

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE RETORNOS INTERNOS (CARRILES
RÁPIDOS) Y EXTERNOS (CARRILES LENTOS), EN EL KM 53 VÍA BOGOTA
- MELGAR**

**DIEGO JULIAN MARTINEZ SUAREZ
JULIAN ANDRES PAYANENE BARRERO**

**UNIVERSIDAD MILITAR “NUEVA GRANADA”
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C., JULIO DE 2014**

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE RETORNOS INTERNOS (CARRILES
RÁPIDOS) Y EXTERNOS (CARRILES LENTOS), EN EL KM 53 VÍA BOGOTA
- MELGAR**

**DIEGO JULIAN MARTINEZ SUARES
JULIAN ANDRES PAYANENE BARRERO**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al
Título de Ingeniero Civil**

Tutor: ING EDGAR FONSECA.

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C., JULIO DE 2014**

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD

MAYOR GENERAL EDUARDO ANTONIO HERRERA BERBEL

Rector

BRIGADIER GENERAL ALBERTO BRAVO SILVA

Vicerrector General

BRIGADIER GENERAL HUGO RODRÍGUEZ DURÁN

Vicerrector Administrativo

DR. JULIAN DAVID VILLAMIL CENDALES

Vicerrector Académico

DR. FERNANDO CANTOR RINCÓN

Vicerrector de Investigaciones

MG. (RA) JAIRO ALFONSO APONTE PRIETO

Decano de la Facultad de Ingeniería

ING. LUIS FELIPE PINZÓN URIBE

Director Programa de Ingeniería Civil

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a mi familia por siempre apoyarme en este camino hacia un mejor futuro y un buen aprendizaje. Agradezco a Dios por nunca desampararme en estos 5 años que comence esta etapa de mi vida que culmina con este trabajo. Diego Julian Martinez.

Agradezco a Dios primero que todo, ya que sin la ayuda de él nada de esto sería posible, a mi familia en especial a mis padres Hermes y Marleny, porque ellos fueron los que siempre estuvieron presentes en los momentos más críticos que pude haber tenido en estos cinco años de estudios y fueron siempre la motivación para salir adelante siempre. Julián Andrés Payanene.

Agradecemos al ingeniero y tutor Edgar Fonseca, por brindarnos sus grandes conocimientos, por guiarnos y apoyarnos para la elaboración de este trabajo, también agradecemos a todos nuestros profesores que nos supieron aguantar por todos estos años de estudio, nos comprendieron y siempre nos dieron la motivación y conocimiento suficiente para salir adelante en nuestras vidas.

A la Universidad Militar Nueva Granada agradecemos, por ser nuestro segundo hogar, en el cual crecimos como personas y como profesionales, por brindarnos la ayuda necesaria cuando la requeríamos y por prestarnos todos los medios para poder alcanzar nuestras metas.

LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
GLOSARIO	x
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1
1. ANTECEDENTES	2
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 General	2
1.2.2 Específicos	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 ALCANCE	4
1.5 METODOLOGIA	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 CURVA CIRCULAR SIMPLE	5
2.1.1 ELEMENTOS DE LA CURVA	6
2.1.1.1 LISTA DE COORDENADAS DEL EJE DE LA CURVA	7
2.2 CURVA TIPO 2. ESPIRAL – CÍRCULO – ESPIRAL	8
2.2.1 INFORMACIÓN DE LA CURVA TIPO 2	8
2.2.1.1 ELEMENTOS DE LA CURVA TIPO 2	8
2.3 RETORNOS O VUELTAS EN U Y LOS GIROS A IZQUIERDA EN CARRETERAS DIVIDIDAS	9
2.3.1 INTERRUPCIÓN DE LA MEDIANA EN UN CARRETERA DIVIDÍA	11
2.4 RADIO DE CURVATURA MÍNIMO (RCMIN)	15

2.5	CURVAS VERTICALES	17
2.5.1	TIPOS DE CURVAS VERTICALES	17
3.	DESARROLLO DE LOS RETORNOS PLANTEADOS O DISEÑADOS.	18
3.1	RETORNO A NIVEL Y ELEVADO - DEPRIMIDO	18
3.1.1	TOPOGRAFÍA Y SUPERFICIE	18
3.1.2	GEOMETRÍA DE LA VÍA	19
3.1.3	ALINEAMIENTOS	20
3.1.4	PERFILES LONGITUDINALES Y RASANTES.	21
3.1.5	ASSEMBLY O SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS.	23
3.1.6	CORREDORES	23
3.1.7	TABLAS DE CORTE Y RELLENO	24
3.1.8	SECCIONES TRANSVERSALES.	26
4.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RETORNOS VIALES	27
5.	CONCLUSIONES	28
6.	BIBLIOGRAFÍA	30
1.	ANEXO PLANO (PLANTA,PERALTE Y PERFILES) DE TRAMO KM 00+000 HASTA KM 00+480 EJE1	31
2.	ANEXO PLANO (PLANTA,PERALTE Y PERFILES) DE TRAMO KM 00+480 HASTA KM 01+000 EJE1	32
3.	ANEXO PLANO (PLANTA,PERALTE Y PERFILES) DE TRAMO KM 01+000 HASTA KM 01+470 EJE1	33
4.	ANEXO PLANO (PLANTA,PERALTE Y PERFILES) DE TRAMO KM 01+470 HASTA KM 01+950 EJE1	34
5.	ANEXO PLANO (PLANTA,PERALTE Y PERFILES) DE TRAMO KM 01+950 HASTA KM 02+440 EJE1	35
6.	ANEXO PLANO (PLANTA,PERALTE Y PERFILES) DE TRAMO KM 02+440 HASTA KM 02+578 EJE1	36
7.	ANEXO SECCIONES TRANSVERSALES RETORNO A NIVEL	37
8.	ANEXO SECCIONES TRANSVERSALES RETORNO A NIVEL	38

9.	ANEXO SECCIONES TRANSVERSALES RETORNO A ELEVADO	39
10.	ANEXO SECCIONES TRANSVERSALES RETORNO A ELEVADO	40
11.	ANEXO SECCIONES TRANSVERSALES RETORNO A ELEVADO	41
12.	ANEXO SECCIONES TRANSVERSALES RETORNO DEPRIMIDO	42
13.	ANEXO SECCIONES TRANSVERSALES RETORNO DEPRIMIDO	43
14.	ANEXO SECCIONES TRANSVERSALES RETORNO DEPRIMIDO	44

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Anchos Mínimos de la abertura mediana para vehículos.....	13
Tabla 2. Radios mínimos para peralte máximo $e_{\text{máx}} = 8 \%$ y fricción máxima	16
Tabla 3. Radios mínimos para peralte máximo $e_{\text{máx}} = 6 \%$ y fricción máxima	16
Tabla 4. Corte y relleno retorno a nivel.	25
Tabla 5. Corte y relleno retorno elevado.....	25
Tabla 6. Corte y relleno retorno deprimido.....	26
Tabla 7. Diferencia entre retornos.....	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Salida gráfica de la curva Tipo 1. Circular simple	8
Figura 2. Salida gráfica de la curva Tipo 2. Espiral – circular - espiral	9
Figura 3. Diseño mínimo de abertura mediana	14
Figura 4. Curvas verticales convexas	17
Figura 5. Curvas verticales concavas	18
Figura 6. Topografía y levantamiento del terreno	19
Figura 7. Geometría de la vía	20
Figura 8. Alineamientos	21
Figura 9. Perfiles, rasantes y peraltes retorno a nivel.	22
Figura 10. Perfiles, rasantes y peraltes retorno elevado y deprimido.	22
Figura 10. Secciones transversales típicas	23
Figura 11. Corredores.	24
Figura 12. Secciones transversales.	26

GLOSARIO

Ángulo de deflexión [Δ]: El que se forma con la prolongación de uno de los alineamientos rectos y el siguiente

Cuerda larga [CL]: Línea recta que une al punto de tangencia donde comienza la curva (PC) y al punto de tangencia donde termina (PT).

Externa [E]: Distancia desde el PI al punto medio de la curva sobre el arco.

Grado de curvatura [G]: Corresponde al ángulo central subtendido por un arco o una cuerda unidad de determinada longitud, establecida como cuerda unidad (c) o arco unidad (s)

Ordenada Media [M] (o flecha [F]): Distancia desde el punto medio de la curva hasta el punto medio de la cuerda larga

Tangente [T]: Distancia desde el punto de intersección de las tangentes (PI) - los alineamientos rectos también se conocen con el nombre de *tangentes*, si se trata del tramo recto que queda entre dos curvas se le llama *entretangencia*

RESUMEN

En este trabajo se desarrolla un análisis comparando dos tipos de retornos que se pueden utilizar en carreteras como las dobles calzadas que están en construcción en Colombia. En el trabajo se analiza solo un tramo el cual es el km 53 vía Bogotá-Melgar donde se proyectó o se recomendaron dos tipos de retornos mediante (uno a nivel y el otro elevado y deprimido) el programa de dibujo AutoCAD civil 3D para comparar y analizar las ventajas y desventajas de estos dos retornos para posteriormente decir cuál es el más óptimo y factible para su construcción teniendo en cuenta la topografía del terreno y sus diferentes adversidades.

INTRODUCCIÓN

Mediante el desarrollo del siguiente trabajo se recomiendan o se plantean dos diferentes alternativas de giros en U o retornos viales que se pueden implementar actualmente en las dobles calzadas, tal es el caso de la vía Bogotá – Melgar, específicamente en el kilómetro 53 de dicho tramo pretendiendo escoger a través de un análisis comparativo cuál de estos diseños es el más adecuado sin disminuir el buen servicio, la velocidad de diseño de la doble calzada, ni el confort de los usuarios pero si teniendo en cuenta los costos o el factor económico.

Realizar una curva en U o retorno vial en nuestro país no tiene ninguna normatividad, pero si se deben tener en cuenta algunos parámetros necesarios para su diseño es por eso que para esto se hizo ineludible tener en cuenta gran parte de información del Manual De Diseño Geométrico de Carreteras, puesto que allí están algunas normas que se deben tener en cuenta para la elaboración de dichos diseños, tal es el caso de los sobre anchos de los retornos, radios mínimos, longitudes mínimas en los carriles de aceleración y desaceleración, entre otros criterios, con el fin de que todo cumpla una excelente función.

Además de tener en cuenta las normas, también es de mucha importancia el diseño de la rasante, puesto que a partir de ahí se desencadena todo el diseño de los dos retornos a recomendar o plantear, para esto es de vital importancia conocer la topografía del terreno natural o una muy aproximada a esta y de esta manera poder determinar los perfiles longitudinales y así tener una mejor visión para realizar un mejor diseño de la rasante y por ende de los retornos viales.

1. ANTECEDENTES

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En Colombia nuestras carreteras están cambiando para poder competir en esta nueva era del comercio. Para esto se realizarán diseños correctos de las vías y sus respectivos retornos en todos los sentidos para entrar competir con el resto de Sur América y el mundo. El problema más influyente son las inversiones tan bajas que se hacen en las carreteras que se están construyendo en nuestro país.

Además de esto, en la actualidad no contamos con normas para los retornos en las dobles calzadas que se están construyendo a nivel nacional, en cuanto a su geometría, tipo de intersección a nivel o desnivel y a la distancia que debe existir entre los mismos, entonces:

¿Es realmente importante hacer un análisis, para las diferentes alternativas, que incluya aspectos de seguridad vial, comodidad, confort, costos, áreas de afectación y niveles de servicio para mejorar un poco la malla vial de nuestro país?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

Diseñar, recomendar y realizar un análisis comparativo de los retornos que se están implementando en nuestro país en las dobles calzadas de la maya vial en este caso para el km 53 vía Bogotá-Melgar, para establecer criterios en cuanto a seguridad vial, velocidad permitida de los vehículos, costos, reducción de errores de diseño y confort.

