.34	4979.98	4980.62	4981.26	4981.90	4982.54	4983.18	4983.82	4984.46	4985.10	4985.74	4986.38	4987.02	4987.66	4988.30	4988.94	4989.58	4990.22	4990.86	4991.50	4992.14	4992.78	4993.42	4994.06	4994.70	4995.34	4995.98	4996.62	4997.26	4997.90	4998.54	4999.18	4999.82	5000.46	5001.10	5001.74	5002.38	5003.02	5003.66	5004.30	5004.94	5005.58	5006.22	5006.86	5007.50	5008.14	5008.78	5009.42	5010.06	5010.70	5011.34	5011.98	5012.62	5013.26	5013.90	5014.54	5015.18	5015.82	5016.46	5017.10	5017.74	5018.38	5019.02	5019.66	5020.30	5020.94	5021.58	5022.22	5022.86	5023.50	5024.14	5024.78	5025.42	5026.06	5026.70	5027.34	5027.98	5028.62	5029.26	5029.90	5030.54	5031.18	5031.82	5032.46	5033.10	5033.74	5034.38	5035.02	5035.66	5036.30	5036.94	5037.58	5038.22	5038.86	5039.50	5040.14	5040.78	5041.42	5042.06	5042.70	5043.34	5043.98	5044.62	5045.26	5045.90	5046.54	5047.18	5047.82	5048.46	5049.10	5049.74	5050.38	5051.02	5051.66	5052.30	5052.94	5053.58	5054.22	5054.86	5055.50	5056.14	5056.78	5057.42	5058.06	5058.70	5059.34	5059.98	5060.62	5061.26	5061.90	5062.54	5063.18	5063.82	5064.46	5065.10	5065.74	5066.38	5067.02	5067.66	5068.30	5068.94	5069.58	5070.22	5070.86	5071.50	5072.14	5072.78	5073.42	5074.06	5074.70	5075.34	5075.98	5076.62	5077.26	5077.90	5078.54	5079.18	5079.82	5080.46	5081.10	5081.74	5082.38	5083.02	5083.66	5084.30	5084.94	5085.58	5086.22	5086.86	5087.50	5088.14	5088.78	5089.42	5090.06	5090.70	5091.34	5091.98	5092.62	5093.26	5093.90	5094.54	5095.18	5095.82	5096.46	5097.10	5097.74	5098.38	5099.02	5099.66	5100.30	5100.94	5101.58	5102.22	5102.86	5103.50	5104.14	5104.78	5105.42	5106.06	5106.70	5107.34	5107.98	5108.62	5109.26	5109.90	5110.54	5111.18	5111.82	5112.46	5113.10	5113.74	5114.38	5115.02	5115.66	5116.30	5116.94	5117.58	5118.22	5118.86	5119.50	5120.14	5120.78	5121.42	5122.06	5122.70	5123.34	5123.98	5124.62	5125.26	5125.90	5126.54	5127.18	5127.82	5128.46	5129.10	5129.74	5130.38	5131.02	5131.66	5132.30	5132.94	5133.58	5134.22	5134.86	5135.50	5136.14	5136.78	5137.42	5138.06	5138.70	5139.34	5139.98	5140.62	5141.26	5141.90	5142.54	5143.18	5143.82	5144.46	5