1.2.2 Específicos

- Hacer uso de la normatividad vigente en cuanto a tránsito se refiere para evitar una alta tasa de accidentalidad y emitir duras sanciones a los infractores de dichas normas.
- Realizar los mejoramientos necesarios a los retornos a diseñar, con base en los errores identificados en los retornos ya existentes.
- Plantear y recomendar dos diseños de retornos viales con la ayuda del software Civil 3D, los cuales mejoren la calidad de servicio, confort y seguridad a los que transiten por estos.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En nuestro país existe el dilema entre calidad y cantidad, no se han hecho inversiones con calidad óptima, pues ésta cuesta más y sus beneficios no se ven a corto plazo, un tema que no es beneficioso desde el punto de vista político, que es el que busca mostrar resultados inmediatos. Por el contrario se hacen inversiones de menor costo pero a largo tiempo; este costo se amplía generosamente por mantenimiento o reparaciones.

Es realmente importante indagar, diseñar y analizar a fondo las diversas situaciones que rodean el entorno de la movilidad vial en los retornos de las carreteras nacionales, lo cual llevará a tener conocimiento de las falencias y fortalezas que influyen directamente en los resultados, de ahí la necesidad de analizar, diseñar y comparar las diferentes afectaciones que estos puedan generar, por ello se decide investigar acerca de los factores que perturban o favorecen la movilidad y seguridad vial.

En cuanto al desarrollo del trabajo, este se basará mediante investigación, consulta y diseño de probables costos de construcción, de esta manera tener una gran cantidad de datos opciones o alternativas para finalmente poder entrar a analizar comparativamente y así si los nuevos diseños serán factibles en la malla vial colombiana, teniendo en cuenta que no se reduzcan los niveles de servicio, confort y comodidad, generando un impacto ambiental leve.

1.4 ALCANCE

Todo proyecto se caracteriza y marca la diferencia por su propósito y por los aspectos novedosos que este acarrea o conlleva, el cual resulta de su desarrollo; para este caso en específico, la novedad de este proyecto se centra en el tratamiento de una problemática desde un nivel técnico, ya que como en la actualidad no existen normas que rijan la construcción de los retornos viales, es para la ingeniería civil un reto dar alternativas u opciones de diferentes diseños de retornos en los cuales se incluyan aspectos que no afecten la sociedad; además de esto en estas alternativas se tendrá en cuenta una reducción de costos sin disminuir o restringir la calidad o parte técnica de la obra civil, en este caso los retornos.

Es por ello que para poder resolver la problemática que se presenta actualmente en el país acerca de estos retornos, se debe una completa revisión del marco teórico a cerca de las características y parámetros de la movilidad, los tipos de retornos viales (a nivel y desnivel) y modelos de accesibilidad a los mismos, pues de esa manera se logrará entender el problema desde el punto de vista técnico del tránsito, y de esta manera poder diseñar la más efectiva y con mayor viabilidad, que solucione el problema radical o parcialmente, ya que al dar solución a esto se estaría disminuyendo también la tasa de mortalidad en cuanto a transito se refiere.

1.5 METODOLOGIA

La metodología se basará mediante investigación, consulta y diseño de probables construcciones y analizar comparativamente para evaluar si el diseño será factible en los retornos de Colombia específicamente en el km 53 vía Bogotá-Melgar. Para desarrollar la metodología se seguirán los siguientes pasos:

- Recopilar información mediante consulta de las normas vigentes colombianas e internacionales.
- Recopilar información de la topografía del terreno natural de la zona o una muy aproximada a ella.
- Describir el comportamiento de los retornos.
- Emplear el uso del software CIVIL 3D para la elaboración de los dos diseños de retornos viales a recomendar o a plantear.
- Analizar el desempeño de los retornos.
- Diseño final de un retorno vial concluyendo si es factible.
- Elaborar el trabajo final.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 CURVA CIRCULAR SIMPLE

Las curvas circulares simples se definen como arcos de circunferencia de un solo radio que son utilizados para unir dos alineamientos rectos de una vía.

Además de los parámetros de entrada básicos, enunciados anteriormente, ésta curva requiere la siguiente información: Radio y sentido de la curva.

2.1.1 ELEMENTOS DE LA CURVA

- Ángulo de deflexión [Δ]: El que se forma con la prolongación de uno de los alineamientos rectos y el siguiente. Puede ser a la izquierda o a la derecha según si está medido en sentido anti-horario o a favor de las manecillas del reloj, respectivamente. Es igual al ángulo central subtendido por el arco (Δ).
- Tangente [T]: Distancia desde el punto de intersección de las tangentes (PI) -los alineamientos rectos también se conocen con el nombre de *tangentes*, si se trata del tramo recto que queda entre dos curvas se le llama *entretangencia*- hasta cualquiera de los puntos de tangencia de la curva (PC o PT).

$$T = R * \tan \frac{\Delta}{2}$$

- Radio [R]: El de la circunferencia que describe el arco de la curva.

$$R = \frac{T}{\tan \frac{\Delta}{2}}$$

- Cuerda larga [CL]: Línea recta que une al punto de tangencia donde comienza la curva (PC) y al punto de tangencia donde termina (PT).

$$CL = 2R \sin \frac{\Delta}{2}$$

- Externa [E]: Distancia desde el PI al punto medio de la curva sobre el arco.

$$E = T \tan \frac{\Delta}{4}$$

$$E = R \left(\frac{1}{\cos \left(\frac{\Delta}{2} \right)} - 1 \right)$$

- Ordenada Media [M] (o flecha [F]): Distancia desde el punto medio de la curva hasta el punto medio de la cuerda larga.

$$M = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$$

- Grado de curvatura [G]: Corresponde al ángulo central subtendido por un arco o una cuerda unidad de determinada longitud, establecida como cuerda unidad (c) o arco unidad (s)

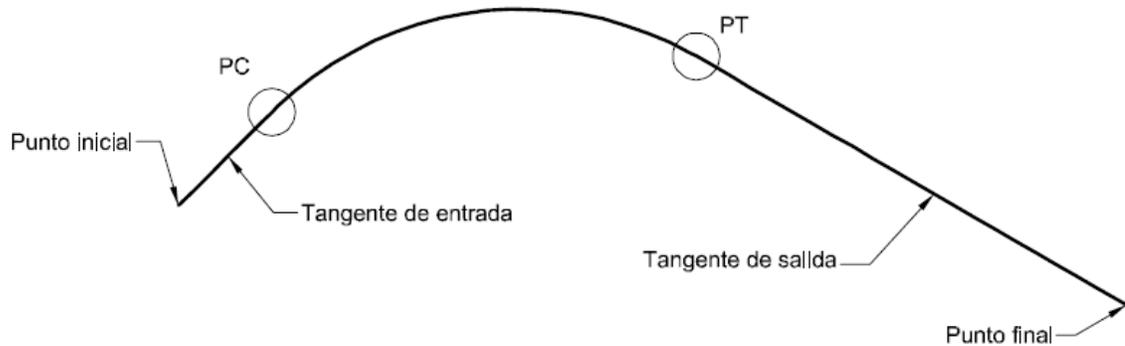
2.1.1.1 LISTA DE COORDENADAS DEL EJE DE LA CURVA

Aparece el listado de coordenadas planas cartesianas y polares del eje de la curva, el cual se presenta en forma de tabla con las siguientes columnas:

- Tipo de punto. Punto Inicial, PC, PT, punto final.
- Abscisa del punto.
- Coordenada Norte (N).
- Coordenada Este (E).
- Angulo positivo (α positivo). Ángulo medido desde la línea de referencia hasta el punto o abscisa del eje de la curva. En el caso en que la línea de referencia corresponda a la Norte, este ángulo corresponderá al azimut.
- Distancia. Longitud calculada desde el punto de estación del equipo al punto a localizar de la curva. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras)

Todos los elementos que se mencionaron anteriormente son de total importancia ya que con dichos parámetros se puede analizar, calcular y dibujar primeramente en planos para posteriormente pasar esos planos a la construcción de dicha curva. Los parámetros se hacen necesarios porque de esta manera se está garantizando la calidad de la curva, la funcionalidad, la seguridad, el confort y la serviciabilidad de la misma para que el usuario se sienta cómodo y satisfecho al hacer uso de un buen diseño y no sienta preocupación alguna por algún defecto o error que pueda comprometer su vida.

Figura 1. Salida gráfica de la curva Tipo 1. Circular simple



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

2.2 CURVA TIPO 2. ESPIRAL – CÍRCULO – ESPIRAL

La metodología de cálculo para esta curva se encuentra en la pestaña de la aplicación denominada como “Espiral – Círculo - Espiral”. La aplicación requiere para este caso particular que en la celda denominada como “Tipo de Espiral” se seleccione la opción: Espiral – Círculo – Espiral, esto para efectos prácticos en el manejo del software de Civil 3D.

2.2.1 INFORMACIÓN DE LA CURVA TIPO 2

La información particular que requiere este tipo de curva es:

- Para el tramo circular central: Radio (RC).
- Para cada una de las espirales (entrada y salida): Parámetro (A) o su longitud (Le). Dependiendo de los valores ingresados para cada una dependerá si son simétricas o asimétricas
- Sentido de la curva

2.2.1.1 ELEMENTOS DE LA CURVA TIPO 2

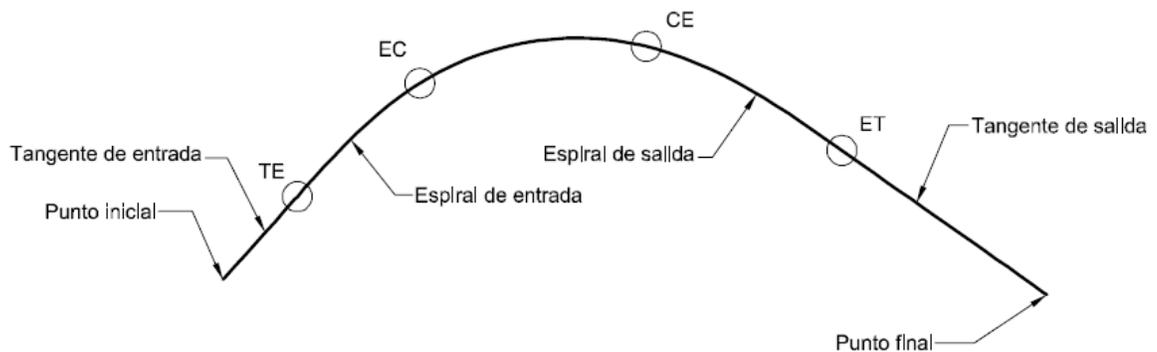
Los elementos que despliega la aplicación para esta curva son:

- Valores únicos para la curva: Δ , longitud total (distancia entre el punto inicial y final), ΔC , LC.

- Para cada espiral: L_e , Parámetro (A), θ_e , X_e , Y_e , X_M , ΔR , T_e .

También se hace necesaria la información relacionada con la abscisa y las coordenadas N y E de los puntos PI, TE, EC, CE, ET y centro de la curva. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras)

Figura 2. Salida gráfica de la curva Tipo 2. Espiral – circular - espiral



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

2.3 RETORNOS O VUELTAS EN U Y LOS GIROS A IZQUIERDA EN CARRETERAS DIVIDIDAS

Las carreteras divididas con mediana, requieren de la interrupción de la continuidad de la misma para facilitar las maniobras de retorno o vueltas en U cada cierta distancia prudencial, así como para el desarrollo de maniobras indirectas de giro a izquierda. Los anchos mínimos de giro varían en función de los vehículos de diseño. El problema surge, sin embargo, cuando la mediana es demasiado angosta y no permite la construcción de carriles para giro a izquierda, ya que se generan afectaciones a la seguridad del tránsito en carreteras de gran intensidad de tránsito. Al disminuir su velocidad los vehículos

para girar a izquierda, o detenerse en los carriles interiores, que son los que registran las mayores velocidades relativas en la corriente vehicular, se incrementan sensiblemente las oportunidades para colisiones por detrás y se afecta la fluidez de la circulación.

Como regla de aplicación general, no se debe permitir las vueltas en U desde los carriles principales. Sin embargo, si el ancho de la apertura de la mediana provee refugio para los vehículos que normalmente realizan dicha maniobra, se puede admitir cierto grado de tolerancia a este tipo de solución.

Otro importante factor a tomar en cuenta en la solución de este caso, surge de la necesidad de atender las necesidades de diseño de los prototipos de vehículos que demandan anchos compatibles con sus exigencias físicas para realizar las maniobras propuestas de vuelta en U y giros a izquierda.

Las opciones de diseño contemplan dos tipos de alternativas. La primera busca ofrecer la facilidad para realizar estas maniobras fuera de la pista principal, construyendo accesos diagonalmente opuestas en una intersección, por ejemplo, para convertir una vuelta en U en una separación a derecha, para integrarse a una carretera secundaria, desde donde se realiza acto seguido una maniobra de giro a izquierda para completar la maniobra de retorno. Otras soluciones se auxilian de las calles marginales, cuando existen, para salir de la pista principal por una rampa y buscar una intersección cercana para realizar el giro a izquierda o, alternativamente, hacer lo anterior para luego cruzar la pista principal y tomar un aro que le coloque en condiciones de continuar el recorrido en sentido inverso al inicial.

La otra alternativa es el uso de la mediana, que en tanto sea de un ancho muy limitado, puede ser ensanchada para facilitar las maniobras de retorno de giro a

izquierda, aunque la recomendación que se desprende de esta breve discusión, es la necesidad de contar con el ancho apropiado de la mediana que el tránsito y las maniobras a realizar justifiquen plenamente.

Los giros en U separados mediante cortes en la continuidad de la mediana, son justificados en determinados sitios, para acomodar movimientos de tránsito de menor significación en cuanto a volúmenes, que a propósito no son atendidos en las intersecciones o los intercambios, para dejar aislado el tratamiento de estos casos. La localización de estos sitios puede estar a distancias prudenciales de los intercambios, disponer de sus propios carriles para giro a izquierda y estar separada por una isla en forma de huso para aislar físicamente las maniobras contiguas de retorno en sentidos opuestos.

En carreteras sin control en los accesos, las aperturas de la mediana son recomendables para servir a las propiedades colindantes, recomendándose en casos tales que el espaciamiento de las interrupciones sea entre 400 y 800 metros. Por otra parte, en las carreteras de acceso controlado, la distribución de aperturas de la mediana es aconsejable cuando se desea además facilitar las maniobras de los vehículos de mantenimiento, de vigilancia y de atención a los vehículos con problemas mecánicos o accidentados.

2.3.1 INTERRUPCIÓN DE LA MEDIANA EN UN CARRETERA DIVIDÍA

Se menciona que en carreteras divididas con mediana o franja separadora central, resulta bastante práctico interrumpir la continuidad de la mediana para permitir la ejecución de maniobras de retorno o vueltas en U y los giros a izquierda desde la vía principal, lo que contribuye a eliminar la alternativa de recorridos hacia las intersecciones más próximas para realizar esa maniobra de

cruce. Para aplicar con efectividad este tipo de solución es necesario conocer el volumen, la composición del tránsito, los vehículos que cruzan y los que giran las horas de diseño. Es necesario seleccionar el vehículo de diseño que permita seleccionar el ancho y tipo de los movimientos de giro y cruce.

Como una consecuencia de los diferentes volúmenes de tránsito que maniobran en el sitio donde se interrumpe la mediana, es necesario realizar un estudio comparativo de volúmenes y capacidades, para seleccionar la solución más apropiada para diseño.

Los dispositivos de control de tránsito horizontal y vertical, deben tener especial consideración para controlar, regular y mejorar la eficiencia en la operación del tránsito.

Se aceptan como mínimo velocidades de 15 a 20 kilómetros por hora para los vehículos que giran; cuando las velocidades son mayores, se debe tomar en cuenta la trayectoria del vehículo con el radio correspondiente para esa velocidad.

En medianas anchas la apertura de la mediana tendrá una longitud relativamente menor para alcanzar el radio de giro necesario para una intersección a 90 grados, como puede apreciarse del examen de los datos mostrados en la tabla 1, que se ha preparado para mostrar las exigencia del diseño para los vehículos tipo automóviles o vehículos livianos, P, y camiones medianos, SU. A estas propuestas se pueden adecuar los grandes vehículos de carga adoptados para diseño, al realizar sus giros a izquierda. Las puntas terminales de la mediana pueden ser semicirculares, de tres centros y punta de bala.

El semicírculo como forma de remate de la franja separadora central es conveniente para franjas angostas, hasta un ancho de mediana de 3 metros, aunque no existe diferencia operacional alguna para los remates de medianas de 1.2 metros o menos. Para anchos mayores, que permiten con facilidad el giro y necesitan una menor longitud de abertura de la mediana, se tiene preferencia por el remate en forma de punta de bala. El diseño con forma en punta de bala está formado por dos arcos circulares trazados con el radio de control y un arco de radio de aproximadamente 0.6 metros para redondear en condiciones mínimas la punta. Las formas de punta de bala se proyectan con el propósito de encauzar a los vehículos que giran desde cualquier dirección, en tanto que los remates semicirculares pueden dar lugar a la invasión del carril de sentido contrario en el camino secundario de la intersección.

Tabla 1. Anchos Mínimos de la abertura mediana para vehículos

Ancho de la Mediana (m)	Abertura Mínima de la Mediana (m)			
	Semicircular		Tres Centros. Punta de bala	
	P (12 m)	SU (15 m)	P (12 m)	SU (15 m)
1.2	22.8	28.8	22.8	28.8
1.8	22.2	28.2	18.0	22.8
2.4	21.6	27.6	15.9	20.4
3.0	21.0	27.0	14.1	18.6
3.6	20.4	26.4	12.9	17.4
4.2	19.8	25.8	12.0	15.9
4.8	19.2	25.2	12.0	15.0
6.0	18.0	24.0	12.0	13.2
7.2	16.8	22.8	12.0	12.0
8.4	15.6	21.6	12.0	12.0
9.6	14.4	20.4	12.0	12.0
10.8	13.2	19.2	12.0	12.0
12.0	12.0	18.0	12.0	12.0
15.0	12.0	15.0	12.0	12.0
18.0	12.0	12.0	12.0	12.0
21.0	-	12.0	12.0	12.0

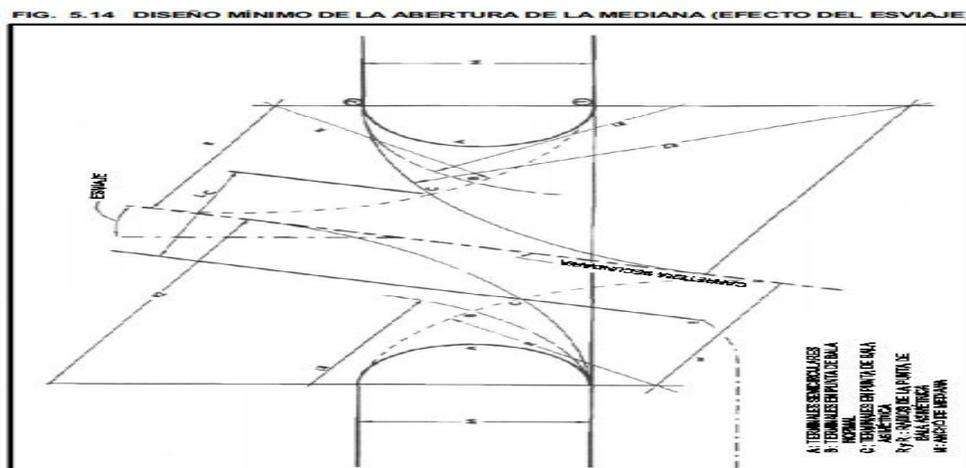
Fuente: Policy Geometric Design of Highways and streets . 1994

El esviaje u oblicuidad (ángulo mayor de 90 grados con respecto a un plano) del cruce por la abertura de la mediana, obliga a diseños con anchos que se

incrementan en cuanto el ángulo de la intersección se desvíe más y más de los 90 grados. Aunque el extremo de la mediana en punta de bala resulta siempre preferible, el esviaje introduce otras modificaciones convenientes para el cambio del diseño. En un cruce de este tipo se hace necesario usar como control el radio R en el ángulo agudo para localizar el PC (Principio de Curva) sobre el borde de la mediana o punto 1 mostrado en la figura 2 .El arco del radio mencionado es equivalente al mínimo paso interno de un vehículo cuando gira a más de 90 grados. Existen varios diseños alternativos que dependen del esviaje, el ancho de la mediana y el radio, cuando se tiene al PC como control de diseño.

Las terminales semicirculares (A) resultan en aberturas muy amplias y dificultades para la canalización de los giros a izquierda con menos de 90 grados. Las de punta de bala (B) ofrecen problemas similares para los giros a izquierda, por lo que es recomendable una terminal de punta de bala asimétrica (C) con radios R .

Figura 3. Diseño mínimo de abertura mediana



Fuente: Policy Geometric Design of Highways and streets . 1994

R2 como los más atractivos para enfrentar esta situación. Este segundo radio es mayor que el primero y tiene tangencia con el punto 2 de la figura y la línea central de la vía secundaria esviada.

En estos diseños la nariz de la bala se redondea en el punto de cruce de las dos trayectorias circulares. En el cuadro 5.9 se presentan valores típicos mínimos de diseño de terminales de mediana utilizando como control un radio de 15 metros para rangos de ángulos de oblicuidad y anchos de mediana.

En general, las aberturas de las medianas no deben ser mayores de 30 metros, independientemente del grado de esviaje de la intersección. Los controles de diseño para las aberturas mínimas para giro a izquierda se muestran en el cuadro.(manual de diseño de carreteras raul lecalir)

2.4 RADIO DE CURVATURA MÍNIMO (RCMIN)

El radio mínimo (R_{Cmin}) es el valor límite de curvatura para una Velocidad Específica (V_{CH}) de acuerdo con el peralte máximo ($e_{máx}$) y el coeficiente de fricción transversal máxima ($f_{Tmáx}$). El Radio mínimo de curvatura solo debe ser usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores. El radio mínimo se calcula de acuerdo al criterio de seguridad ante el deslizamiento mediante la aplicación de la ecuación de equilibrio:

$$R_{Cmin} = \frac{(V_{CH})^2}{127(e_{max} + f_{Tmax})}$$

Tabla 2. Radios mínimos para peralte máximo $e_{m\acute{a}x} = 8 \%$ y fricción máxima

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tm\acute{a}x}$	TOTAL $e_{m\acute{a}x} + f_{Tm\acute{a}x}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
40	8,0	0,23	0,31	40,6	41
50	8,0	0,19	0,27	72,9	73
60	8,0	0,17	0,25	113,4	113
70	8,0	0,15	0,23	167,8	168
80	8,0	0,14	0,22	229,1	229
90	8,0	0,13	0,21	303,7	304
100	8,0	0,12	0,20	393,7	394
110	8,0	0,11	0,19	501,5	501
120	8,0	0,09	0,17	667,0	667
130	8,0	0,08	0,16	831,7	832

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

Tabla 3. Radios mínimos para peralte máximo $e_{m\acute{a}x} = 6 \%$ y fricción máxima

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tm\acute{a}x}$	TOTAL $e_{m\acute{a}x} + f_{Tm\acute{a}x}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
20	6,0	0,35	0,41	7,7	15 ⁽¹⁾
30	6,0	0,28	0,34	20,8	21
40	6,0	0,23	0,29	43,4	43
50	6,0	0,19	0,25	78,7	79
60	6,0	0,17	0,23	123,2	123

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carretera

2.5 CURVAS VERTICALES

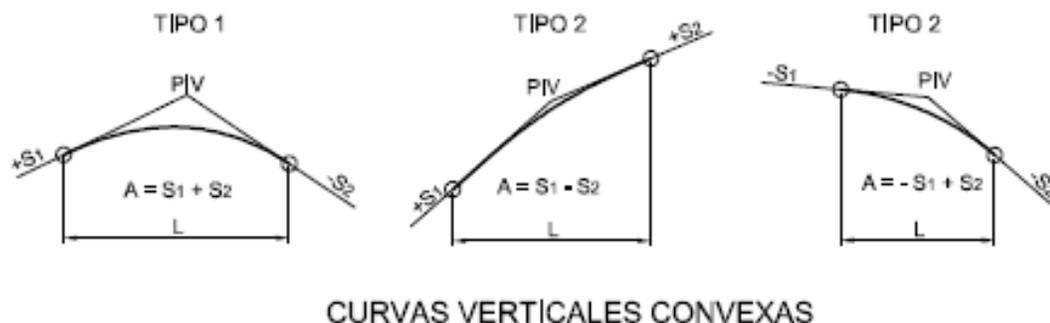
Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Deben dar por resultado una vía de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas.

El punto común de una tangente y una curva vertical en su origen se denomina PCV, y PTV al punto común de la tangente y la curva al final de ésta. Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le designa como PIV, y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se le representa por la letra “A”.

2.5.1 TIPOS DE CURVAS VERTICALES

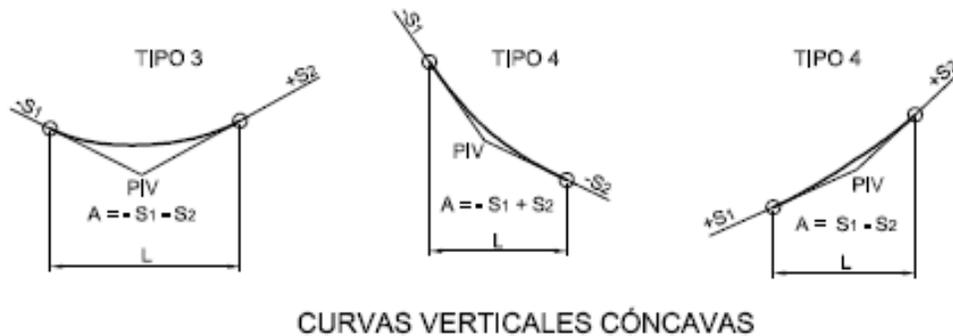
Las curvas verticales se pueden clasificar por su forma como curvas verticales cóncavas y convexas y de acuerdo con la proporción entre sus ramas que las forman como simétricas y asimétricas.

Figura 4. Curvas verticales convexas



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

Figura 5. Curvas verticales concavas



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

3. DESARROLLO DE LOS RETORNOS PLANTEADOS O DISEÑADOS.

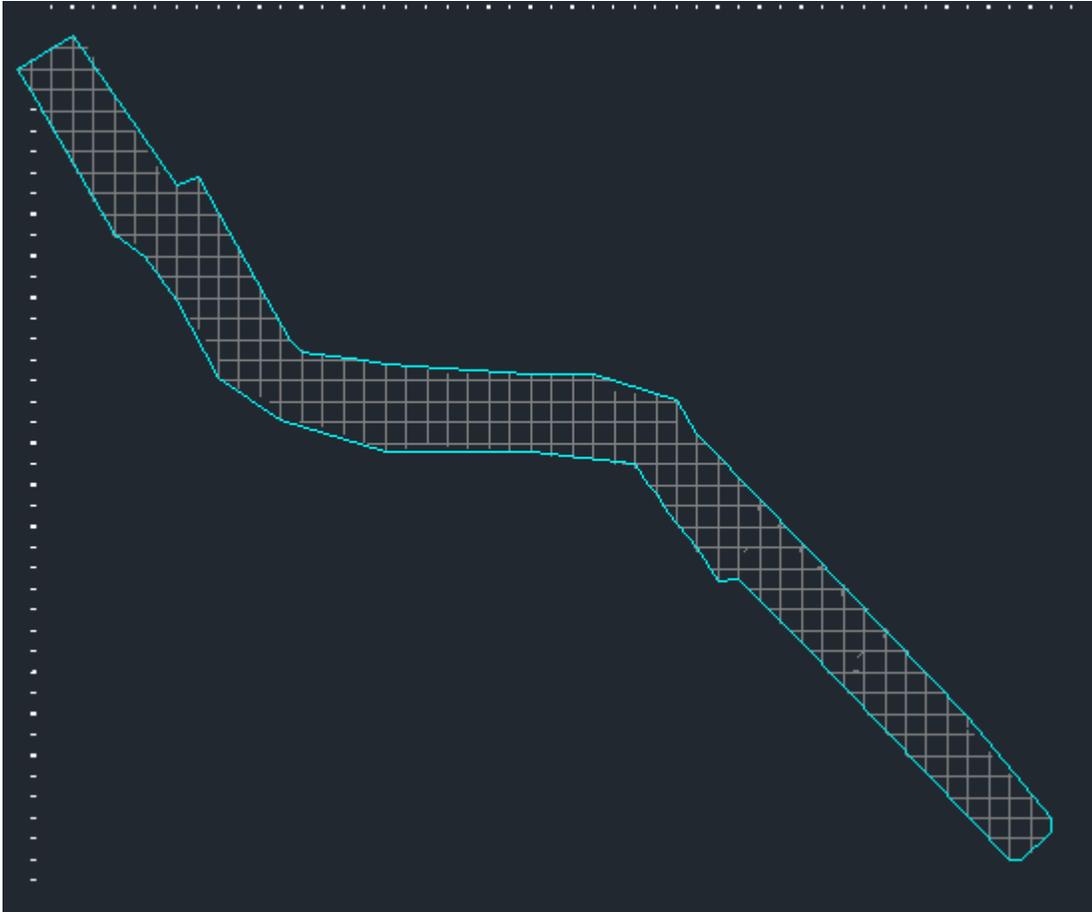
3.1 RETORNO A NIVEL Y ELEVADO - DEPRIMIDO

Estos retornos se pueden implementar sin ningún problema en carreteras dobles calzadas de Colombia, para llevar a cabo el planteamiento o diseño de estos giros en U o retorno se tuvieron en cuenta los siguientes pasos:

3.1.1 TOPOGRAFÍA Y SUPERFICIE

En este primer paso se escogió la topografía del km 53 vía Bogotá-Melgar donde ya está construido el retorno vial a nivel o corbatín. Ya escogida se digitalizó la superficie para comenzar el diseño o planteamiento del retorno como se ve en el figura 6.

Figura 6. Topografía y levantamiento del terreno

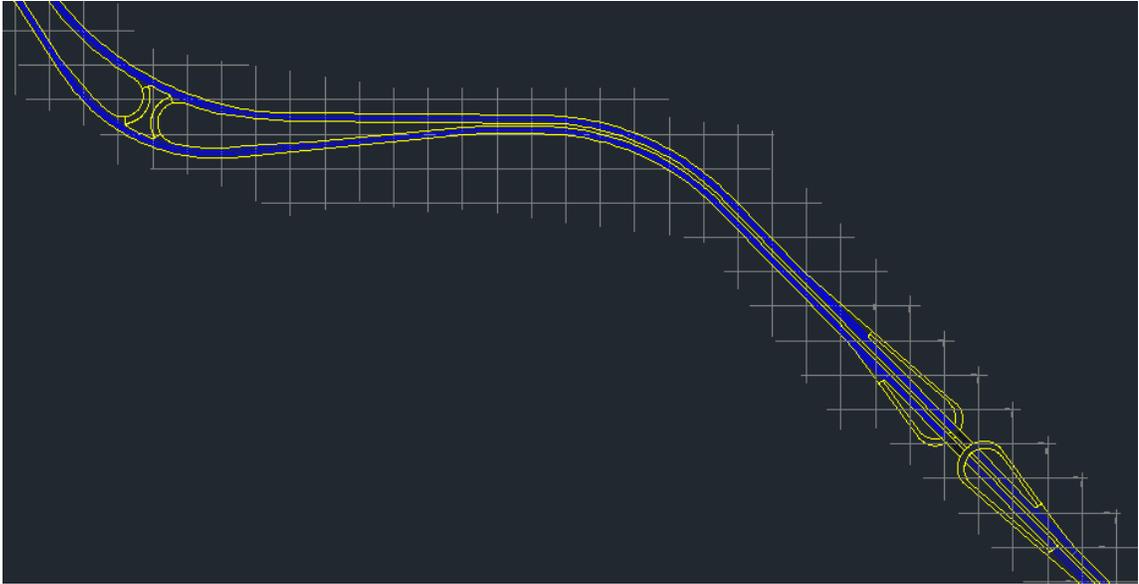


Fuente: Elaboración propia

3.1.2 GEOMETRÍA DE LA VÍA

Para este paso se tuvo en cuenta la geometría que ya existe en este tramo de la doble calzada, es decir, el ancho de los carriles pero se aumentó un carril más por cada calzada, seguidamente se procedió a la realización de los retornos los cuales básicamente se hicieron con tangentes al radio de la curva. En este punto cabe resaltar que se deben diferenciar con capas o layers cada ítem.

Figura 7. Geometría de la vía

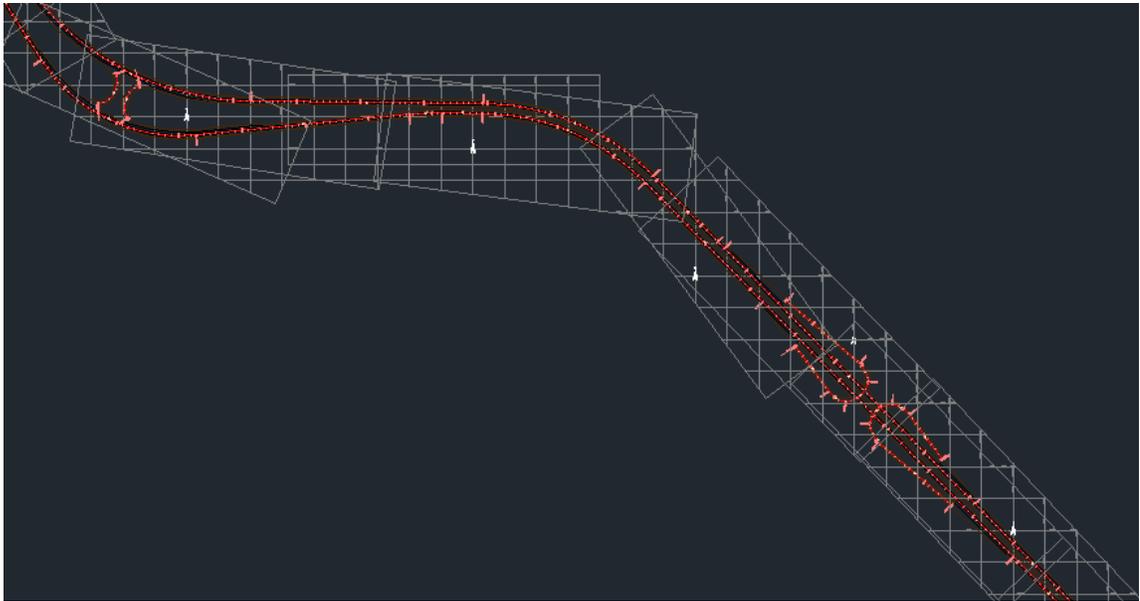


Fuente: Elaboración propia.

3.1.3 ALINEAMIENTOS

Con la ayuda del software Civil 3D y teniendo los parámetros como lo es la velocidad de diseño de la vía y de los retornos se dibujaron los respectivos alineamientos lo cual significa que de esa realmente es la vía por donde habrá flujo vehicular.