ESCALA
H : 1/2000



ESCALA
H : 1/2000
V : 1/200

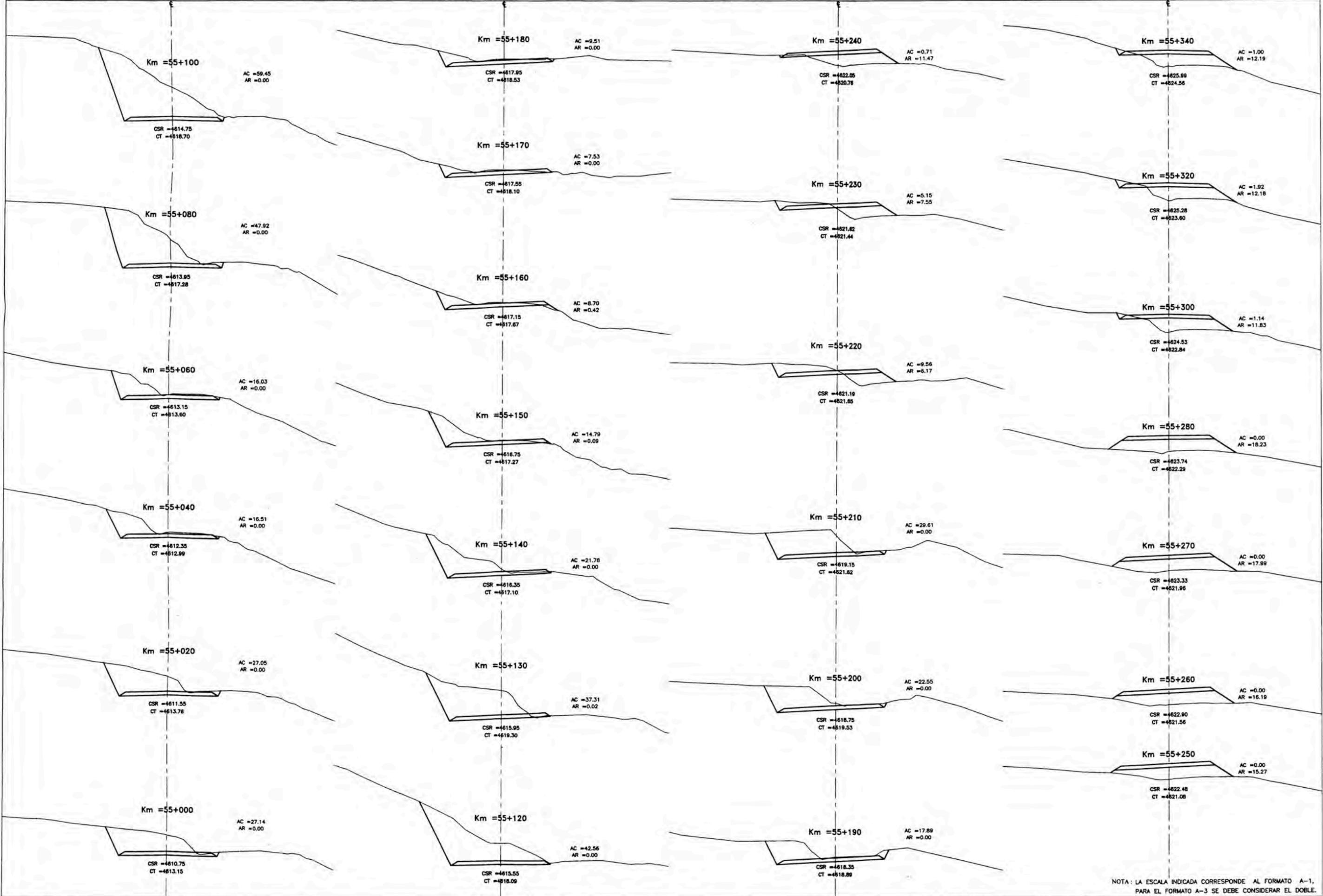
ELEMENTOS DE CURVAS

C.No	S	A.D.	R.	T.G.	L.C.	Lep.a.	T.S.	SC ó PC	PI	CS ó PT	S.T.	Lep.a.	S.A.	P %	COORDENADAS	
															NORTE	ESTE
13	I	144°59'45"	30.00	24.359	40.820	35.00	57+147.95	57+182.95	57+265.72	57+223.87	57+258.87	35.00	2.4	5.5	8386014.501	207295.569
14	I	35°29'08"	140.00	28.748	58.708	30.00	57+299.13	57+329.13	57+359.01	57+385.84	57+415.84	30.00	0.6	3.5	8385810.559	207372.335
15	D	58°26'57"	70.00	21.330	41.409	30.00	57+404.02	57+434.02	57+458.46	57+475.43	57+505.43	30.00	1.1	5.0	8385753.413	207457.417
16	D	49°26'57"	140.00	64.466	20.827			57+637.85	57+702.32	57+758.68					8385502.297	207447.170
17	D	85°12'31"	100.00	41.580	78.810	35.00	57+847.24	57+882.24	57+929.01	57+981.05	57+998.05	35.00	0.8	4.0	8385387.980	207301.972
FIN	D															

LEYENDA PLANTA	
DESCRIPCION	SIMBOLO
EJE DE CARRETERA PROYECTADA	=====
CARRETERA AFIRMADA EXISTENTE	=====
CANAL	=====
ACEQUIA	=====
ALCANTARILLA	⌈ ⌋
BADEN, PAVIMENTO RIGIDO	□
RIO	~~~~~
QUEBRADA	~~~~~
CUNETA	— —
CURVAS PRINCIPALES	⤴ ⤵
CURVAS SECUNDARIAS	⤴ ⤵
CASA	□