Figura 8. Alineamientos

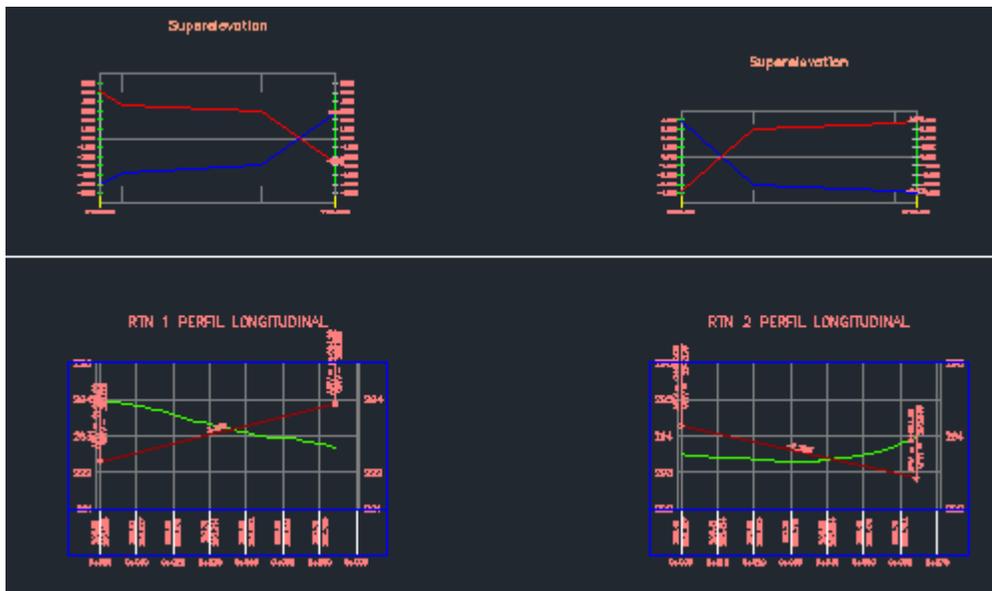


Fuente: Elaboración propia.

3.1.4 PERFILES LONGITUDINALES Y RASANTES.

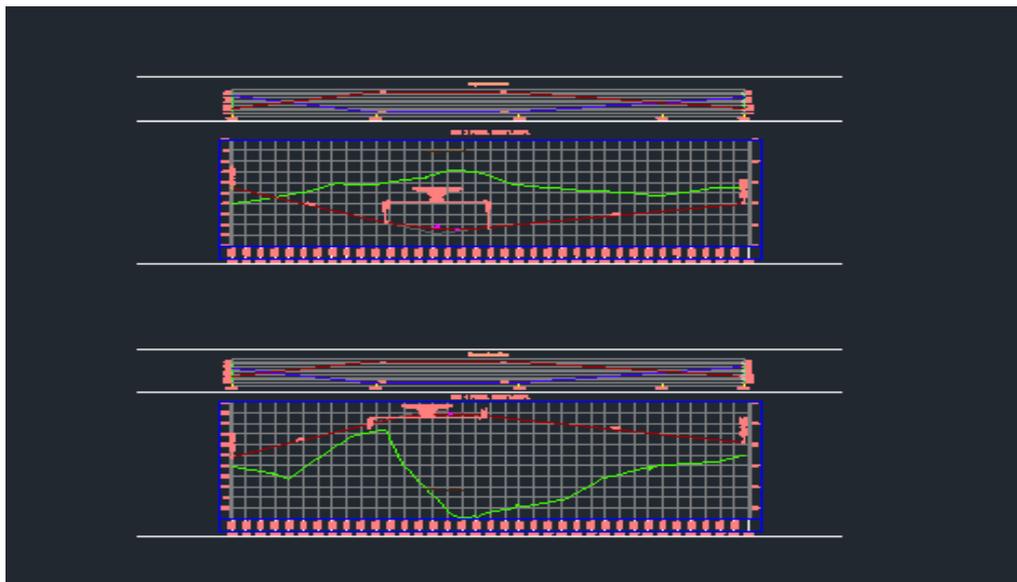
Los perfiles longitudinales muestran como es el terreno o topografía de una forma más explícita, es decir, se ve claramente como el terreno sube o baja respectivamente; las rasantes se dibujan en el mismo perfil, indicando que esta será la vía a construir. Para la realización de las rasantes se tuvo en cuenta la normatividad del manual de diseño de carreteras.

Figura 9. Perfiles, rasantes y peraltes retorno a nivel.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Perfiles, rasantes y peraltes retorno elevado y deprimido.

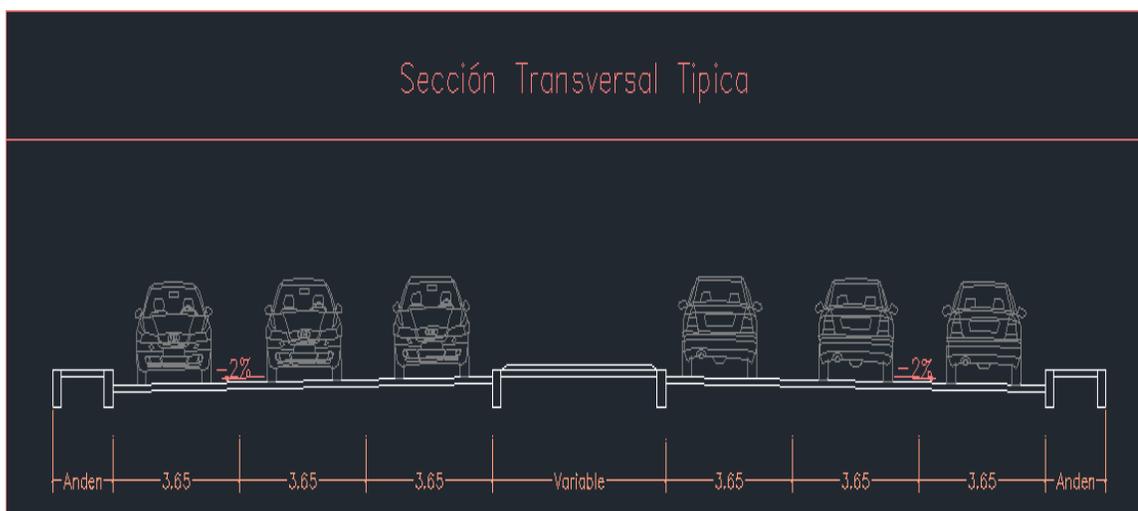


Fuente: Elaboración propia.

3.1.5 ASSEMBLY O SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS.

Las secciones transversales típicas son en otras palabras el detalle de cómo quedará la vía y los retornos, es decir, si estos tendrán taludes, bermas, puentes, cuentas, etc. Esto debe ser tenido para su construcción.

Figura 11. Secciones trasversales típicas

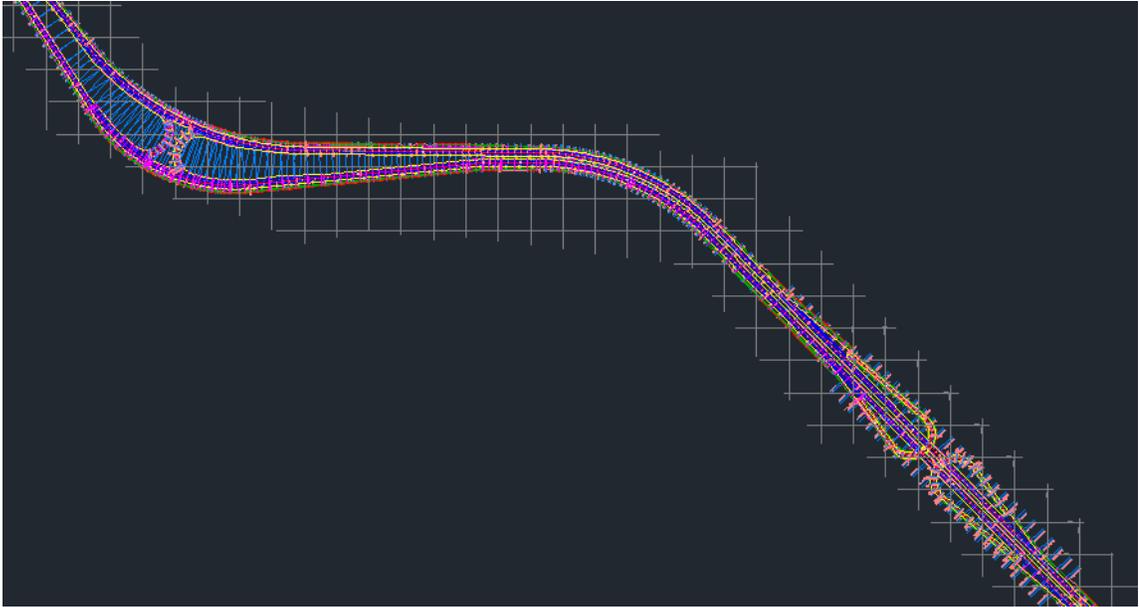


Fuente: Elaboración propia.

3.1.6 CORREDORES

En este paso se traslaparon los alineamientos, los perfiles y rasantes y las secciones transversales típicas para determinar ya con todos estos ítems definidos como se debe ver la vía ya construida, mostrando sus cortes y rellenos, chaflanes y demás características que debe tener.

Figura 12. Corredores.



Fuente: Elaboración propia.

3.1.7 TABLAS DE CORTE Y RELLENO

En este ítem se muestra las cantidades de material que se utilizan ya sea para ser cortado o para rellenar y de esta forma obtener el terreno apropiado para poder realizar la construcción de la vía con sus respectivos retornos.

Tabla 4. Corte y relleno retorno a nivel.

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	1.70	0.00	8.78	0.00	8.78	0.00
0+020.00	0.72	0.60	12.73	2.73	21.51	2.73
0+030.00	0.14	1.73	4.78	10.78	28.27	13.51
0+040.00	0.00	4.60	0.81	30.45	27.08	43.96
0+050.00	0.00	8.11	0.00	82.30	27.08	108.26
0+060.00	0.00	13.38	0.00	108.14	27.08	212.40
0+064.29	0.00	18.47	0.00	88.71	27.08	281.12

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.00	12.84	0.00	84.18	0.00	84.18
0+020.00	0.00	7.88	0.00	102.27	0.00	186.45
0+030.00	0.00	2.71	0.00	51.18	0.00	217.63
0+040.00	1.89	0.03	10.52	13.21	10.52	230.84
0+050.00	5.83	0.00	40.55	0.12	51.08	230.96
0+060.00	9.73	0.00	78.64	0.00	129.72	230.96
0+064.29	10.10	0.00	42.10	0.00	171.82	230.96

Fuente:elaboración propia.

Tabla 5. Corte y relleno retorno elevado

Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	9.22	0.00	120.13	0.00	120.13	0.00
0+040.00	18.51	0.00	277.26	0.00	397.39	0.00
0+060.00	10.83	0.00	293.38	0.00	690.78	0.00
0+080.00	2.44	0.00	132.65	0.00	823.43	0.00
0+090.00	0.00	0.00	12.16	0.00	835.59	0.00
0+100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	835.59	0.00
0+110.00	0.00	0.00	0.00	0.00	835.59	0.00
0+120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	835.59	0.00
0+130.00	0.00	0.00	0.00	0.00	835.59	0.00
0+140.00	0.00	0.00	0.00	0.00	835.59	0.00
0+150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	835.59	0.00
0+160.00	0.00	0.00	0.00	0.00	835.59	0.00
0+170.00	0.00	0.00	0.00	0.00	835.59	0.00
0+180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	835.59	0.00
0+190.00	0.00	0.00	0.00	0.00	835.59	0.00
0+200.00	0.00	0.00	0.00	0.00	835.59	0.00
0+220.00	49.94	0.00	500.73	0.00	1336.32	0.00
0+240.00	41.77	0.00	917.14	0.00	2253.46	0.00
0+260.00	28.38	0.00	701.63	0.00	2954.99	0.00

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+280.00	21.89	0.00	502.71	0.00	3457.70	0.00
0+300.00	16.63	0.00	385.15	0.00	3842.85	0.00
0+320.00	13.30	0.00	299.30	0.00	4142.15	0.00
0+340.00	9.88	0.00	231.84	0.00	4373.99	0.00
0+356.87	6.66	0.00	139.37	0.00	4513.36	0.00

Fuente:Elaboración propia.

Tabla 6. Corte y relleno retorno deprimido

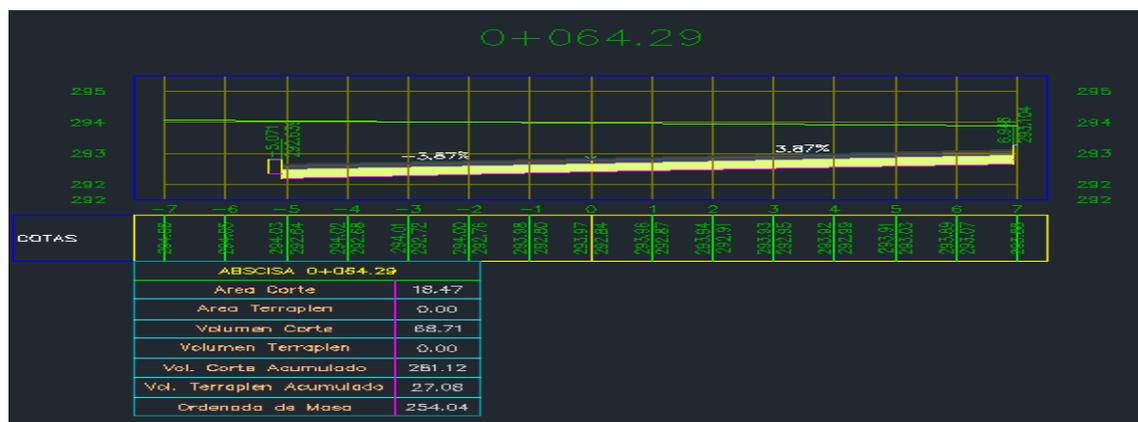
Total Volume Table							Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol	Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	12.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0+280.00	0.00	20.80	0.00	453.20	161.67	10391.81
0+020.00	1.94	0.00	142.27	0.00	142.27	0.00	0+300.00	0.00	16.07	0.00	388.76	161.67	10760.56
0+040.00	0.00	8.42	19.39	84.23	161.67	84.23	0+320.00	0.00	17.65	0.00	337.25	161.67	11097.81
0+060.00	0.00	19.07	0.00	274.97	161.67	359.20	0+340.00	0.00	17.80	0.00	354.50	161.67	11452.32
0+080.00	0.00	28.65	0.00	477.23	161.67	836.44	0+356.87	0.00	16.95	0.00	309.86	161.67	11762.18
0+090.00	0.00	31.21	0.00	299.39	161.67	1135.83							
0+100.00	0.00	40.37	0.00	357.92	161.67	1493.75							
0+110.00	0.00	53.27	0.00	471.23	161.67	1964.98							
0+120.00	0.00	62.27	0.00	590.46	161.67	2545.44							
0+130.00	0.00	67.00	0.00	646.67	161.67	3192.11							
0+140.00	0.00	72.73	0.00	698.26	161.67	3890.36							
0+150.00	0.00	76.87	0.00	757.73	161.67	4648.09							
0+160.00	0.00	79.32	0.00	791.20	161.67	5439.29							
0+170.00	0.00	76.62	0.00	779.92	161.67	6219.21							
0+180.00	0.00	69.17	0.00	731.79	161.67	6950.99							
0+190.00	0.00	55.01	0.00	625.08	161.67	7576.07							
0+200.00	0.00	40.42	0.00	477.99	161.67	8054.06							
0+220.00	0.00	33.42	0.00	737.79	161.67	8791.85							
0+240.00	0.00	28.37	0.00	617.88	161.67	9409.73							
0+260.00	0.00	24.51	0.00	528.88	161.67	9938.61							

Fuente:Elaboración propia.

3.1.8 SECCIONES TRANSVERSALES.

En este punto se muestran las secciones trasversales pero solo de los retornos esto quiere decir el detalle de cómo avanza cada retorno por diferentes tramos de la vía.

Figura 13. Secciones transversales.



Fuente: Elaboración propia.

Con estos ítems ya totalmente definidos se puede entrar a realizar el respectivo análisis entre los dos tipos de retornos viales planteados o recomendados a ser implementados.

4. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RETORNOS VIALES

Teniendo en cuenta los ítems anteriores, se pueden establecer algunas diferencias notables y muy significativas entre los dos retornos viales planteados (retorno a nivel y retorno elevado y deprimido), haciendo que uno de estos tenga mayores factores a favor. Cabe resaltar que los dos retornos es de muy buena serviciabilidad pero a continuación se muestran las diferencias mas importantes que existen entre estos.

Tabla 7. Diferencia entre retornos

RETORNO A NIVEL	RETORNO A DESNIVEL Y DEPRMIDO
Costos más bajos	Mayores costos
Menor tiempo de construcción	Construcción compleja y de mayor tiempo.
Menor utilización de espacios	Mayor utilización de espacios
Menor cantidad de material removido o para relleno	Mayor cantidad de material removido o para relleno

Disminución de la seguridad vial	Se mejora la seguridad vial
Mayor afectación del tránsito	Menor afectación del tránsito
Confort normal o simple	Confort mayor para los usuarios
Disminución de la velocidad al tomar el retorno	Velocidad promedio al tomar el retorno
Menor seguridad para peatones, motociclistas y ciclistas	Mayor seguridad para peatones, motociclistas y ciclistas
Mantenimientos a cortos tiempos	Mantenimientos a largos tiempos

Fuente: elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

- Por medio de este trabajo se lograron los objetivos propuestos y además de esto se adquirió un mayor y extenso conocimiento acerca de los retornos viales de nuestro país, ya que no se poseen normas establecidas para la construcción de estas estructuras.
- De los retornos viales planteados y diseñados, el retorno más apto y factible en cuanto a seguridad vial, velocidad del tránsito, confort, economía y calidad de servicio sin duda es el retorno elevado y deprimido ya que este no altera ni disminuye ninguno de los factores mencionados anteriormente, sino a algunos los mejora y los optimiza y a su vez hace que la ingeniería civil colombiana coja más auge y mayor

importancia a nivel internacional mejorando así las carreteras de nuestro país.

- El retorno vial a nivel o corbatín generalmente es el que se suele o se construye en las carreteras colombianas por su mayor economía; economía que se ve afectada por sus mantenimientos o reparaciones que se le tiene que hacer a dichos retornos a corto plazo, por ende, es mejor invertir en una estructura en donde se note realmente el buen servicio por mucho tiempo sin necesidad de estar reparándolos.
- La vida humana es la prioridad número uno de la ingeniería civil, es por eso que se debe asegurar de cualquier peligro o alta accidentalidad, es por eso que al seguir construyendo retornos a nivel se está corriendo el riesgo de que se siga aumentando la tasa de mortalidad en estos, además no se estaría avanzando en cuanto a ingeniería se refiere, nos estaríamos estancando en un solo camino habiendo tantos para poder innovar y hacer que la ingeniería sea mejor en nuestro país.

6. BIBLIOGRAFÍA

Bayona, J. N. (s.f.). *Manual Para Diseño De Carreteras.*

Choconta, P. (s.f.). *Diseño Geométrico De Vías.* Escuela Colombiana De Ingeniería.

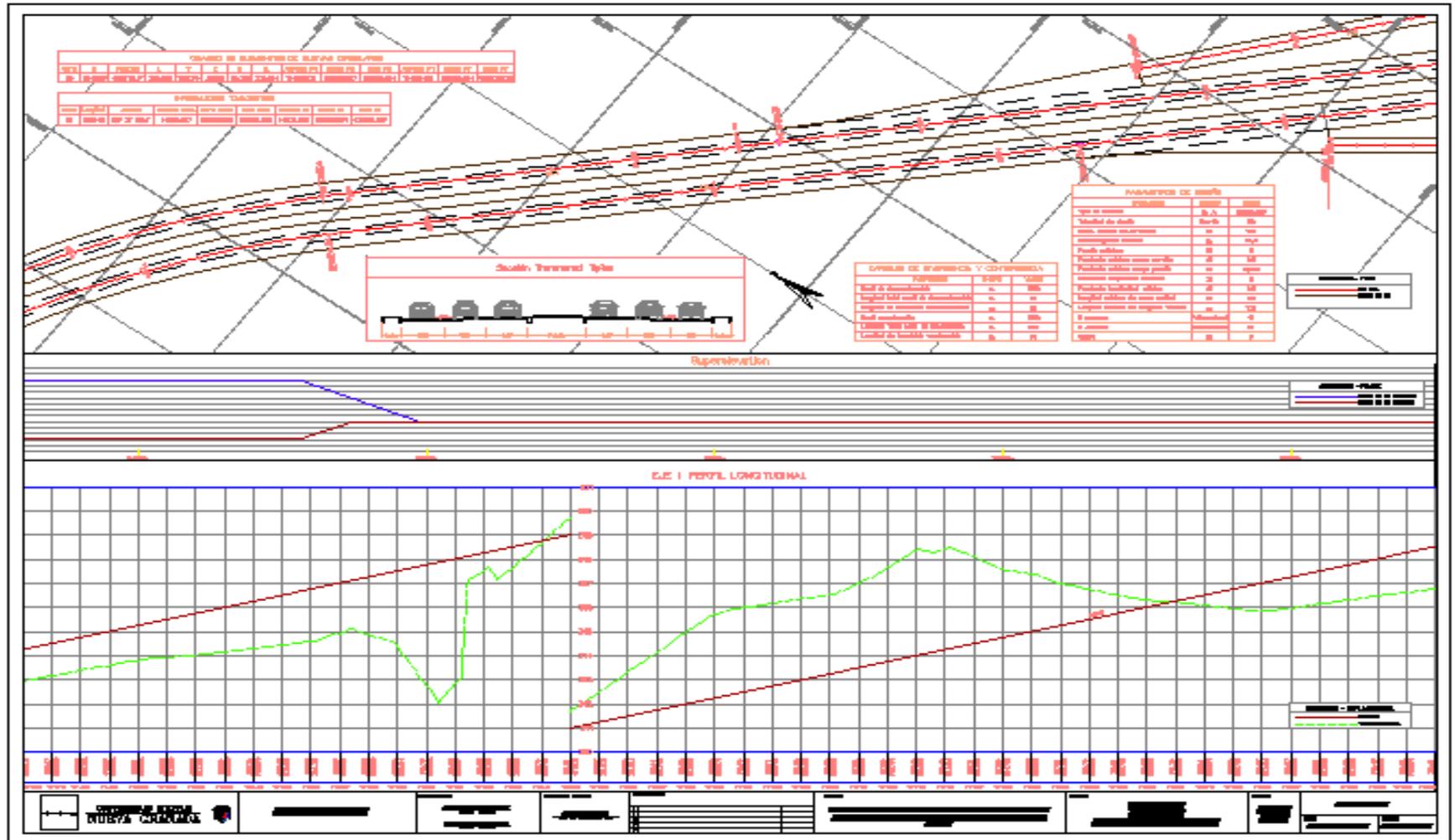
Contreras, O. U. (2013). *Diseño Geométrico De Carreteras Con Autocad Civil 3D 2013.*

Leclair, R. (s.f.). *Manual Centroamericano Para El Diseño De Carreteras.*

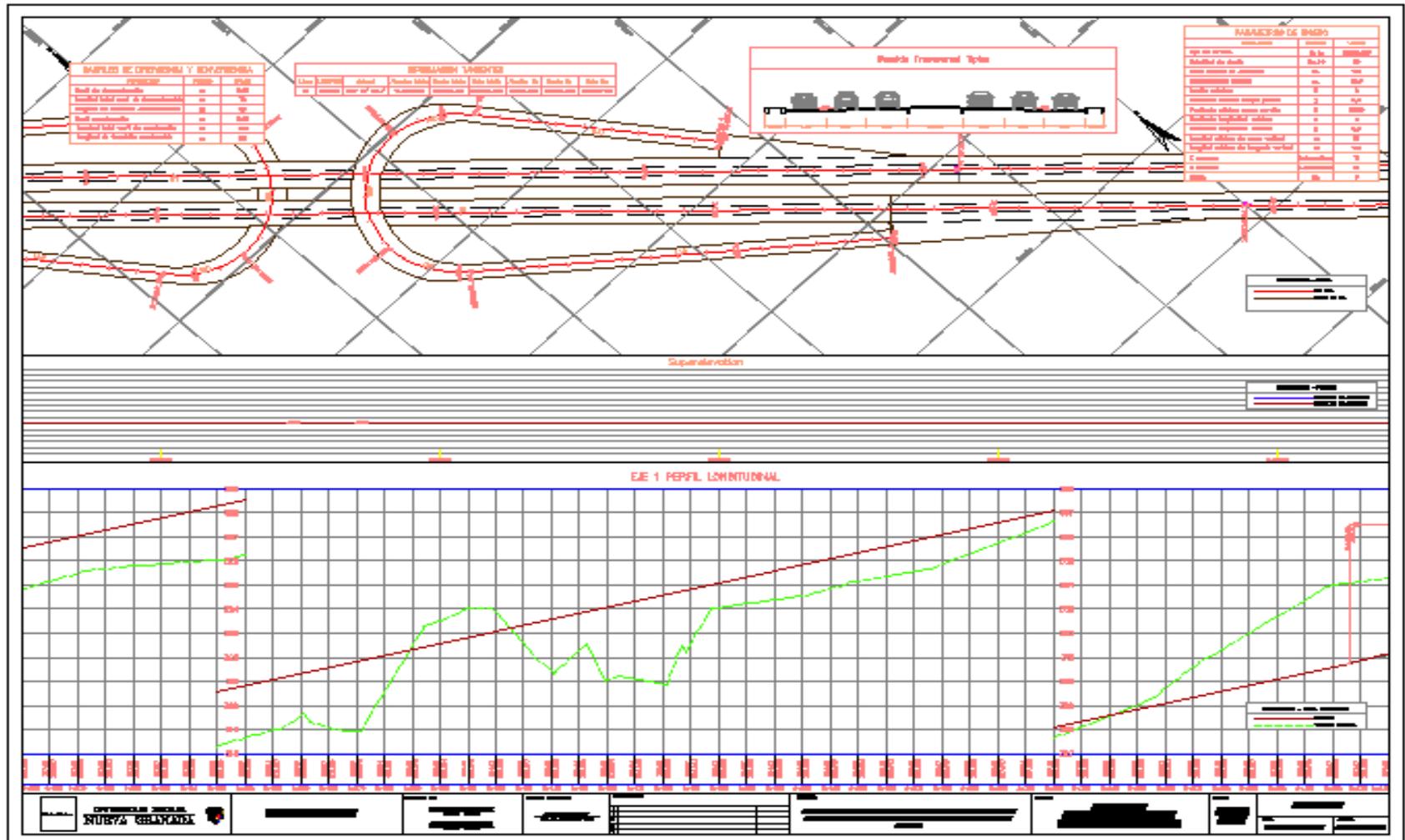
Tovar, L. N. (s.f.). *Diseño Geométrico De Viales Y Trazado De Carreteras Para Técnicos De Formación Profesional.*

Vías, I. N. (s.f.). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.*

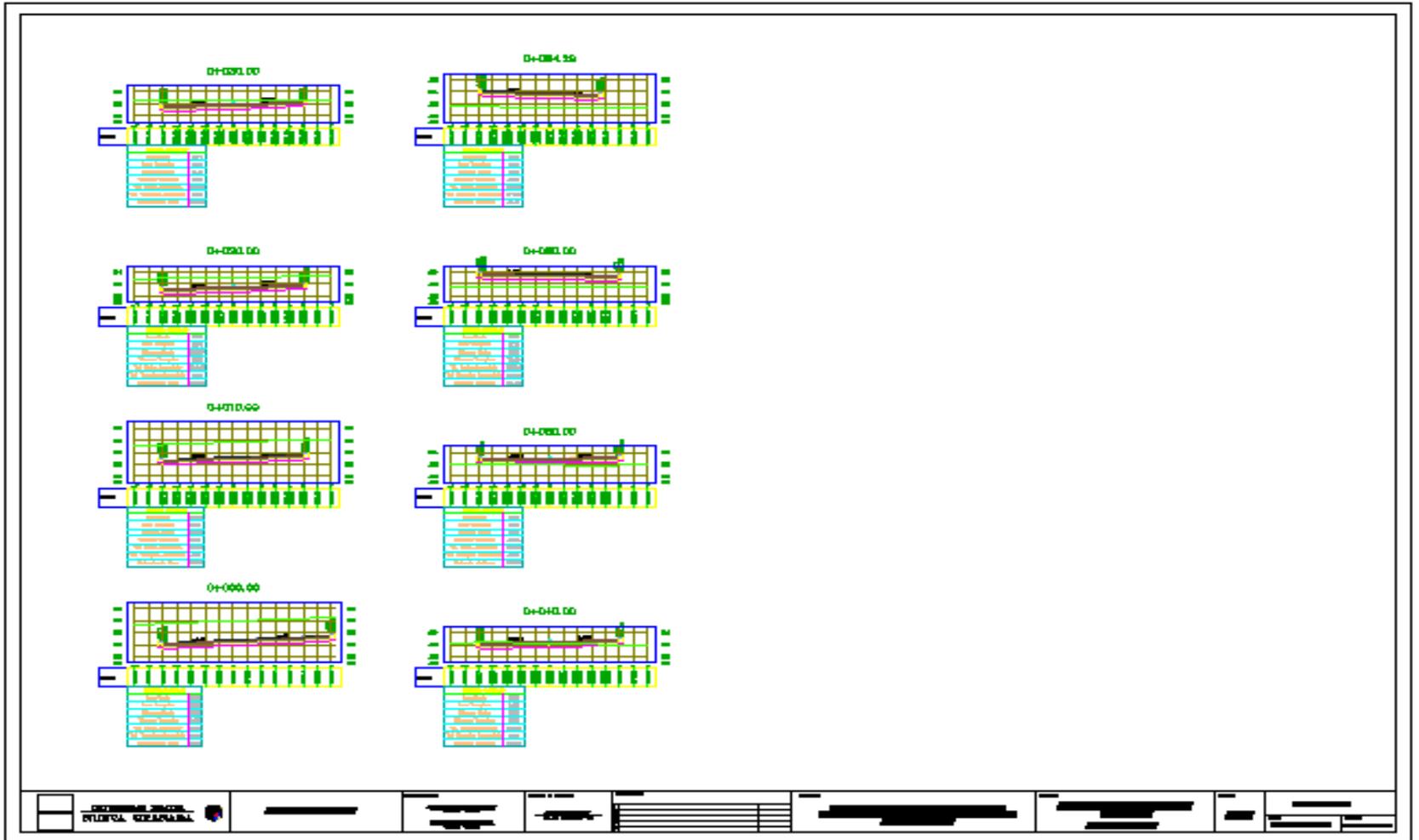
4. ANEXO PLANO (PLANTA,PERALTE Y PERFILES) DE TRAMO KM 01+470 HASTA KM 01+950 EJE1



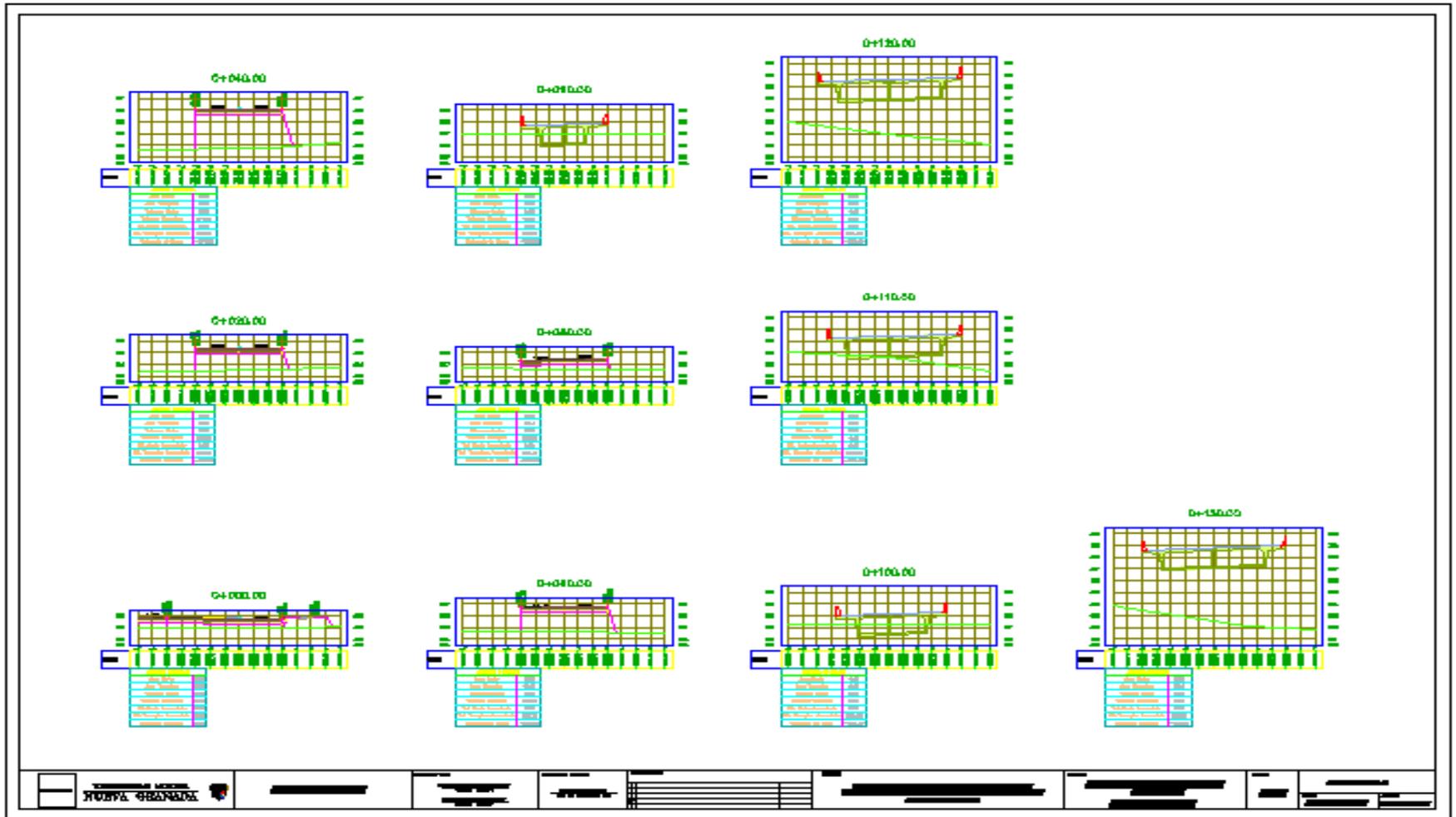
5. ANEXO PLANO (PLANTA,PERALTE Y PERFILES) DE TRAMO KM 01+950 HASTA KM 02+440 EJE1



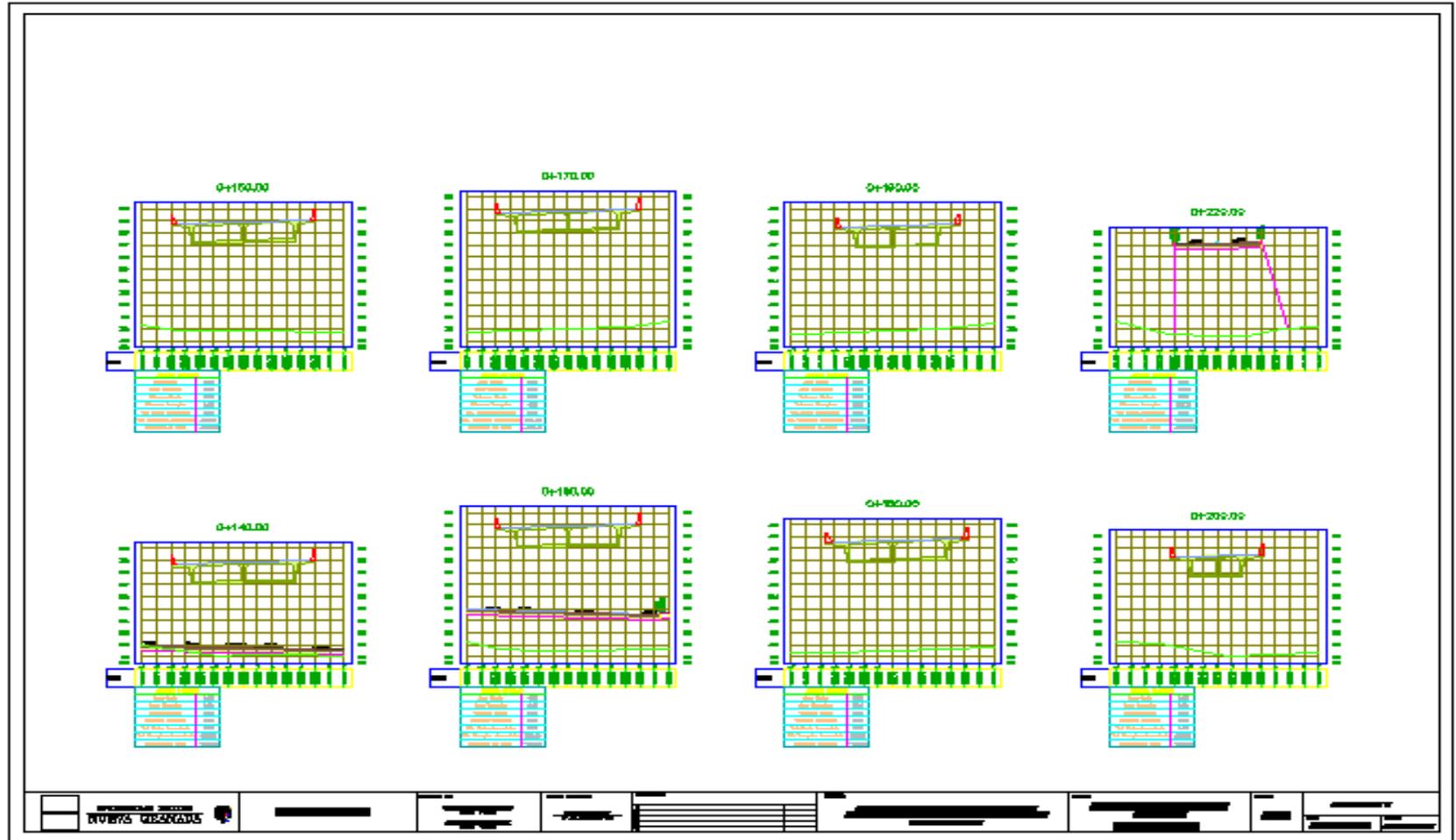
7. ANEXO SECCIONES TRANSVERSALES RETORNO A NIVEL



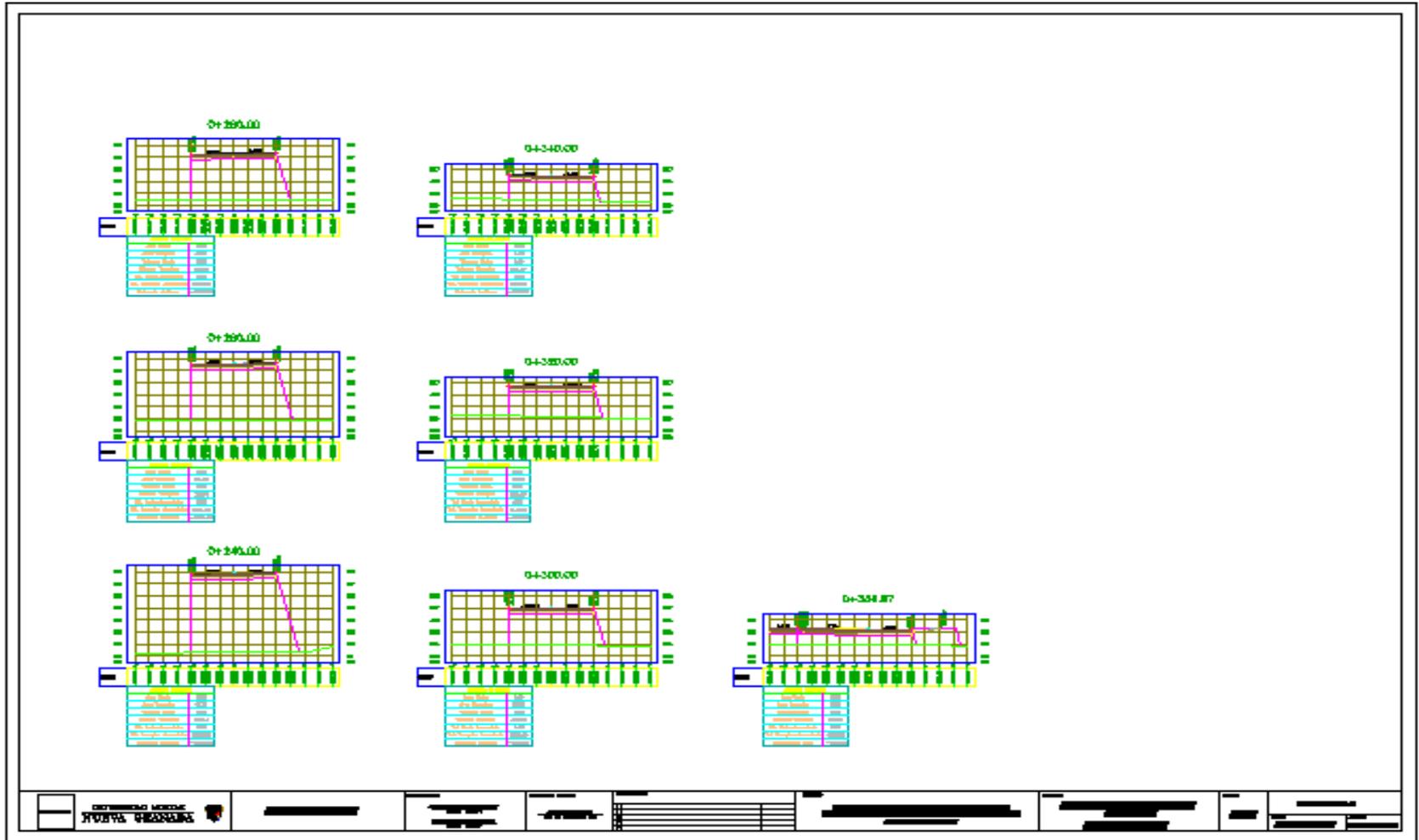
9. ANEXO SECCIONES TRANSVERSALES RETORNO A ELEVADO



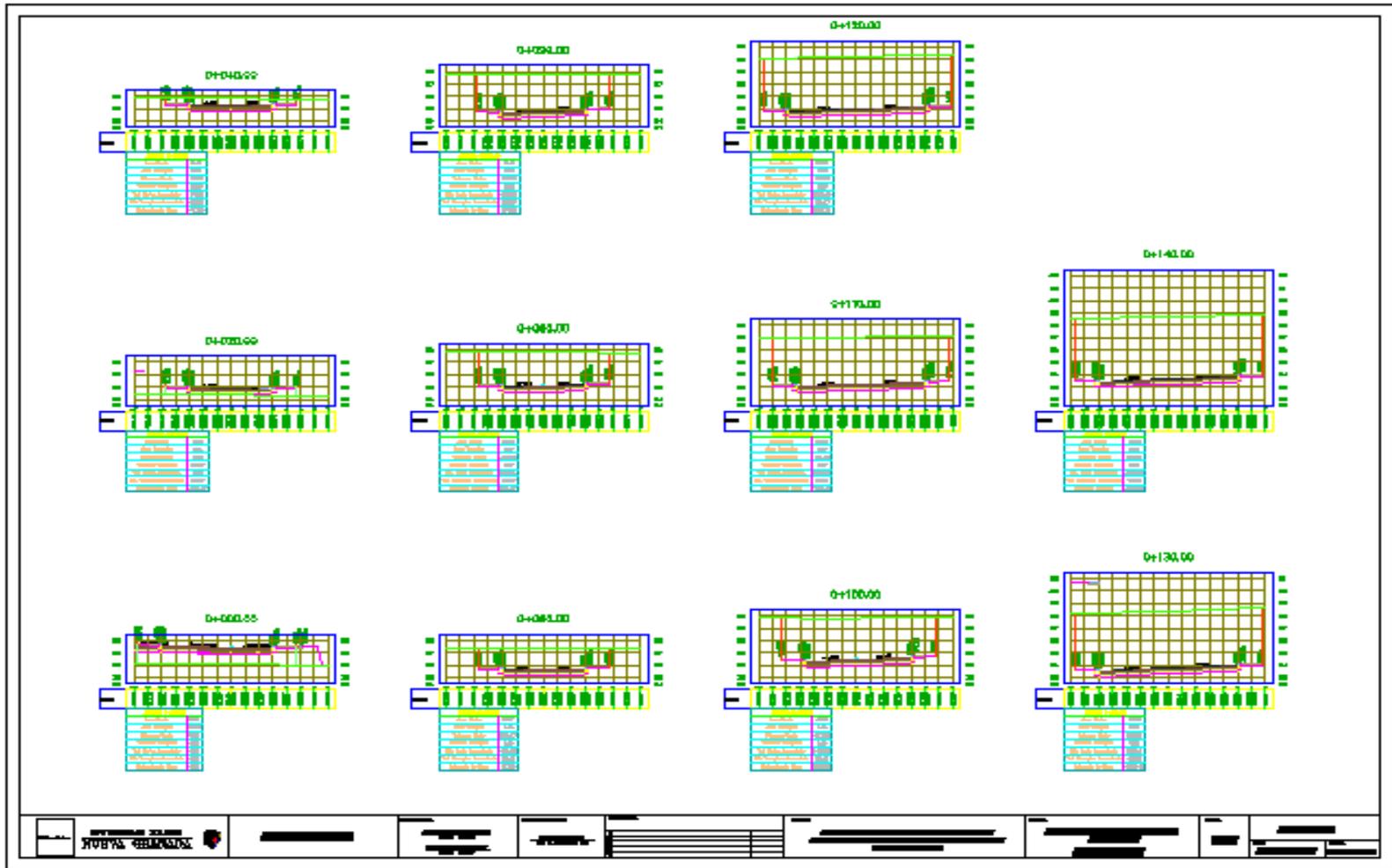
10. ANEXO SECCIONES TRANSVERSALES RETORNO A ELEVADO



11. ANEXO SECCIONES TRANSVERSALES RETORNO A ELEVADO



12. ANEXO SECCIONES TRANSVERSALES RETORNO DEPRIMIDO



13. ANEXO SECCIONES TRANSVERSALES RETORNO DEPRIMIDO