LEYENDA PERFIL	
DESCRIPCION	SIMBOLO
SUBRASANTE PROYECTADA	—————
TERRENO EXISTENTE	—————

PENDIENTE	-4.12% en 440 m		-4.67% en 440 m		-5.94% en 230 m		-3.45% en 210 m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
COTA DE SUBRASANTE	4671.16	4671.55	4670.32	4671.14	4669.89	4670.73	4669.45	4670.31	4668.99	4669.90	4668.54	4669.49	4668.72	4668.86	4668.53	4668.25	4667.87	4667.43	4667.19	4667.01	4666.43	4666.60	4665.68	4666.19	4665.52	4665.72	4665.55	4665.26	4665.89	4664.79	4666.22	4664.32	4666.43	4663.86	4666.85	4663.39	4666.50	4662.92	4666.51	4662.46	4666.37	4661.99	4666.22	4661.52	4666.12	4661.06	4665.87	4660.59	4665.58	4660.12	4665.24	4659.65	4659.19	4658.72	4658.26	4657.79	4657.32	4656.86	4656.39	4655.92	4655.46	4655.00	4654.53	4654.06	4653.59	4653.13	4652.66	4652.20	4651.73	4651.27	4650.80	4650.33	4649.86	4649.39	4648.93	4648.46	4647.99	4647.53	4647.06	4646.60	4646.13	4645.66	4645.19	4644.72	4644.25	4643.78	4643.31	4642.84	4642.37	4641.90	4641.43	4640.96	4640.49	4640.02	4639.55	4639.08	4638.61	4638.14	4637.67	4637.20	4636.73	4636.26	4635.79	4635.32	4634.85	4634.38	4633.91	4633.44	4632.97	4632.50	4632.03	4631.56	4631.09	4630.62	4630.15	4629.68	4629.21	4628.74	4628.27	4627.80	4627.33	4626.86	4626.39	4625.92	4625.45	4624.98	4624.51	4624.04	4623.57	4623.10	4622.63	4622.16	4621.69	4621.22	4620.75	4620.28	4619.81	4619.34	4618.87	4618.40	4617.93	4617.46	4616.99	4616.52	4616.05	4615.58	4615.11	4614.64	4614.17	4613.70	4613.23	4612.76	4612.29	4611.82	4611.35	4610.88	4610.41	4609.94	4609.47	4609.00	4608.53	4608.06	4607.59	4607.12	4606.65	4606.18	4605.71	4605.24	4604.77	4604.30	4603.83	4603.36	4602.89	4602.42	4601.95	4601.48	4601.01	4600.54	4600.07	4599.60	4599.13	4598.66	4598.19	4597.72	4597.25	4596.78	4596.31	4595.84	4595.37	4594.90	4594.43	4593.96	4593.49	4593.02	4592.55	4592.08	4591.61	4591.14	4590.67	4590.20	4589.73	4589.26	4588.79	4588.32	4587.85	4587.38	4586.91	4586.44	4585.97	4585.50	4585.03	4584.56	4584.09	4583.62	4583.15	4582.68	4582.21	4581.74	4581.27	4580.80	4580.33	4579.86	4579.39	4578.92	4578.45	4577.98	4577.51	4577.04	4576.57	4576.10	4575.63	4575.16	4574.69	4574.22	4573.75	4573.28	4572.81	4572.34	4571.87	4571.40	4570.93	4570.46	4569.99	4569.52	4569.05	4568.58	4568.11	4567.64	4567.17	4566.70	4566.23	4565.76	4565.29	4564.82	4564.35	4563.88	4563.41	4562.94	4562.47	4562.00	4561.53	4561.06	4560.59	4560.12	4559.65	4559.18	4558.71	4558.24	4557.77	4557.30	4556.83	4556.36	4555.89	4555.42	4554.95	4554.48	4554.01	4553.54	4553.07	4552.60	4552.13	4551.66	4551.19	4550.72	4550.25	4549.78	4549.31	4548.84	4548.37	4547.90	4547.43	4546.96	4546.49	4546.02	4545.55	4545.08	4544.61	4544.14	4543.67	4543.20	4542.73	4542.26	4541.79	4541.32	4540.85	4540.38	4539.91	4539.44	4538.97	4538.50	4538.03	4537.56	4537.09	4536.62	4536.15	4535.68	4535.21	4534.74	4534.27	4533.80	4533.33	4532.86	4532.39	4531.92	4531.45	4530.98	4530.51	4530.04	4529.57	4529.10	4528.63	4528.16	4527.69	4527.22	4526.75	4526.28	4525.81	4525.34	4524.87	4524.40	4523.93	4523.46	4522.99	4522.52	4522.05	4521.58	4521.11	4520.64	4520.17	4519.70	4519.23	4518.76	4518.29	4517.82	4517.35	4516.88	4516.41	4515.94	4515.47	4515.00	4514.53	4514.06	4513.59	4513.12	4512.65	4512.18	4511.71	4511.24	4510.77	4510.30	4509.83	4509.36	4508.89	4508.42	4507.95	4507.48	4507.01	4506.54	4506.07	4505.60	4505.13	4504.66	4504.19	4503.72	4503.25	4502.78	4502.31	4501.84	4501.37	4500.90	4500.43	4499.96	4499.49	4499.02	4498.55	4498.08	4497.61	4497.14	4496.67	4496.20	4495.73	4495.26	4494.79	4494.32	4493.85	4493.38	4492.91	4492.44	4491.97	4491.50	4491.03	4490.56	4490.09	4489.62	4489.15	4488.68	4488.21	4487.74	4487.27	4486.80	4486.33	4485.86	4485.39	4484.92	4484.45	4483.98	4483.51	4483.04	4482.57	4482.10	4481.63	4481.16	4480.69	4480.22	4479.75	4479.28	4478.81	4478.34	4477.87	4477.40	4476.93	4476.46	4475.99	4475.52	4475.05	4474.58	4474.11	4473.64	4473.17	4472.70	4472.23	4471.76	4471.29	4470.82	4470.35	4469.88	4469.41	4468.94	4468.47	4468.00	4467.53	4467.06	4466.59	4466.12	4465.65	4465.18	4464.71	4464.24	4463.77	4463.30	4462.83	4462.36	4461.89	4461.42	4460.95	4460.48	4460.01	4459.54	4459.07	4458.60	4458.13	4457.66	4457.19	4456.72	4456.25	4455.78	4455.31	4454.84	4454.37	4453.90	4453.43	4452.96	4452.49	4452.02	4451.55	4451.08	4450.61	4450.14	4449.67	4449.20	4448.73	4448.26	4447.79	4447.32	4446.85	4446.38	4445.91	4445.44	4444.97	4444.50	4444.03	4443.56	4443.09	4442.62	4442.15	4441.68	4441.21	4440.74	4440.27	4439.80	4439.33	4438.86	4438.39	4437.92	4437.45	4436.98	4436.51	4436.04	4435.57	4435.10	4434.63	4434.16	4433.69	4433.22	4432.75	4432.28	4431.81	4431.34	4430.87	4430.40	4429.93	4429.46	4428.99	4428.52	4428.05	4427.58	4427.11	4426.64	4426.17	4425.70	4425.23	4424.76	4424.29	4423.82	4423.35	4422.88	4422.41	4421.94	4421.47	4421.00	4420.53	4420.06	4419.59	4419.12	4418.65	4418.18	4417.71	4417.24	4416.77	4416.30	4415.83	4415.36	4414.89	4414.42	4413.95	4413.48	4413.01	4412.54	4412.07	4411.60	4411.13	4410.66	4410.19	4409.72	4409.25	4408.78	4408.31	4407.84	4407.37	4406.90	4406.43	4405.96	4405.49	4405.02	4404.55	4404.08	4403.61	4403.14	4402.67	4402.20	4401.73	4401.26	4400.79	4400.32	4399.85	4399.38	4398.91	4398.44	4397.97	4397.50	4397.03	4396.56	4396.09	4395.62	4395.15	4394.68	4394.21	4393.74	4393.27	4392.80	4392.33	4391.86	4391.39	4390.92	4390.45	4389.98	4389.51	4389.04	4388.57	4388.10	4387.63	4387.16	4386.69	4386.22	4385.75	4385.28	4384.81	4384.34	4383.87	4383.40	4382.93	4382.46	4381.99	4381.52	4381.05	4380.58	4380.11	4379.64	4379.17	4378.70	4378.23	4377.76	4377.29	4376.82	4376.35	4375.88	4375.41	4374.94	4374.47	4374.00	4373.53	4373.06	4372.59	4372.12	4371.65	4371.18	4370.71	4370.24	4369.77	4369.30	4368.83	4368.36	4367.89	4367.42	4366.95	4366.48	4366.01	4365.54	4365.07	4364.60	4364.13	4363.66	4363.19	4362.72	4362.25	4361.78	4361.31	4360.84	4360.37	4359.90	4359.43	4358.96	4358.49	4358.02	4357.55	4357.08	4356.61	4356.14	4355.67	4355.20	4354.73	4354.26	4353.79	4353.32	4352.85	4352.38	4351.91	4351.44	4350.97	4350.50	4350.03	4349.56	4349.09	4348.62	4348.15	4347.68	4347.21	4346.74	4346.27	4345.80	4345.33	4344.86	4344.39	4343.92	4343.45	4342.98	4342.51	4342.04	4341.57	4341.10	4340.63	4340.16	4339.69	4339.22	4338.75	4338.28	4337.81	4337.34	4336.87	4336.40	4335.93	4335.46	4334.99	4334.52	4334.05	4333.58	4333.11	4332.64	4332.17	4331.70	4331.23	4330.76	4330.29	4329.82	4329.35	4328.88	4328.41	4327.94	4327.47	4327.00	4326.53	4326.06	4325.59	4325.12	4324.65	4324.18	4323.71	4323.24	4322.77	4322.30	4321.83	4321.36	4320.89	4320.42	4319.95	4319.48	4319.01	4318.54	4318.07	4317.60	4317.13	4316.66	4316.19	4315.72	4315.25	4314.78	4314.31	4313.84	4313.37	4312.90	4312.43	4311.96	4311.49	4311.02	4310.55	4310.08	4309.61	4309.14	4308.67	4308.20	4307.73	4307.26	4306.79	4306.32	4305.85	4305.38	4304.91	4304.44	4303.97	4303.50	4303.03	4302.56	4302.09	4301.62	4301.15	4300.68	4300.21	4299.



NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1. PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Diseño:
Dibujo:
Revisado:
Aprobado:

PROYECTO:

DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA
NACIONAL PE-3SG TRAMO: YAURI-DV. LIVITACA

PLANO:

SECCIONES TRANSVERSALES
KM 55+000 - KM 55+340

ESCALA:

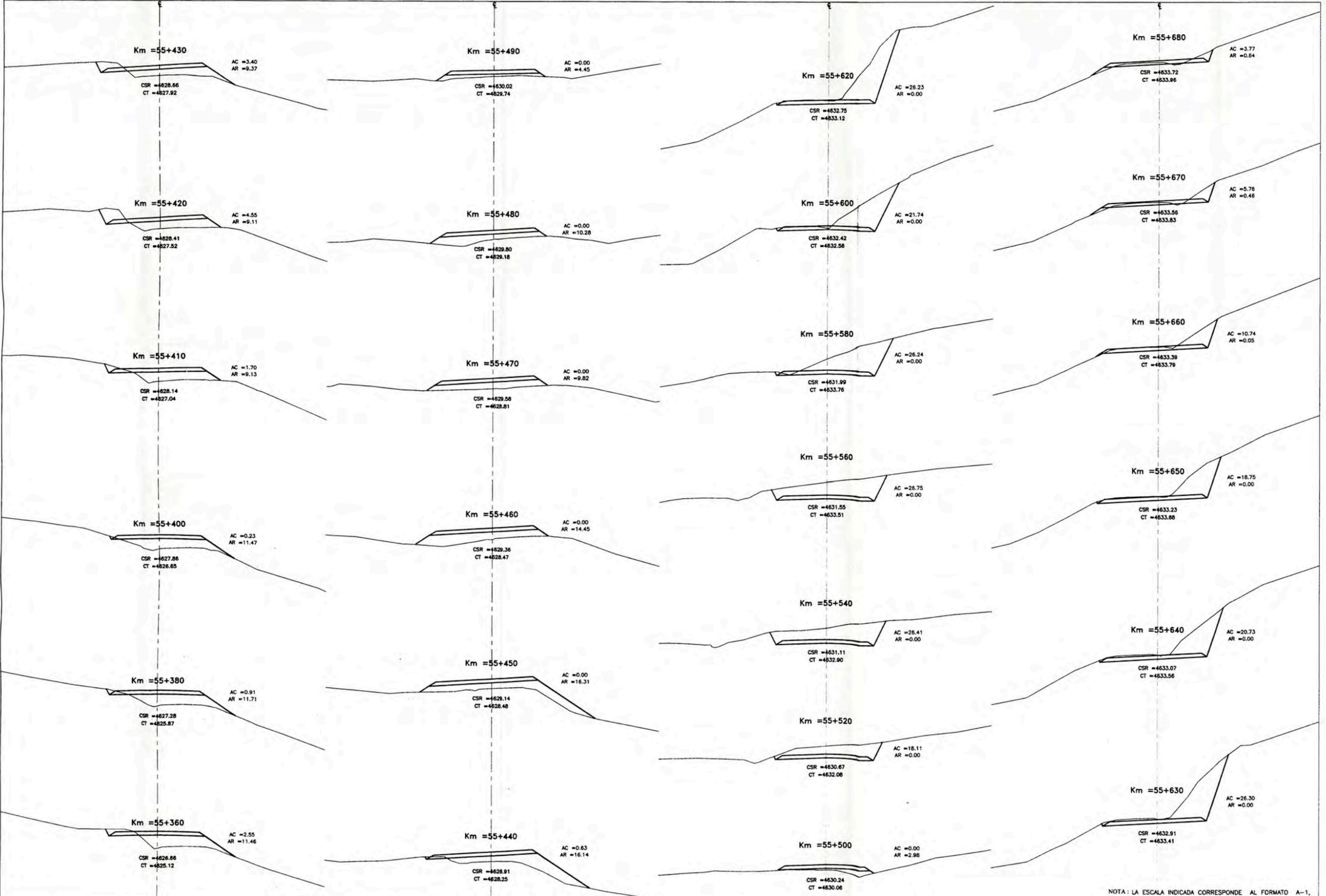
1/200

FECHA:

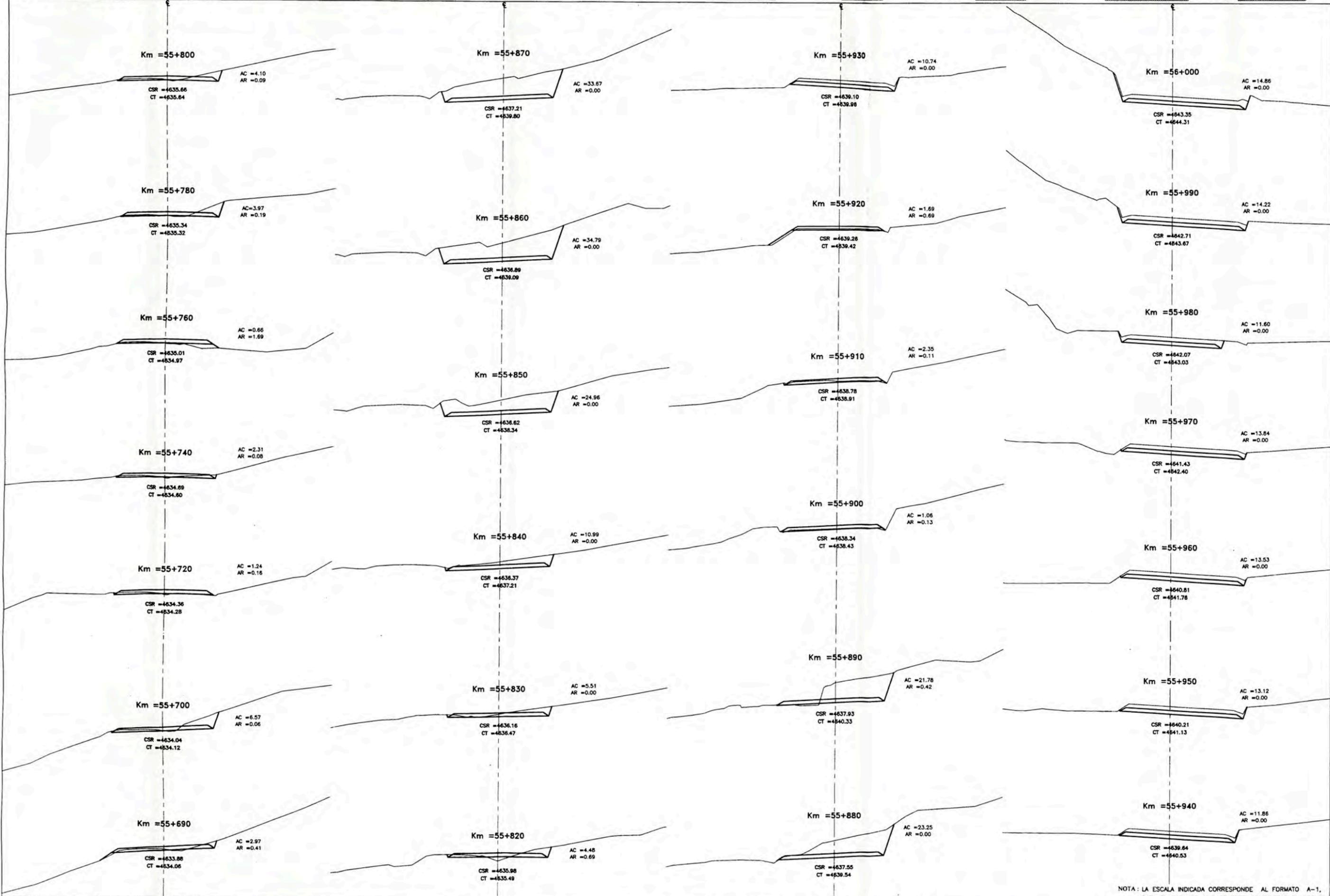
2014

N. DE PLANO:

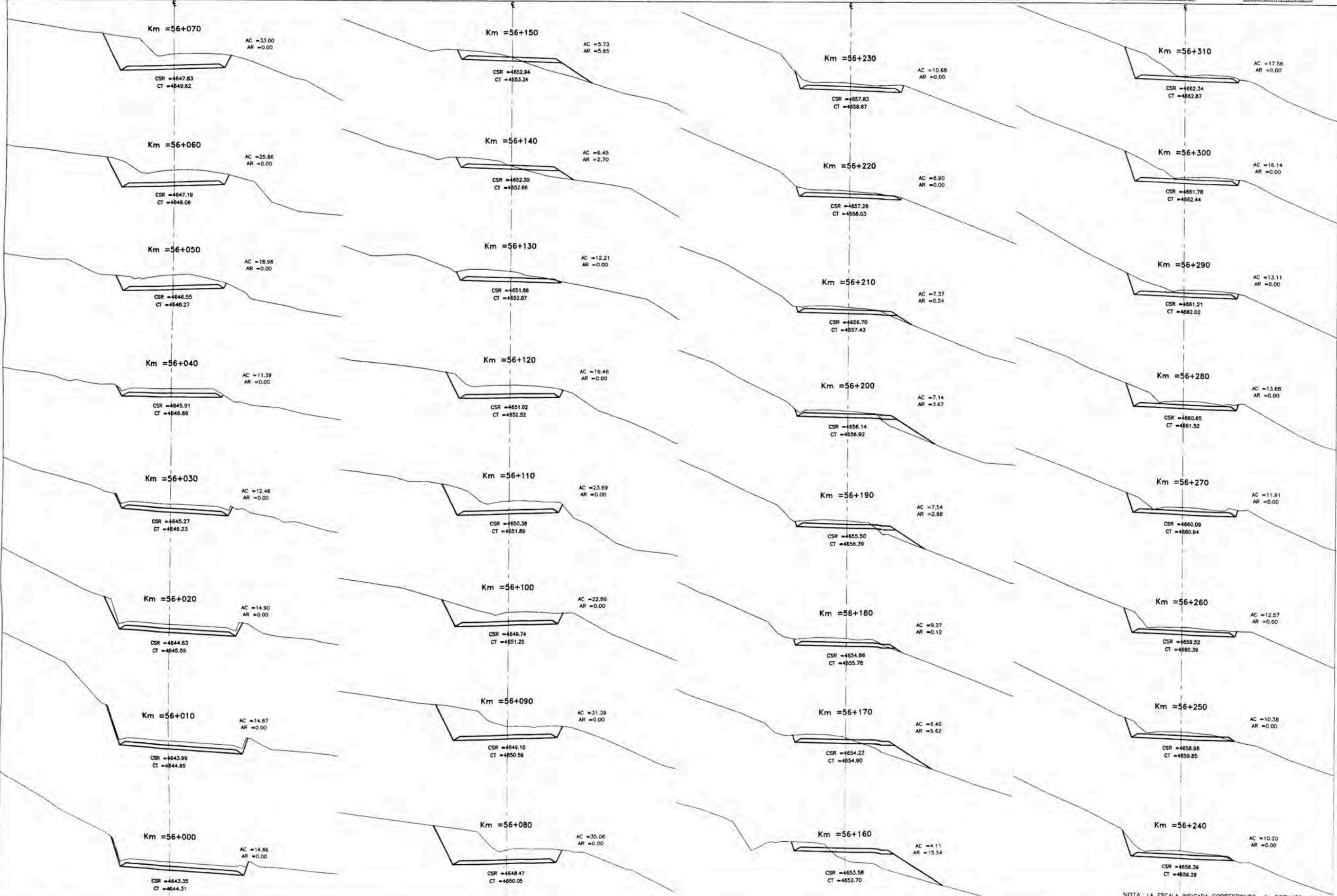
FIC-UNI-ST- 01



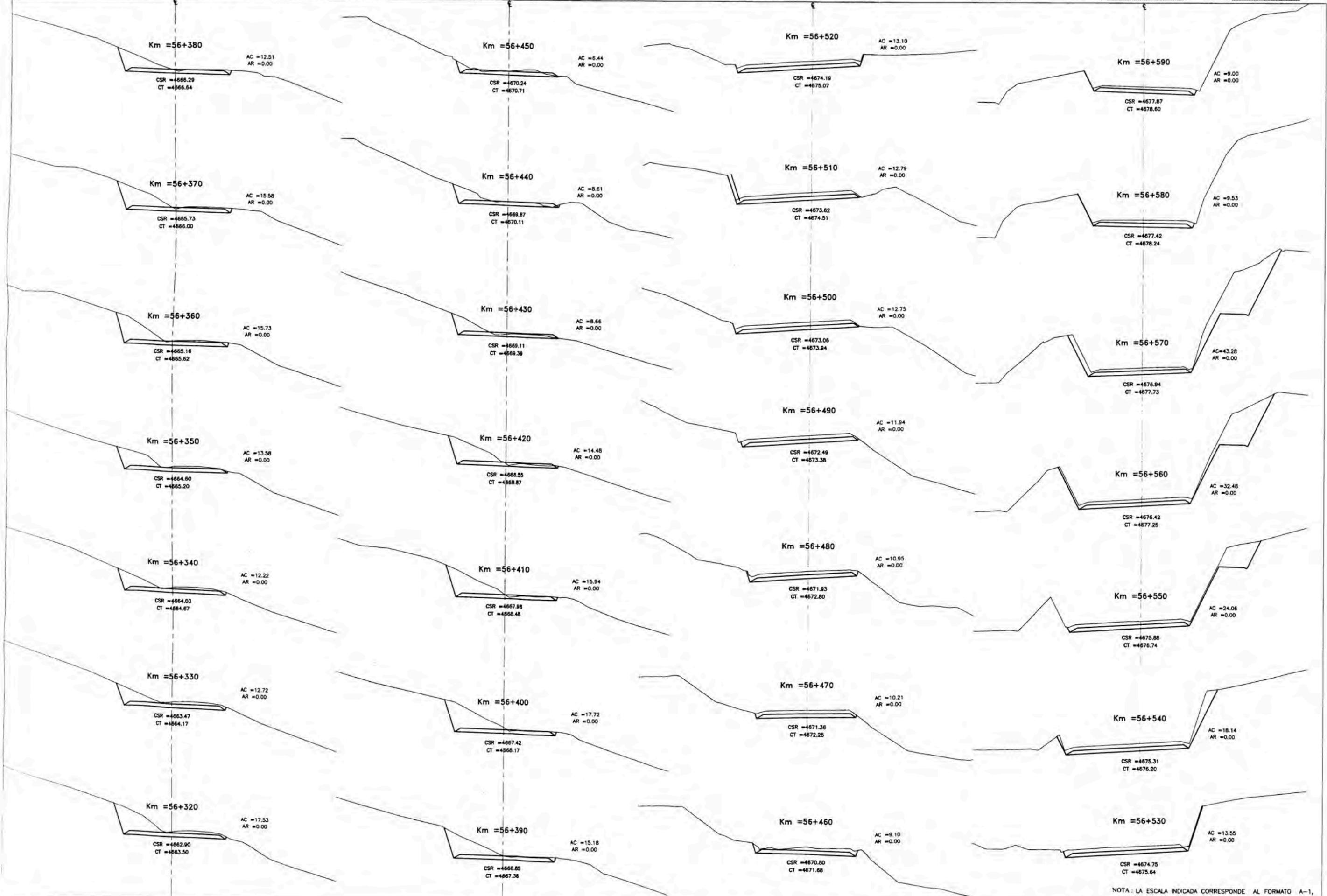
NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE.



NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE.



NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE.



NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Diseño:
Dibujó:
Revisado:
Aprobado:

PROYECTO:

DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA
NACIONAL PE-3SG TRAMO: YAURI-DV. LIVITACA

PLANO:

SECCIONES TRANSVERSALES

KM 56+320 - KM 56+590

ESCALA:

1/200

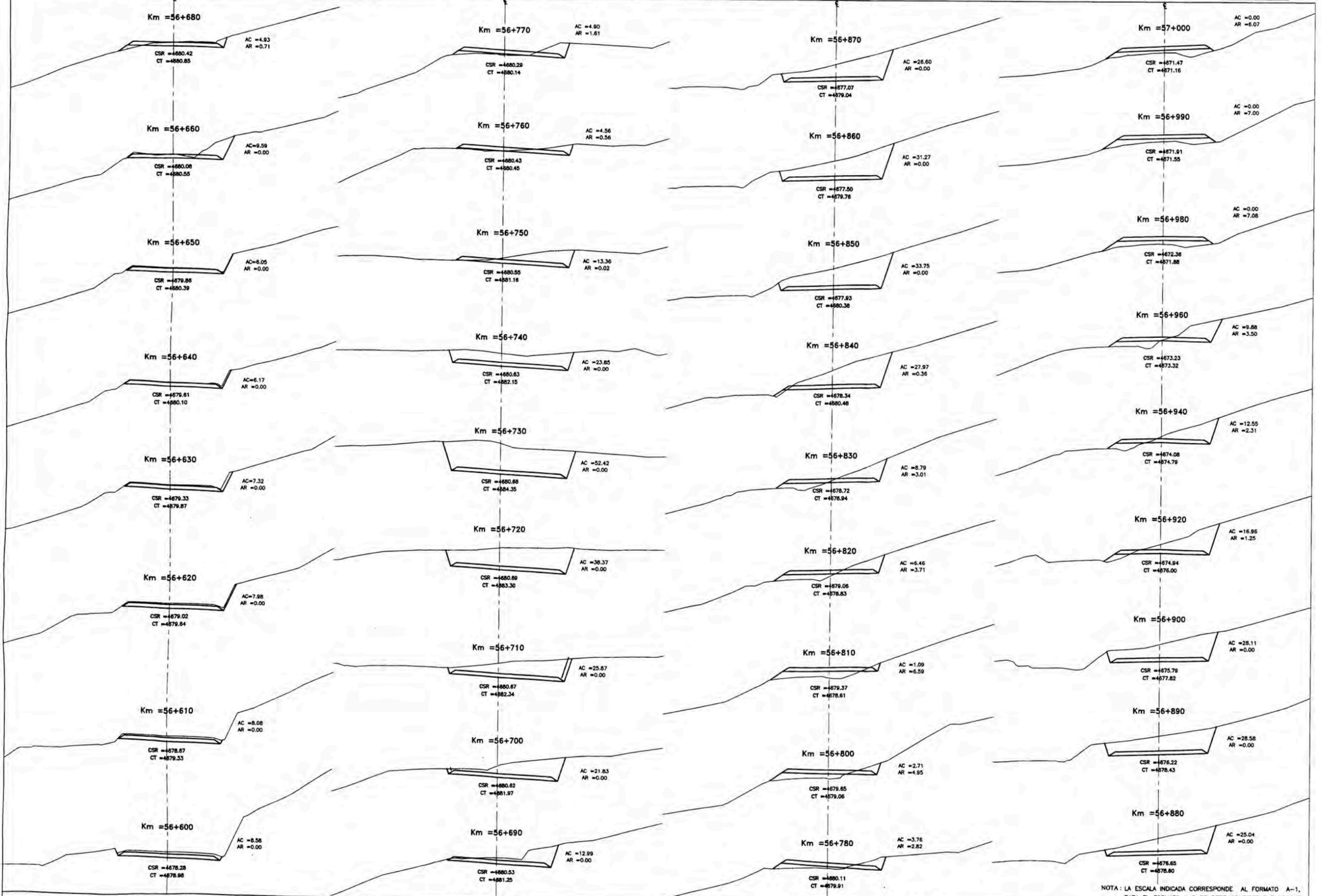
FECHA:

2014

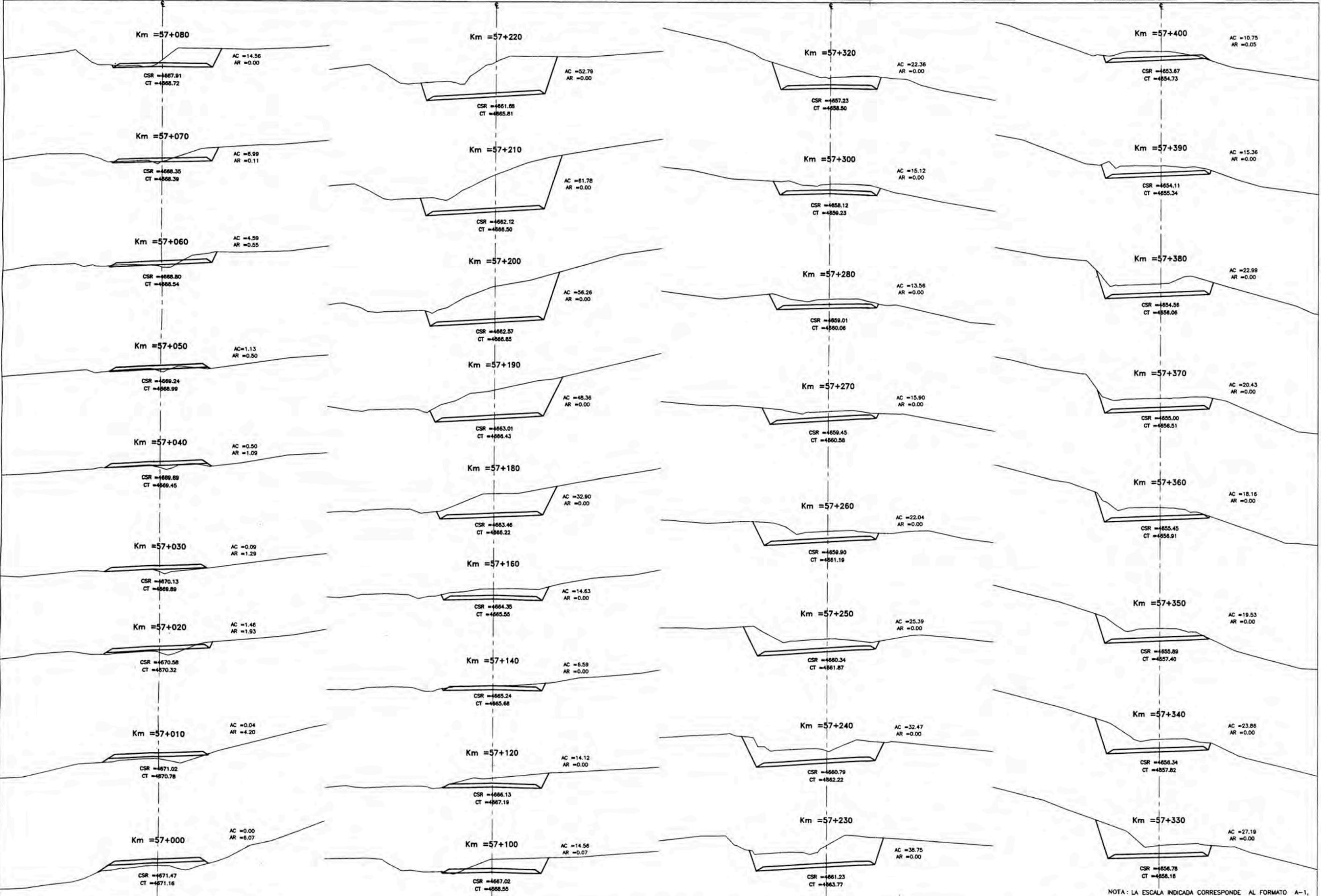
Nº DE PLANO:

FIC-UNI-ST-

05



NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE.



NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Diseño:
Dibujó:
Revisado:
Aprobado:

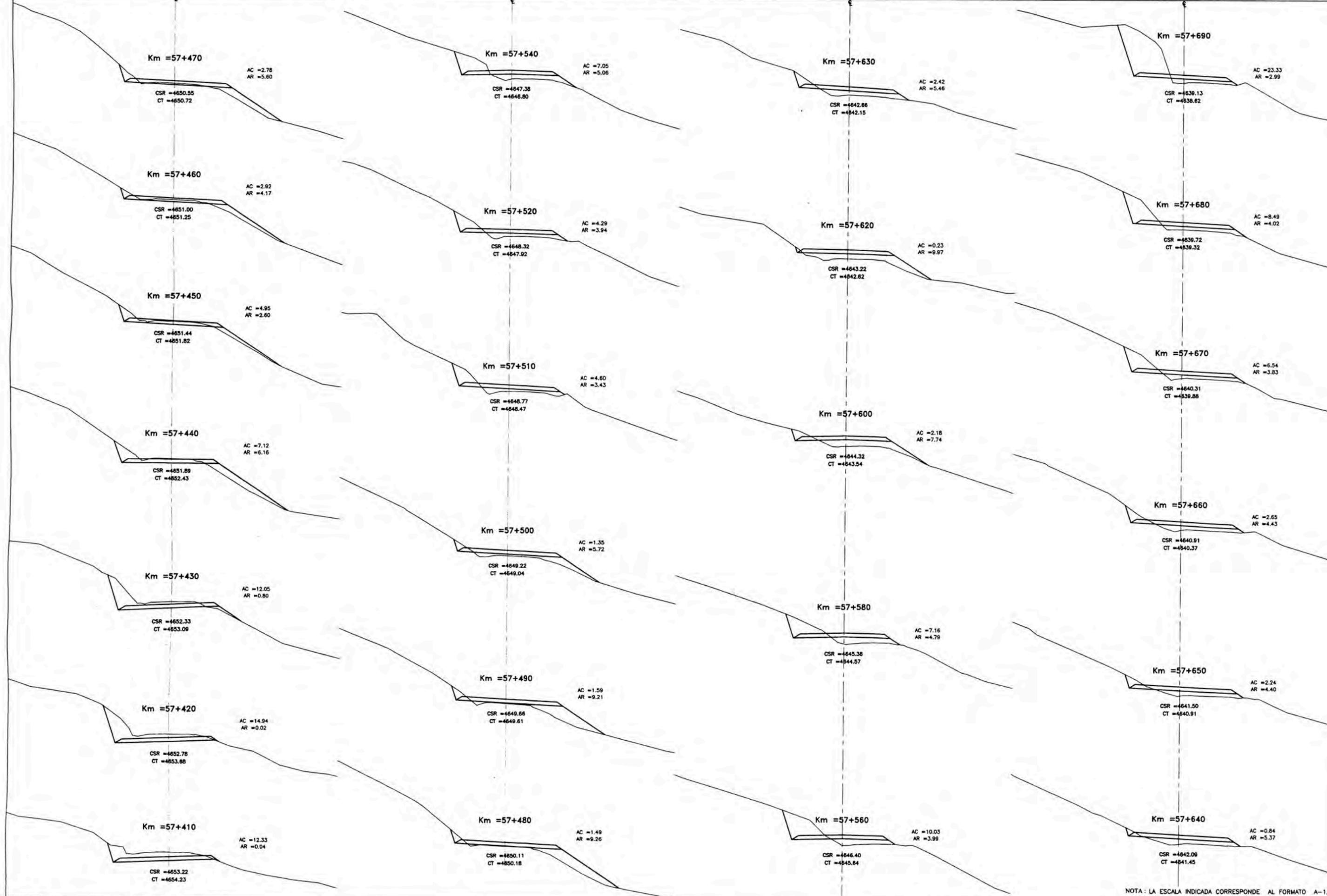
PROYECTO:

DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA
NACIONAL PE-3SG TRAMO: YAURI-DV. LIVITACA

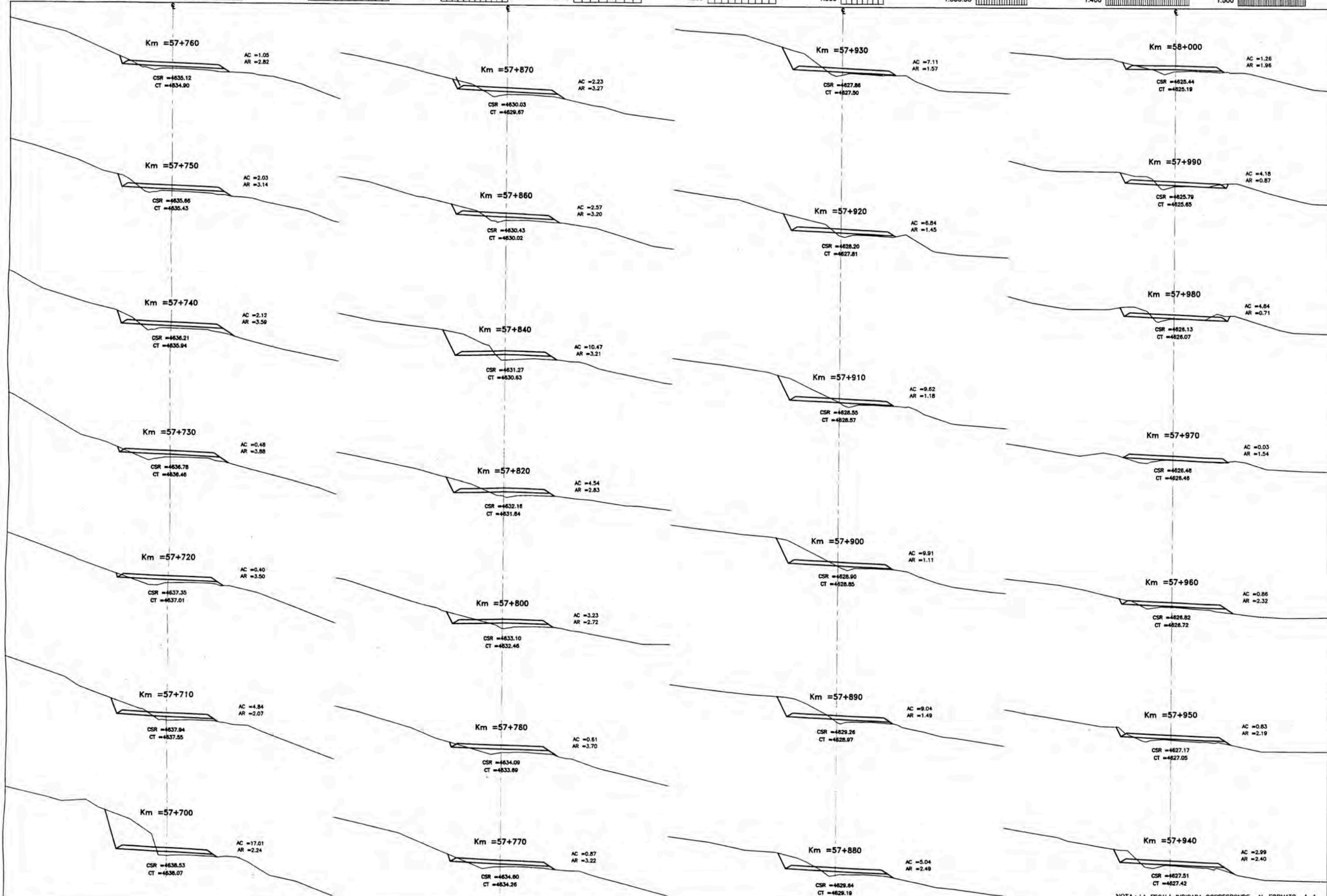
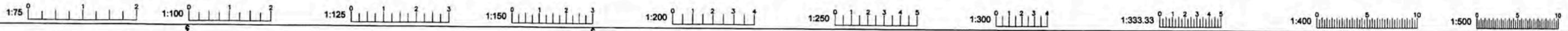
PLANO:
SECCIONES TRANSVERSALES
KM 57+000 - KM 57+400

ESCALA:
1/200
FECHA:
2014

N.º DE PLANO:
FIC-UNI-ST- 07



NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1. PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE.



NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE.