



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

“Revisión del Proyecto Geométrico del
Camino
Sicuicho-Los Reyes del Tramo 6+500 al 8+640
con la Herramienta CivilCAD”

TESINA

PRESENTADA POR:
IVAN SÁNCHEZ VENTURA

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

ASESOR:
ING. DAVID ADAME ORDAZ

MORELIA MICHOACÁN
Julio 2007



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.	4
z..... Cl	
asificación de los caminos.	6
z..... Pl	
aneación de una carretera.	7
z..... Fu	
nciones de las diferentes capas de un pavimento.	8
z..... U	
ubicación y características del proyecto geométrico.	9
z..... Te	
rminología básica.	11
CAPÍTULO 1. ALINEAMIENTO HORIZONTAL.	13
1.1 Normas generales para el alineamiento horizontal.	13
1.2 Plano del alineamiento horizontal.	19
CAPÍTULO 2. ALINEAMIENTO VERTICAL.	20
2.1 Proyecto de sub-rasante.	20
2.2 Tangentes verticales.	20
2.3 Normas generales para el alineamiento vertical.	21
2.4 Nivelación.	22
2.5 Obras de drenaje.	23
2.6 Curvas verticales.	25
2.7 Correspondencia del alineamiento vertical, horizontal y normas.	27
2.8 Plano del alineamiento vertical.	29
CAPÍTULO 3. SECCIÓN TRANSVERSAL.	30
3.1 Características geométricas en relación a la sección transversal.	32
3.2 Sección tipo.	33
3.3 Secciones de construcción.	34
CAPÍTULO 4. ORDENADA CURVA MASA.	76
4.1 Elementos que conforman la ordenada de curva masa.	77
4.2 Comparativa de volúmenes.	79
4.3 Resumen de la ordenada curva masa.	81
CONCLUSIONES.	86
BIBLIOGRAFÍA.	87



INTRODUCCIÓN

Desde el principio de la existencia del ser humano se ha observado su necesidad por comunicarse, por lo cual fue desarrollando diversos métodos para la construcción de caminos, desde los caminos a base de piedra y aglomerante hasta nuestra época con métodos perfeccionados basándose en la experiencia que conducen a grandes autopistas de pavimento flexible o rígido.

El aislamiento y difícil acceso en el que se encuentran muchas comunidades de nuestro país, las ha privado de ser beneficiadas y apoyadas en muchos aspectos, manteniéndolas en un nivel de marginación preocupante. La falta de caminos que cuenten con las características principales de seguridad y confort ocasiona que estas comunidades se encuentren alejadas de los servicios básicos de atención médica y de educación, del acercamiento con otras ciudades con la finalidad de intercambiar sus productos, en fin de toda una serie de beneficios y servicios que darían a esas comunidades otro nivel de vida.

Es por esto que los caminos tienen una importancia vital en el desarrollo económico de cualquier país por lo que son la liga indispensable entre la producción y el consumo, así como la vía principal para intercambiar servicios de salud y de educación.

Entendemos por camino a la adaptación o formación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente que permitan el rodamiento adecuado de los vehículos que deban transitar sobre él. Para conseguir el acondicionamiento de esta faja y dadas las irregularidades que presenta la superficie terrestre es necesario modificar la topografía en la superficie que ocupa la faja por medio de excavaciones y rellenos principalmente.

Los caminos constan de una faja central llamada calzada, que es por donde transitan los vehículos y de dos fajas laterales más estrechas denominadas acotamientos destinado al tránsito de peatones o bestias de carga, el conjunto de estas fajas reciben el nombre de corona. En la actualidad existen dos formas para la construcción de la corona que es a base de pavimentos rígidos o a base de pavimentos flexibles.

Los pavimentos rígidos están formados por una losa de concreto hidráulico, con recubrimiento bituminoso o sin él, apoyada sobre una sub-rasante o sobre una capa de material seleccionado llamada sub-base (grava-arena). Los concretos usados son de resistencia relativamente grande, generalmente comprendida entre 210 kg/cm^2 y 350 kg/cm^2 , en general se usa concreto simple y en ocasiones reforzado.

Los pavimentos flexibles están formados por una capa o carpeta bituminosa apoyada generalmente en dos capas no rígidas, la base y la sub-base.



Para cumplir sus funciones un pavimento debe satisfacer dos condiciones básicas:

A) Ofrecer una buena y resistente superficie de rodamiento, con la rugosidad necesaria para garantizar buena fricción con la llanta del vehículo y con el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos.

B) Debe tener la resistencia apropiada y las características mecánicas convenientes para soportar las cargas impuestas con el tránsito y con deformaciones que no sean permanentes.

CivilCAD

CivilCAD es un módulo de AutoCAD específico para los profesionales de la Ingeniería Civil y Topografía de habla hispana. Desarrollado en colaboración con ingenieros que cuentan con amplia experiencia en el manejo de AutoCAD, CivilCAD es una herramienta que permite acelerar y facilitar las fases del diseño y dibujo de planos ejecutivos de proyecto. CivilCAD contiene ayuda en español y rutinas útiles para anotación automática de datos en líneas y arcos, generación de cuadros de construcción de polígonos y de curvas, reportes de puntos geométricos, memorias descriptivas y técnicas, resumen de áreas, generación automática de perfiles, secciones, curvas de nivel, cálculo de volúmenes, dibujo de polígonos, curvas y muchas utilerías más. CivilCAD cuenta con extensas cajas de diálogo que facilitan la entrada de datos. CivilCAD puede ser utilizado en conjunto con otras aplicaciones sin interferir en su uso para cubrir las diversas necesidades del estudio de Ingeniería Civil y Topografía.



Clasificación de los caminos.

1. En cuanto a su finalidad y a la zona en que se ubicarán los caminos se clasifican en:

- Caminos de función social cuyo objetivo es la incorporación de los núcleos de población marginados al desarrollo socioeconómico del país.
- Caminos de penetración económica que se construyen en zonas con una gran riqueza potencial susceptibles de ser explotados económicamente.
- Caminos en zonas en pleno desarrollo que tienen como finalidad de propiciar el desarrollo de zonas que por su ubicación y condiciones particulares son aptas para la construcción de grandes centros industriales.

2. Desde el punto de vista administrativo los caminos se clasifican en:

- Caminos federales cuyo costo de construcción y conservación está a cargo de la federación. Son los caminos principales y constituyen la base de la red de caminos del país.
- Caminos estatales comprendidos en el plan de cooperación, costeados 50% por la federación y 50% por el gobierno del estado correspondiente. La conservación de estos caminos queda a cargo del gobierno del estado.
- Caminos vecinales construidos en forma tripartita por la federación, el gobierno del estado, y los particulares. La conservación queda a cargo del gobierno del estado.
- Caminos de cuota a cargo de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos. La inversión es recuperable a través de las cuotas de los usuarios.

3. Por transitabilidad que corresponde a las etapas de construcción de los caminos se clasifican en:

- Terracerías cuando se ha construido la sección del proyecto hasta su nivel de sub-rasante transitable en tiempo de secas.
- Revestida cuando sobre la sub-rasante se ha colocado ya uno o varias capas de material granular y es transitable en todo tiempo.
- Pavimentada cuando sobre la sub-rasante se ha construido totalmente el pavimento.

4. Según la intensidad de tránsito.

- Las carreteras se clasifican de acuerdo a su tránsito diario promedio anual (TDPA) en la forma siguiente:
- TIPO A2: Para un TDPA de tres mil (3,000) a cinco mil (5,000) vehículos, velocidad de tránsito de 50-110 km/h.
- TIPO A4 y A4S: Para un TDPA de cinco mil (5,000) a veinte mil (20,000) vehículos, velocidad de tránsito de 70 a 110 km/h. El tipo A4S es una carretera de cuerpos separados y A4 de un solo cuerpo.



- TIPO B: Para un TDPA de mil quinientos (1,500) a tres mil (3,000) vehículos, velocidad de tránsito de 50-110 km/h.
- TIPO C: Para un TDPA de quinientos (500) a mil quinientos (1,500) vehículos, velocidad de tránsito de 40-100 km/h.
- TIPO D: Para un TDPA de cien (100) a quinientos (500) vehículos, velocidad de tránsito de 40-100 km/h.
- TIPO E: Para un TDPA de hasta cien (100) vehículos, velocidad de tránsito de 30-70 km/h.

La clasificación para el camino actual corresponde a:

- Desde el punto de vista administrativo el proyecto y la elaboración de este camino fue costeado en un 50% por la federación y el otro 50% por el gobierno del estado. La conservación del mismo está a cargo del gobierno del estado a través de la Junta de Caminos.
- Por transitabilidad que corresponde a las etapas de construcción el camino es de tipo pavimentación, el cual se realizó de pavimento flexible. Para esta etapa de proyecto comprenderá únicamente hasta el nivel de la sub-rasante lo que corresponde únicamente hasta el nivel de terracería.
- Según la intensidad de tránsito corresponde al tipo D, para un TDPA de 100 a 500 equivalentes a un tránsito horario máximo anual de 12 a 120 vehículos.
- La velocidad de proyecto es escalonada, aunque la mayoría del camino está proyectada a una velocidad de 50 km/h.

Planeación de una carretera.

La planeación consiste en agrupar dentro del análisis técnico, de manera armónica y coordinada todos los factores geográfico-físicos, económico-sociales y políticos que caracterizan a una determinada región.

El objetivo de lo anterior es el de descubrir claramente la variedad de problemas y deficiencias de toda índole, las zonas de mayor actividad humana actual y aquellas económicamente potenciales para dar, por último como resultante, un estudio previo de las comunicaciones como instrumento eficaz para ajustar, equilibrar, coordinar y promover el adelanto más completo de la zona considerada, tanto en sí misma como en sus ínter influencias regionales, nacionales y continentales.

La conclusión da a conocer los grandes lineamientos de una obra vial por ejecutar, todo con fundamento en la demanda de caminos deducida de las condiciones socio-económico-políticas prevalecientes.



Funciones de las diferentes capas de un pavimento.

a) Terracerías: La función de las terracerías es la de dar forma a la obra civil, recibir las cargas disipadas de los vehículos y formar una sustentación adecuada para el pavimento. Se compactan de 90% a 95% de su PVSM (suelo de mala calidad y carretera importante).

b) Sub-rasante: Constituye una transición entre el pavimento y la terracería, se exige que los materiales tengan un VRS mayor del 5% y una expansión menor del 5%.

- Recibir y resistir las cargas de tránsito, que le son transmitidas por el pavimento.
- Transmitir y distribuir adecuadamente las cargas de tránsito al cuerpo del terraplén.
- Estas dos funciones son comunes a todas las capas de las secciones transversales de una vía terrestre.
- Evitar que el pavimento sea obstruido por las terracerías.
- Evitar que las imperfecciones de la cama de los cortes se reflejen en la superficie de rodamiento.
- Economizar espesores del pavimento, en especial cuando los materiales de las terracerías requieran un espesor más grande.

c) Sub-base:

- Una de las funciones es de economizar, ya que es más factible realizar una capa de mayor espesor pero de menor calidad.
- La sub-base, más fina que la base actúa como filtro de ésta e impide su incrustación en la sub-rasante.
- Absorbe deformaciones perjudiciales en la subrasante, por ejemplo cambios volumétricos asociados a cambios de humedad impidiendo que se reflejen en la superficie del pavimento.
- Actúa como dren para desalojar el agua del pavimento y para impedir la ascensión capilar hacia la base del agua procedente de la terracería.
- Recibir y resistir las cargas de tránsito a través de la capa que constituye la superficie de rodamiento (carpeta asfáltica o losa).

d) Base:

- Proporciona un elemento resistente al pavimento para transmitir a la sub-base y a la sub-rasante esfuerzos de menor intensidad.

e) Carpeta:

- Impedir el paso del agua al interior del pavimento.
- Proporcionar una superficie de rodamiento adecuada.

La capacidad de carga de los materiales friccionantes es baja en la superficie falta de confinamiento, razón por la cual es necesaria que sobre de ella exista una capa de material cohesivo y con resistencia a la tensión. Lo anterior lo proporciona la carpeta asfáltica.



Ubicación y características del proyecto geométrico

Macro localización

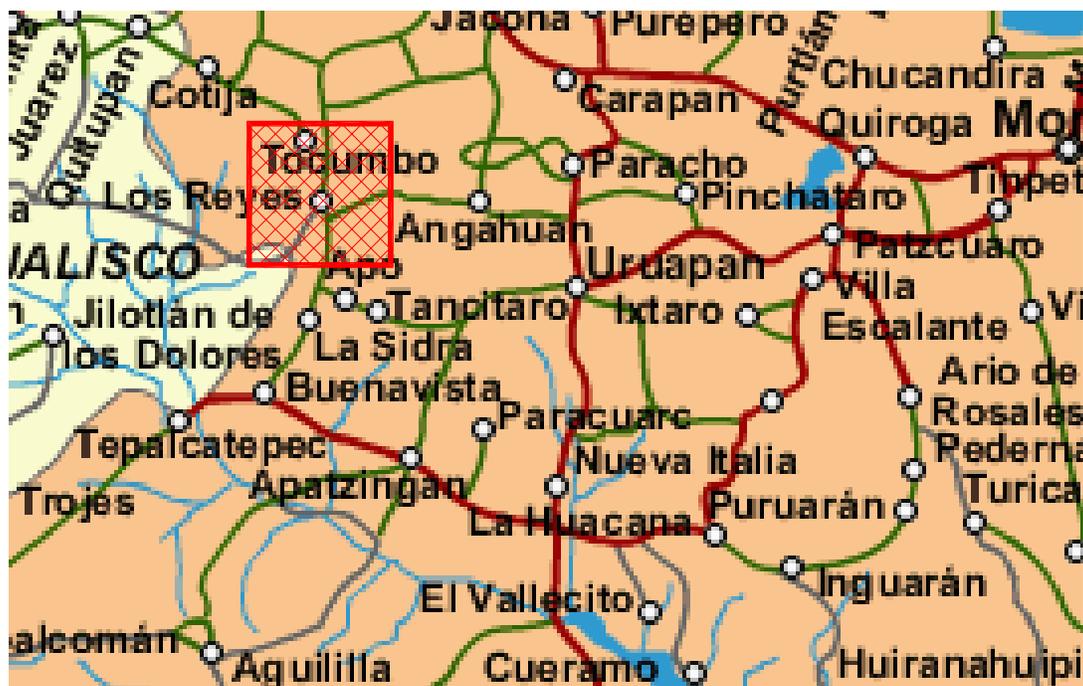
El proyecto se encuentra en el municipio de Los Reyes, el cual se localiza al oeste del estado, en las coordenadas 19° 35' de latitud norte y 102° 28' de longitud oeste a una altura de 1300 msnm. Limita al norte con Tingüindín, al este con Charapan y Uruapan, al sur con Periban y el Estado de Jalisco, y al oeste con Tocumbo, su distancia a la capital del Estado es de 220 km.





Micro localización

- La comunidad de Sicuicho se encuentra al noroeste de la ciudad de los Reyes, sus coordenadas geográficas son $19^{\circ}39'$ latitud norte $102^{\circ}20'$ longitud oeste: limita con las comunidades de Pamatácuaro al norte, hacia al sur con San Francisco Peribán, al este con Charapan y al oeste con Atapan. Le corresponde una altura de 2400 msnm, su clima es frío con períodos de lluvias que comprende de junio a septiembre.
- Su ubicación está dentro de los caminos de penetración económica ya que en esta región existen diferentes productos de exportación a zonas urbanas como lo es la caña de azúcar, fresa y el aguacate.





Terminología básica.

Acotamientos:

Son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino, protegen contra la humedad y la erosión, mejoran la visibilidad en los tramos en curvas, facilitan el trabajo de conservación del camino y mejoran la apariencia del mismo.

Ancho:

Es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la sub-corona con los taludes del terraplén, cuneta o corte.

Ampliación en curva:

Incremento al ancho de corona y calzada, en el lado interior de las curvas del alineamiento horizontal.

Bordillo:

Elemento que se construye sobre los acotamientos, junto a los hombros de los terraplenes para evitar que el agua erosione el talud.

Calzada:

Es la parte de la corona destinada al tránsito vehicular y constituida por uno o más carriles.

Carril:

Es la faja de ancho de superficie para la circulación de una hilera de vehículos.

Corona:

Es la superficie de camino terminado que queda comprendido entre los hombros del camino.

Derecho de vía:

Superficie de terreno cuyas dimensiones fija la SCT, que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección, y en general para el uso adecuado de una vía de comunicación y/o de sus auxiliares.

Hombro:

En sección transversal, punto de intersecciones de las líneas definidas por el talud del terraplén y la corona, o por ésta y el talud interior de la cuneta.

Rasante:

Proyección del desarrollo del eje de la corona de una carretera sobre un plano vertical.

**Sobre-elevación:**

Pendiente transversal descendiente que se dá a la corona hacia el centro de la curva de alineamiento horizontal para contrarrestar, parcialmente, el efecto de la fuerza centrífuga.

Sub-corona:

Es la superficie que limita las terracerías y sobre la que se apoyan las capas del pavimento.

Sub-rasante:

Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la sub-corona.

Talud:

Es la superficie comprendida, en cortes entre la línea de ceros y el fondo de la cuneta y en terraplenes, entre la línea de ceros y el hombro correspondiente. Los taludes en cortes y terraplenes se fijan de acuerdo con su altura y la naturaleza del material que los forma.

Pendiente gobernadora:

Es la pendiente del eje del camino que se puede mantener indefinidamente, y que sirve de base para fijar las longitudes máximas que se deben dar a pendientes mayores que ella, para una velocidad de proyecto dada.

Pendiente máxima:

Es la mayor pendiente del eje de un camino que se podrá usar en una longitud determinada.

Velocidad de punto:

Es la velocidad de un vehículo a su paso por un punto del camino, los valores usuales para estimarla son: el promedio de las velocidades en un punto de todos los vehículos o de una clase dada de vehículos.

Velocidad de proyecto:

Velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un tramo de carretera y que se utiliza para su diseño geométrico.



CAPÍTULO 1. ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal es la proyección sobre el plano horizontal de la sub-corona de un camino, los elementos que integran el alineamiento horizontal son las tangentes, las curvas circulares y las tangentes de transición.

Para trazar el alineamiento horizontal de cualquier camino es muy importante auxiliarse de una carta topográfica para hacer el trazo con mayor facilidad en el campo, en este caso es especial porque este proyecto ya fue realizado y solo se hicieron ajustes correspondientes al tipo de camino que se va a realizar y a la velocidad de proyecto.

Las tangentes horizontales estarán definidas por su longitud y su azimut. La longitud mínima entre dos curvas circulares inversas con transición mixta deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de dichas transiciones.

Entre dos curvas circulares inversas con espirales de transición, la longitud mínima podrá ser igual a cero.

Entre dos curvas circulares inversas cuando una de ellas tiene espiral de transición y la otra tiene transición mixta, la longitud mínima deberá ser igual a la mitad de la longitud de la transición mixta.

Entre dos curvas circulares del mismo sentido, la longitud mínima de la tangente no tiene valor especificado.

La longitud máxima de tangentes no tiene límite especificado sin embargo hay que tomar las recomendaciones de las normas generales.

Las curvas circulares del alineamiento horizontal estarán definidas por su grado de curvatura y por su longitud.

1.1 Normas generales para el alineamiento horizontal.

Las normas generales que están reconocidas en la práctica y que son importantes para lograr una circulación cómoda y segura son las siguientes:

1. La seguridad del tránsito que debe ofrecer el proyecto es la condición que debe tener preferencia.
2. La topografía condiciona muy especialmente los radios de curvatura y la velocidad de proyecto.

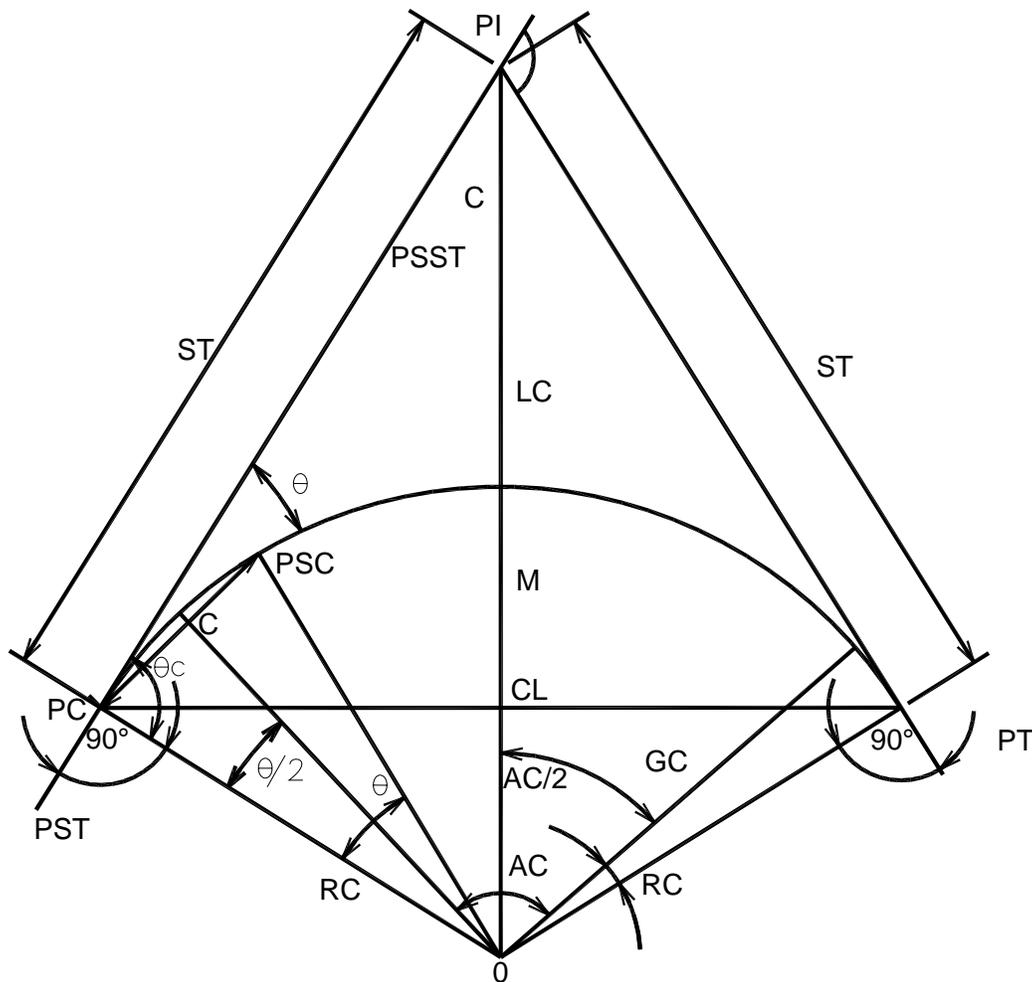


3. La distancia de visibilidad debe ser tomada en todos los casos, por que con frecuencia la visibilidad requiere de radio mayor que la velocidad en sí.
4. El alineamiento debe ser tan direccional como sea posible sin dejar de ser consiente de la topografía. Una línea que se adapte al terreno natural, es preferible a otra con tangentes largas pero con repetidos cortes y terraplenes.
5. Para una velocidad de proyecto dada, debe evitarse dentro de lo razonable, el uso de la curvatura máxima permisible. El proyectista debe saber en general cuando usar curvas suaves dejando las curvaturas máximas para condiciones más críticas.
6. Debe procurarse de que el alineamiento uniforme no tenga quiebres bruscos en su desarrollo, por lo que deben evitarse curvas forzadas después de tangentes largas o pasar repetitivamente de tramos de curvas suaves a otros de curvas forzadas.
7. En terraplenes altos y largos solo son aceptables alineamientos rectos o de muy suave curvatura, pues es muy difícil para un conductor percibir alguna curvatura forzada y ajustar su velocidad a las condiciones prevalecientes.
8. Debe evitarse el uso de curvas inversas que presenten cambios de dirección rápidos, pues dichos cambios hacen difícil al conductor mantenerse dentro de su carril, resultando peligrosa la maniobra. Las curvas inversas deben proyectarse con una tangente intermedia, la cual permite que el cambio de dirección sea suave y seguro.
9. En caminos abiertos debe evitarse el uso de curvas compuestas, sobre todo donde sea necesario proyectar curvas forzadas. Se debe entender por curvas compuestas cuando dos curvas circulares se unen en un punto de tangencia, en el que ambas están al mismo lado de la tangente común; si las dos curvas son del mismo sentido, pero de diferente radio, se le denominan curva compuesta directa; si son de sentido contrario, compuesta inversa. Siempre tiene un punto común de tangencia llamado punto de curvatura compuesta (PCC). Las curvas compuestas se pueden emplear siempre y cuando la relación entre el radio mayor y el menor sea igual o menor de 1.5 con el fin de resolver en forma adecuada la transición de sobre-elevación, donde ésta se debe desarrollar uniformemente sobre una longitud adecuada para las velocidades de circulación con el fin de satisfacer los requisitos de confort y seguridad ya que al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar de pendiente de la corona, desde el bombeo hasta la sobre-elevación correspondiente a la curva.
10. Un alineamiento con curvas sucesivas en la misma dirección debe evitarse cuando exista tangentes cortas entre ellas, pero puede proporcionarse cuando las tangentes sean mayores a 500 metros.
11. Es conveniente limitar de tangentes muy largas pues la atención del conductor se concentra durante largo tiempo en puntos fijos lo que motiva la somnolencia, especialmente durante la noche por lo que es preferible proyectar un alineamiento ondulado con curvas muy amplias.



Elementos de curvas circulares.

Cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular, esta se denomina curva simple. En el sentido del kilometraje, las curvas simples pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha.





PI	Punto de intersección de la prolongación de las tangentes.	Θ	Ángulo de deflexión a un PSC.
PC	Punto donde comienza la curva circular simple.	Θ	Ángulo a una cuerda cualquiera.
PT	Punto donde termina la curva circular simple.	Θc	Ángulo de la cuerda larga.
PST	Punto sobre tangente.	Gc	Grado de curvatura de la curva circular.
PSST	Punto sobre sub-tangente.	Rc	Radio de la curva circular.
PSC	Punto sobre la curva circular.	ST	Sub-tangente.
O	Centro de la curva circular.	E	Externa.
A	Ángulo de deflexión de la tangente.	M	Ordenada media.
Ac	Ángulo central de la curva circular.	C	Cuerda.
		CL	Cuerda larga.
		T	Longitud de un arco.
		Lc	Longitud de la curva circular.



AMPLIACIONES, SOBREELEVACIONES Y TRANSICIONES PARA CARRETERAS TIPO "E" Y "D"																
VELOCIDAD		30			40			50			60			70		
Gc	Rc (m)	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0° 30'	2291.84	20	3.0	10	20	3.0	13	20	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22
1° 00'	1145.92	20	3.0	10	20	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22
1° 30'	763.94	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	40	3.0	22
2° 00'	572.96	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	40	3.0	19	40	3.0	22
2° 30'	458.37	30	3.0	10	30	3.0	13	40	3.0	16	40	3.0	19	50	3.0	22
3° 00'	381.97	30	3.0	10	40	3.0	13	40	3.0	16	50	3.0	19	50	4.0	22
3° 30'	327.40	30	3.0	10	40	3.0	13	40	3.0	16	50	3.2	19	60	4.7	26
4° 00'	286.48	30	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	50	3.6	19	60	5.3	30
4° 30'	254.65	40	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	60	4.1	20	60	6.0	34
5° 00'	229.18	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.0	16	60	4.5	22	70	6.7	37
5° 30'	208.35	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.2	16	60	5.0	24	70	7.3	41
6° 00'	190.99	40	3.0	10	50	3.0	13	60	3.5	16	60	5.5	26	70	8.0	45
6° 30'	176.29	50	3.0	10	50	3.0	13	60	3.8	16	70	5.9	28	80	8.7	49
7° 00'	163.70	50	3.0	10	50	3.0	13	60	4.1	16	70	6.4	31	80	9.3	52
7° 30'	152.79	50	3.0	10	60	3.0	13	70	4.4	18	70	6.8	33	80	10.0	56
8° 00'	143.24	50	3.0	10	60	3.0	13	70	4.7	19	80	7.3	35			
8° 30'	134.81	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.0	20	80	7.7	37			
9° 00'	127.32	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.3	21	80	8.2	39			
9° 30'	120.62	60	3.0	10	70	3.2	13	70	5.5	22	80	8.6	41			
10° 00'	114.59	60	3.0	10	70	3.3	13	80	5.9	24	90	9.1	44			
11° 00'	104.17	60	3.0	10	70	3.7	13	80	6.5	26	90	10.0	48			
12° 00'	95.49	60	3.0	10	80	4.0	13	90	7.1	28						
13° 00'	88.15	70	3.0	10	80	4.3	14	90	7.6	31						
14° 00'	81.85	70	3.0	10	80	4.7	15	90	8.2	33						
15° 00'	76.39	70	3.0	10	90	5.0	16	100	8.8	35						
16° 00'	71.62	80	3.0	10	90	5.3	17	100	9.4	38						
17° 00'	67.41	80	3.0	10	90	5.7	18	110	10.0	40						
18° 00'	63.66	80	3.0	10	100	6.0	19									
19° 00'	60.31	90	3.2	10	100	6.3	20									
20° 00'	57.30	90	3.3	10	100	6.7	21									
22° 00'	52.09	100	3.7	10	110	7.3	23									
24° 00'	47.75	100	4.0	10	120	8.0	26									
26° 00'	44.07	110	4.3	10	130	8.7	28									
28° 00'	40.93	110	4.7	11	130	9.3	30									
30° 00'	38.20	120	5.0	12	140	10.0	32									
32° 00'	35.81	130	5.3	13												
34° 00'	33.70	130	5.7	14												
36° 00'	31.83	140	6.0	14												
38° 00'	30.16	150	6.3	15												
40° 00'	28.65	150	6.7	16												
42° 00'	27.28	160	7.0	17												
44° 00'	26.04	160	7.3	18												
46° 00'	24.91	170	7.7	18												
48° 00'	23.87	180	8.0	19												
50° 00'	22.92	180	8.3	20												
52° 00'	22.04	190	8.7	21												
54° 00'	21.22	190	9.0	22												
56° 00'	20.46	200	9.3	22												
58° 00'	19.76	200	9.7	23												

Ac Ampliación de la calzada y la corona en cm.

En carreteras tipo E no se dará la ampliación por curvatura a menos que se proyecten libraderos en curva horizontal.

Sc Sobre-Elevación, en porcentaje

Le longitud de la transición mixta, en metros.



60° 00'	19.10	210	10.0	24
---------	-------	-----	------	----

Resumen de curvas horizontales.

CURVA	PI	Δ	Gc	ST	Lc	Rc
1	6+589.168	10°6'0.00'' DER	6°0'0.00''	16.893	33.699	190.986
2	6+687.672	22°4'2.22'' IZQ	10°0'0.00''	22.344	44.135	114.592
3	6+802.276	11°4'7.69'' IZQ	4°0'0.00''	27.758	55.344	286.479
4	6+932.331	4°28'22.28'' IZQ	10°0'0.00''	44.751	89.457	1145.916
5	7+178.055	46°8'24.23'' DER	14°0'0.00''	34.862	65.914	81.851
6	7+302.089	23°25'49.49'' IZQ	12°0'0.00''	19.802	39.051	95.493
7	7+410.921	25°0'15.00'' DER	16°0'0.00''	15.946	31.380	71.620
8	7+496.957	37°40'42.03'' IZQ	30°0'0.00''	13.033	25.119	38.197
9	7+565.005	45°55'35.80'' DER	24°0'0.00''	20.231	38.272	47.746
10	7+928.301	18°19'19.64'' DER	6°0'0.00''	30.800	61.074	190.986
11	8+243.571	6°42'49.72'' IZQ	4°0'0.00''	16.804	33.569	286.479
12	8+504.053	10°57'45.54'' IZQ	3°0'0.00''	36.654	73.084	381.972
13	8+771.25.4	24°45'25.73'' IZQ	10°0'00''	25.150	49.514	114.592
14	8+861.805	22°51'34.84'' DER	12°0'0.00''	19.307	38.099	95.493
15	8+931.631	24°8'23.69'' DER	16°0'0.00''	15.315	30.175	71.62



1.2 Plano del alineamiento horizontal.



CAPÍTULO 2. ALINEAMIENTO VERTICAL.

Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje del camino. En el perfil longitudinal de un camino la sub-rasante es la línea de referencia que define el alineamiento vertical y su posición depende primordialmente de la topografía de la zona.

2.1 Proyecto de sub-rasante.

La sub-rasante es el perfil de las terracerías terminadas del camino y la rasante es el perfil de la superficie de rodamiento, y en general es paralela a la sub-rasante y queda sobre ella. Está formada por una serie de líneas rectas con respectivas pendientes, y unidas de una pendiente a otra por curvas verticales tangentes a ellas. Las pendientes, siguiendo el sentido de kilometraje, serán ascendentes o descendentes. Las primeras se consideran positivas y las segundas se marcan con el signo negativo.

El proyecto de la sub-rasante se hace sobre el perfil del trazo definitivo, procurando compensar las excavaciones y los rellenos, pero sin sobrepasar las pendientes especificadas para el camino que se proyectó. Es indispensable tomar en consideración los puntos de paso obligado, como: cruces con caminos, vías férreas, oleoductos, líneas de alta tensión barrancas etc.

Los elementos que forman el alineamiento vertical son las tangentes verticales y las curvas parabólicas que ligan dichas tangentes.

2.2 Tangentes verticales.

Se caracterizan por su longitud y pendiente y están estimadas por dos curvas sucesivas. Su longitud es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente, y su pendiente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma.

Los valores máximos para la pendiente gobernadora se indican en la tabla 1 para los diferentes tipos de carretera.

Los valores determinados para la pendiente máxima se indican en la tabla 1 para los diferentes tipos de carretera y terreno.

La pendiente mínima en zonas con sección en corte y/o balcón no deberá ser menor del cero punto cinco por ciento (0.5%), y en zonas con secciones en terraplén la pendiente podrá ser nula.



CARRETERA TIPO	PENDIENTE GOBERNADORA (%)			PENDIENTE MÁXIMA (%)		
	TIPO DE CARRETERA			TIPO DE TERRENO		
	PLANO	LOMERÍO	MONTAÑOSO	PLANO	LOMERÍO	MONTAÑOSO
E	--	7	9	7	10	13
D	--	6	8	6	9	12
C	--	5	6	5	7	8
B	--	4	5	4	6	7
A	--	3	4	4	5	6

Tabla 1. Valores máximos de la pendiente gobernadora y de la pendiente máxima.

2.3 Normas generales para el alineamiento vertical.

En el perfil longitudinal de cualquier carretera la sub-rasante es la línea de referencia que define al alineamiento vertical. La posición de la sub-rasante depende principalmente de las condiciones topográficas sobre las cuales se va a construir el camino pero existen otros factores que se debe tomar en cuenta:

1. La condición topográfica del terreno influye en diversas formas al definir la sub-rasante; así en terrenos planos a la altura de la sub-rasante sobre el terreno, es regulada casi en su totalidad por las obras de drenaje. En terrenos de lomerío se adoptan sub-rasantes onduladas, las cuales convienen tanto en razón de operación de vínculos como por el costo total del camino. En terrenos montañosos la sub-rasante es controlada estrechamente por las restricciones y condiciones de la topografía.
2. Una sub-rasante suave con cambios es consistente en el tipo de camino y el carácter del terreno: a esta clase de proyecto debe dársele preferencia, en lugar de uno con numerosos quiebres y pendientes en longitudes cortas. Los valores del diseño son la pendiente máxima y la longitud crítica, pero la manera en que estos se aplican y adaptan al terreno formando una línea continua, determina la adaptabilidad y la apariencia del camino.
3. Deben enviarse vados formados por curvas verticales muy cortas, debe cuidarse que el gasto que circula sobre la corona no perjudique el camino ni a los vehículos además de que esto reduce notablemente la velocidad de los vehículos en algunos casos hasta cero.
4. Dos curvas verticales sucesivas y en la misma dirección separada por una tangente vertical corta, deben ser evitadas, particularmente en columpios donde la vista completa de ambas verticales no es muy agradable, este efecto es muy notable en caminos divididos con aberturas espaciadas en la faja separadora central.
5. Un perfil escalonado es preferible a una sola pendiente sostenida, porque aprovechar el aumento de velocidad previo al ascenso y el correspondiente impulso, pero evidentemente solo al adaptarse al sistema para vencer desniveles pequeños o cuando no hay limitaciones en el desarrollo horizontal.



6. Cuando la magnitud del desnivel a vencer o la limitación del desarrollo motiva largas pendientes uniformes, de acuerdo a las características predecibles de tránsito, puede convenir adoptar un carril adicional en la sección transversal, lo cual no sucedió en nuestro camino.
7. Cuando se trata de salvar desniveles apreciables con pendientes escalonadas o largas pendientes uniformes, deberá procurarse disponer las pendientes más fuertes al comenzar el ascenso que es cuando el vehículo lleva mayor velocidad.

Donde las intersecciones a nivel ocurren en tramos de caminos con pendientes de moderadas o fuertes, es deseable reducir la pendiente a través de la intersección: este cambio en el perfil es benéfico para que los vehículos den la vuelta.

2.4 Nivelación.

Se realizará para conocer el perfil de la línea preliminar, determinando las cotas de cada una de las estaciones del trazo y además de todos los puntos intermedios como: cambios de pendientes, causes de ríos, barrancas, canales, etc.

La nivelación se debe referir al nivel medio del mar, los bancos de nivel se deben colocar en sitios que garanticen su permanencia, preferentemente en obras de mampostería, rocas fijas y troncos de árboles, anotando en un lugar visible el kilómetro en que se encuentra y el número de orden que le corresponde en ese kilómetro, así como su elevación.

BN-6-2 Elevación 807.353

Es necesario colocar un banco de nivel a cada 500 metros y en todos los puntos apropiados para la ubicación de las obras de drenaje, ya sean puentes o alcantarillas.

En este proyecto ya que es una comparativa con un proyecto que se hizo originalmente, con el método tradicional de cálculo, iniciamos sacando los puntos y elevaciones apoyándonos con las secciones de construcción ya realizadas y el perfil de proyecto.



2.5 Obras de drenaje.

El drenaje es la vida de un camino, y esto se logra evitando que el agua llegue a él o bien dando salida a la que inevitablemente le llega. Cuando un camino está en sección de corte y/o balcón, es muy importante hacer contracunetas cuya sección la indicará la dependencia supervisora, además se hará su cuneta respectiva y los canales de entrada y salida de las obras de drenaje, ya sea alcantarilla de tubo de lámina o alcantarillas de losa.

En algunos caminos dependiendo de su zona geográfica se les construirán bordos, canales y lavaderos. En general para hacer el estudio de un camino se tendrá en cuenta principalmente el funcionamiento hidráulico; el cual depende de la localización de la obra, del área hidráulica necesaria para drenar esa cuenca y el tipo de obra que se va a proyectar.

En seguida se describirán las principales obras de drenaje del camino:

Bombeo:

Es la pendiente que se dá a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre el camino; el bombeo depende de la precipitación pluvial y de la clase de superficie del camino, ya que una superficie dura y tersa requiere menos bombeo que una rugosa falta de compactación.

Cuneta:

Son canales que se hacen a los lados de la cama del camino o sección de corte o balcón y su función es interceptar el agua que escurre del camino, del talud del corte y del terreno natural adyacente, para conducirla hacia una corriente natural o a una obra transversal.

Contracuneta:

Es una zanja de sección trapezoidal que se excava arriba de la línea de ceros de un corte y en dirección normal a la pendiente máxima del terreno, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural y evitar desniveles en los cortes.

Lavadero:

Obra complementaria de drenaje, que se construye para desalojar las aguas de la superficie de la carretera y evitar la erosión.

Arrope de taludes:

Consiste en proteger las terracerías, sub-rasante y pavimentos de un camino; este trabajo se realiza por lo regular cuando el camino se encuentra a nivel de la base hidráulica para reforzar los hombros del camino y protegerlos del agua de lluvia. Los arropes de talud se construyen con préstamos laterales o con préstamos del banco.



Alcantarillas de tubo y de losa:

Se construyen cuando el agua inevitablemente debe cruzar el camino y ésta debe encausarse en forma tal, que el paso de los vehículos pueda ser permanente por el camino.

Los principales cruces de agua lo constituyen las alcantarillas y los puentes; la diferencia fundamental entre estos, es que las alcantarillas llevan un colchón de material y los puentes no, así también sus dimensiones son más pequeñas.

Vado:

Permite el paso de un escurrimiento cuando este tiene un gasto hasta una determinada cantidad, se proyecta como curva vertical en columpio; construyéndose de mampostería de losa de concreto o pavimentados.

Las condiciones de un buen vado son:

- Evitar la erosión y socavación aguas arriba y abajo.
- La superficie de rodamiento no se erosiona con el agua.
- El agua no provoca regímenes turbulentos.
- Señales que indiquen cuando el tirante es muy grande.



2.6 Curvas verticales.

La liga de dos tangentes verticales se hace mediante arcos parábola tanto por la suavidad que se tiene en la transición como por la facilidad de cálculo. Las curvas verticales contribuyen a la seguridad, apariencia y comodidad del camino y no son de tanta importancia en el alineamiento vertical como las curvas circulares en el alineamiento horizontal.

La longitud mínima de las curvas verticales se calcula con la siguiente expresión:

$$L=KA$$

En donde:

L= Longitud mínima de la curva vertical, en metros.

K= Parámetro de la curva cuyo valor se especifica en la tabla 2

A= Diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales, en por ciento.

La longitud mínima de las curvas verticales en ningún caso deberá ser menor a lo indicado en la tabla 2.

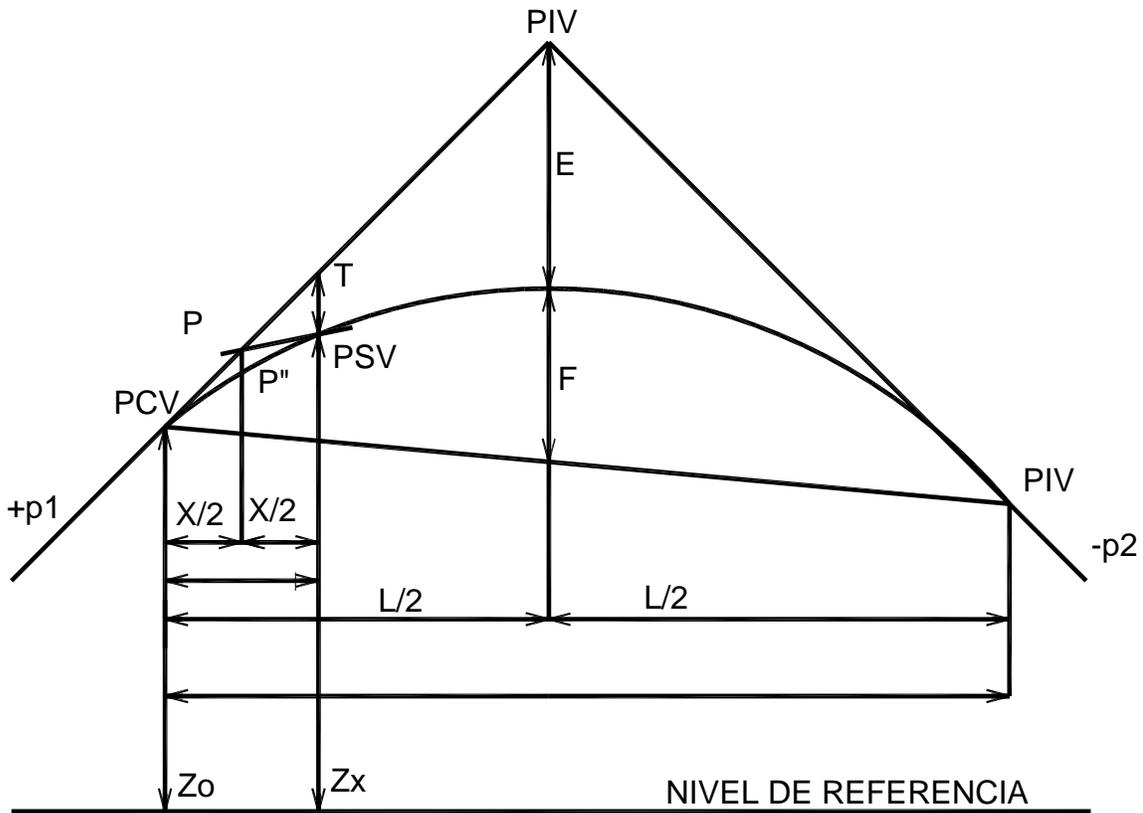
No existirá límite de longitud máxima para las curvas verticales. En caso de curvas verticales en cresta con pendientes de entrada y salida de signos contrarios, se deberá revisar el drenaje cuando la longitud de la curva proyectada corresponda un valor del parámetro K superior a 4.

VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/h)	VALORES DEL PARÁMETRO k (m%)			LONG. MIN. ACEPTABLE (m)
	CURVAS EN CRESTA		CURVAS EN COLUMPIO	
	CARRETERA TIPO		CARRETERA TIPO	
	E	D, C, B, A	E, D, C, B, A	
30	4	3	4	20
40	7	4	7	30
50	12	8	10	30
60	23	14	15	40
70	36	20	20	40
80	-	31	25	50
90	-	43	31	50
100	-	57	37	60
110	-	72	43	60

Tabla 2. Longitud mínima en curvas verticales.



Elementos de curva vertical.



PIV Punto de intersección de las tangentes verticales.

PCV Punto en donde comienza la curva vertical.

PTV Punto en donde termina la curva vertical.

PSV Punto cualquiera sobre la curva vertical.

p1 Pendiente de la tangente de entrada, en m/m.

p2 Pendiente de la tangente de salida, en m/m.

A Diferencia algebraica de pendientes.

L Longitud de la curva vertical, en metros.

K Variación de longitud por unidad de pendiente (parámetro).

x Distancia del PCV a un PSV, en metros.

p Pendiente en un PSV, en m/m.

p' Pendiente de una cuerda, en m/m.

E Externa, en metros.

F Flecha, en metros.

T Desviación de un PSV a la tangente de entrada, en metros.

Z0 Elevación del PCV, en metros.

Zx Elevación de un PSV, en metros.

Nota: Si X y L se expresan en estaciones de 20 m la elevación de un PSV puede calcularse con cualquiera de las expresiones:



$$Z_x = Z_0 + (20 p_1 - (10AX/L))X \quad Z_x = Z_{x-1} + 20 p_1 - (10A/L)(2X - 1)$$

2.7 Correspondencia del alineamiento vertical, horizontal y normas.

Se debe de tener presente que el proyecto consta de conceptos independientes, pero algunos de estos conceptos en ocasiones se relacionan el uno con el otro para dar mayor comodidad y seguridad al camino, tal es el caso del alineamiento vertical con el alineamiento horizontal que en el momento de calcular las curvas respectivas se interactúan para formar una combinación de eficiencia y seguridad para el proyecto carretero.

Por lo anterior se procurará lo siguiente:

- En alineamientos verticales que originen terraplenes altos y largos son deseables alineamientos horizontales rectos o de muy suave curvatura.
- Los alineamientos horizontales y verticales deben estar bien balanceados. Las tangentes o las curvas horizontales suaves se combinan con pendientes fuertes y curvas verticales cortas, o bien una curvatura excesiva con pendientes suaves corresponde a diseños pobres. Un diseño apropiado es aquel que combina ambos alineamientos ofreciendo el máximo de seguridad, capacidad, facilidad y uniformidad en la operación, además de una experiencia agradable dentro de las restricciones impuestas por la topografía.
- Cuando el alineamiento horizontal está constituido por curvas con grados menores al máximo, se recomienda proyectar curvas verticales con longitudes mayores a las mínimas especificadas, siempre que no se incremente considerablemente el costo en la carretera.
- Conviene evitar la coincidencia de la cima de una vertical en cresta con el inicio o terminación de una curva horizontal.
- Debe evitarse proyectar la cima de una curva vertical en columpio en o cerca de una curva horizontal.
- En general, cuando se combinan curvas verticales y horizontales, o una esté muy cerca de la otra, debe procurarse que la curva vertical esté fuera de la curva horizontal o totalmente incluida en ella, con las salvedades mencionadas.
- Los alineamientos deben combinarse para lograr el mayor número de tramos con distancias de visibilidad de rebase.
- En donde esté previsto el proyecto de un entronque, los alineamientos deben ser lo más suave posible.



RESUMEN DE CURVAS VERTICALES											
CURVA	p1	p2	LONG. CURVA	TIPO DE CURVA	PCV	ELEVACIÓN	PTV	ELEVACION	PIV	ELEVACIÓN	
1	-6.886	-5.060	110.00	COLUMPIO	6585.000	799.817	6+695.000	793.246	6+640.000	796.0290	
2	-5.060	-5.946	30.00	CRESTA	6+825.000	786.668	6+855.000	785.017	6+840.000	785.9090	
3	-5.946	-4.582	130.00	COLUMPIO	6+825.000	786.668	6+855.000	785.017	7+070.000	772.2330	
4	-4.582	-2.246	90.00	COLUMPIO	7+205.000	766.048	7+295.000	762.975	7+250.000	763.9860	
5	-2.246	-2.952	50.00	CRESTA	7+345.000	761.853	7+395.000	760.553	7+370.000	761.2912	
6	-2.952	-2.520	40.00	COLUMPIO	7+450.005	758.930	7+490.005	757.836	7+470.005	758.3395	
7	-2.520	-1.826	70.00	COLUMPIO	7+635.005	754.182	7+705.005	752.661	7+670.005	753.2999	
8	-1.826	-8.376	140.00	CRESTA	7+830.005	750.378	7+970.005	743.237	7+900.005	749.1002	
9	-8.376	-7.428	90.00	COLUMPIO	8+055.000	736.117	8+145.000	729.005	8+100.000	732.3480	
10	-7.428	-6.888	50.00	COLUMPIO	8+355.000	713.406	8+405.000	709.827	8+380.000	711.5490	
11	-6.888	-7.929	70.00	CRESTA	8+575.000	698.117	8+645.000	692.931	8+610.000	695.7063	
12	-7.929	-8.761	60.00	CRESTA	8+710.000	687.778	8+770.000	682.771	8+740.000	685.3990	



2.8 Plano del alineamiento vertical.



CAPÍTULO 3. SECCIÓN TRANSVERSAL.

La configuración del terreno se puede obtener mediante secciones transversales apoyadas en la poligonal que permiten conocer los puntos de cota cerrada de los puntos de influencia en el perfil de la sección o sea aquellos que determinen el relieve del terreno.

El registro de datos se lleva por medio de fracciones; en la fracción del centro, se anotan en el numerador el kilometraje de la estación y en el denominador su cota; en las fracciones situadas a la izquierda y a la derecha, considerados en el sentido que avanza el trazo, se anota en el numerador la cota redonda del punto y en el denominador la distancia a la estación en que se apoya la sección.

La sección transversal está definida por la corona, las cunetas, los taludes, las contracunetas, las partes complementarias y el terreno comprendido dentro del derecho de vía.

La corona está definida por la calzada y los acotamientos con su pendiente transversal y, en su caso la faja separadora central. En tangentes del alineamiento horizontal el ancho de corona para cada tipo de carretera y de terreno, deberá ser la especificada en la tabla 1.

En curvas de transiciones del alineamiento horizontal el ancho de la corona deberá ser la suma de los anchos de la calzada, de los acotamientos en su caso, de la faja separadora central.

La calzada deberá tener un ancho de:

- En tangente del alineamiento horizontal, el especificado en la tabla 1.
- En curvas circulares del alineamiento horizontal, el ancho en tangente más una ampliación en el lado interior de la curva circular, cuyo valor se especifica en la tabla 2.
- En curvas espirales de transición y en transiciones mixtas, el ancho de la tangente más una ampliación variable en el lado interior de la curva espiral o en la de la transición mixta, cuyo valor está dado por la expresión:

$$A=L/Le Ac$$

En donde:

A= Ampliación del ancho de calzada en un punto de curva de espiral o de la transición mixta en metros.

L= Distancia del origen de la transición al punto cuya ampliación se desea determinar, en metros.

Le= Longitud de la curva en espiral o de la transición mixta, en metros.

Ac= Ampliación total del ancho de la calzada correspondiente a la curva circular, en metros.



- En tangentes y curvas horizontales para carreteras tipo E, no requerirá ampliación por curva horizontal. Por requisitos operacionales será necesario ampliar el ancho de calzada, formando libraderos, para permitir el paso simultáneo de dos vehículos; el ancho de calzada será el correspondiente al de la carretera tipo D.

Los libraderos se espaciarán a una distancia de doscientos cincuenta (250) metros, o menos, si así lo requiere la visibilidad entre ellos.

El ancho de los acotamientos deberá ser para cada tipo de terreno, según se indica en la tabla 1.

La pendiente transversal en tangentes del alineamiento horizontal deberá ser:

- De menos dos por ciento (-2%) en carreteras tipo A, B, C y D pavimentadas.
- De menos tres por ciento (-3%) en carreteras tipo D y E revestidas.

En curvas espirales de transición y en transiciones mixtas, la sobre-elevación de la corona en un punto cualquiera de las curvas estará dada por la expresión:

$$S = L / Le \cdot Sc$$

En donde:

S= Sobre-elevación de la corona en un punto cualquiera de la curva de espiral de transición o de la transición mixta, en por ciento.

L= Distancia del origen de la transición al punto considerado en que se desea determinar la sobre-elevación de la corona en metros.

Sc= Sobre-elevación de la corona correspondiente al grado de curvatura, en por ciento.

Para el desarrollo de la sobre-elevación de la corona se utilizará la longitud de la espiral de transición o de la transición mixta.

En los extremos de las curvas espirales de transición o de las transiciones mixtas se harán los ajustes, para ligar la sobre-elevación con el bombeo.

La longitud mínima de las transiciones mixtas y de las espirales de transición será la indicada en la tabla 2.

En todos los casos de la transición mixta deberá proyectarse únicamente en carreteras tipo A de cuatro carriles. Cuando la sección transversal esté formada por un solo cuerpo del ancho mínimo de la faja separadora central deberá ser un metro.

Cuando la sección transversal esté formada por dos cuerpos separados, el ancho mínimo de la faja separadora central deberá ser de ocho metros.



Los taludes estarán definidos por su inclinación, expresada numéricamente por el recíproco de la pendiente.

- En terraplén el talud de la sección transversal deberá ser de uno y medio a uno (1.5:1), pudiendo tener una inclinación diferente si así especifica la SCT.
- En corte el talud de la sección transversal deberá ser el que especifique la SCT.

Las cunetas serán de forma triangular y están definidas por su ancho y sus taludes.

- El ancho de la cuneta, medido horizontalmente entre el hombro de la corona y el fondo de la cuneta, deberá ser de un metro (1.00m), pudiendo ser mayor si por su capacidad hidráulica así lo requiere.
- El talud interno de la cuneta deberá ser de tres a uno (3:1). El talud externo de la cuneta será el correspondiente al corte.

Las contracunetas serán generalmente, de forma trapezoidal y están definidas por su ancho de plantilla, su profundidad y sus taludes. Su utilización, ubicación y dimensiones estarán sujetas a los estudios de drenaje y geotécnicos, o lo que especifique la SCT.

Las obras complementarias de la sección transversal, tales como guarniciones, bordillos, lavaderos, banquetas, defensas y dispositivos para el control de tránsito, deberán considerarse en el proyecto cuando así lo especifique la SCT.

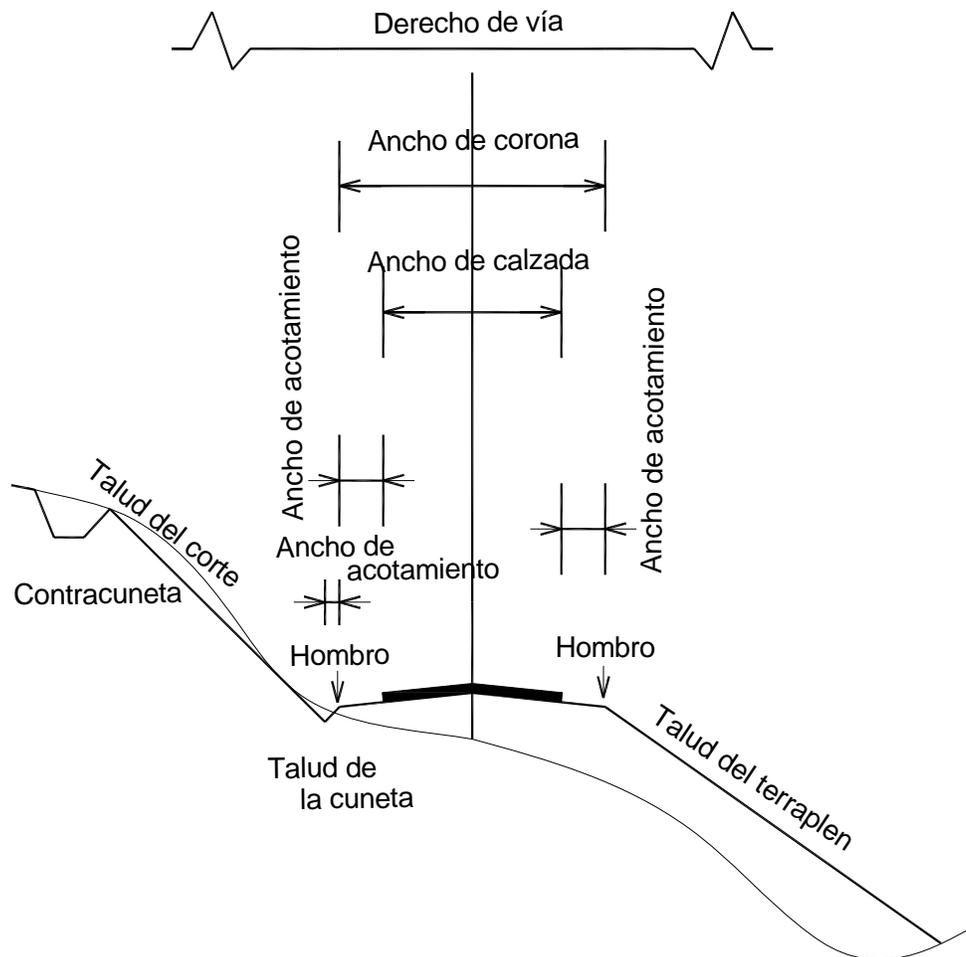
3.1 Características geométricas en relación a la sección transversal.

- Cuando se prevean defensas, bordillos, señales, etc., a los lados del camino, deberá ampliarse la corona, de manera que los anchos de los acotamientos correspondan a los especificados.
- Los bordillos sólo deberán proyectarse en terraplenes con taludes erosionables.
- El ancho del derecho de vía deberá determinarse por tramos o en zonas de acuerdo al tipo de carreteras, para lo cual se establecerá en cada caso su función, su evolución, requerimientos de construcción, conservación, futuras ampliaciones, así como servicios requeridos por los usuarios. Esta determinación debe apoyarse en un análisis económico y disponibilidad de recursos.



3.2 Sección tipo.

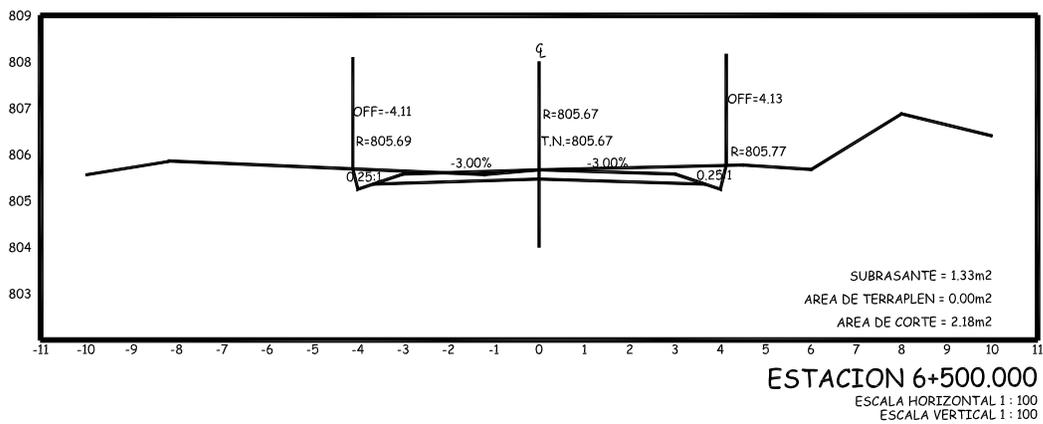
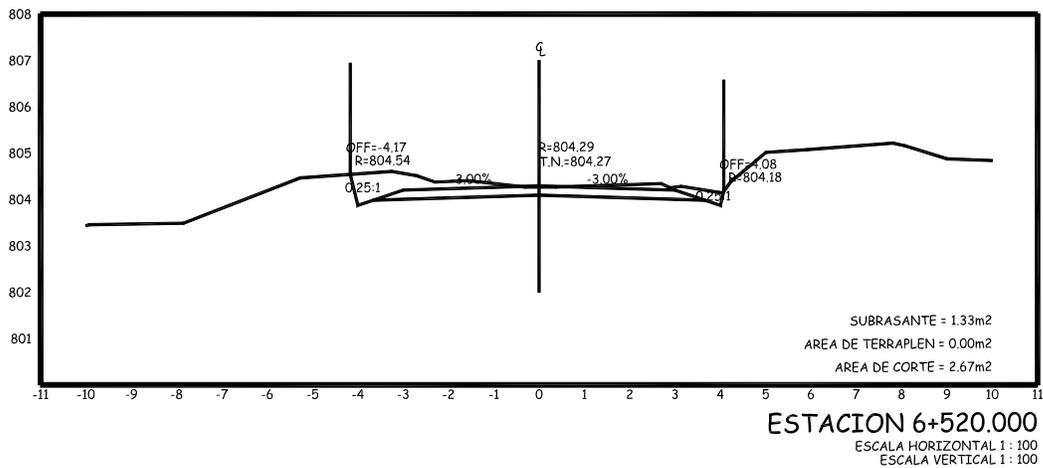
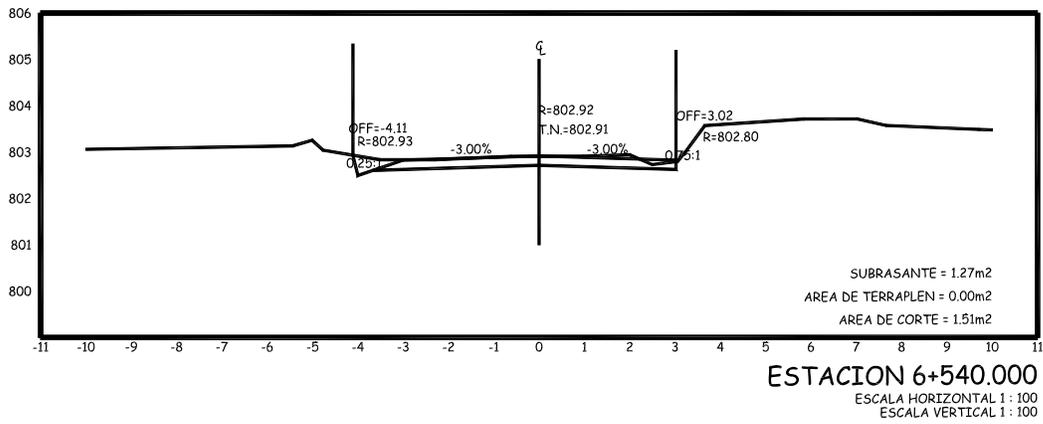
Otro de los aspectos por lo que es necesaria la determinación de las secciones de construcción, es el hecho de que éstas son los indicadores de la cantidad de corte y terraplén necesarios en el camino.

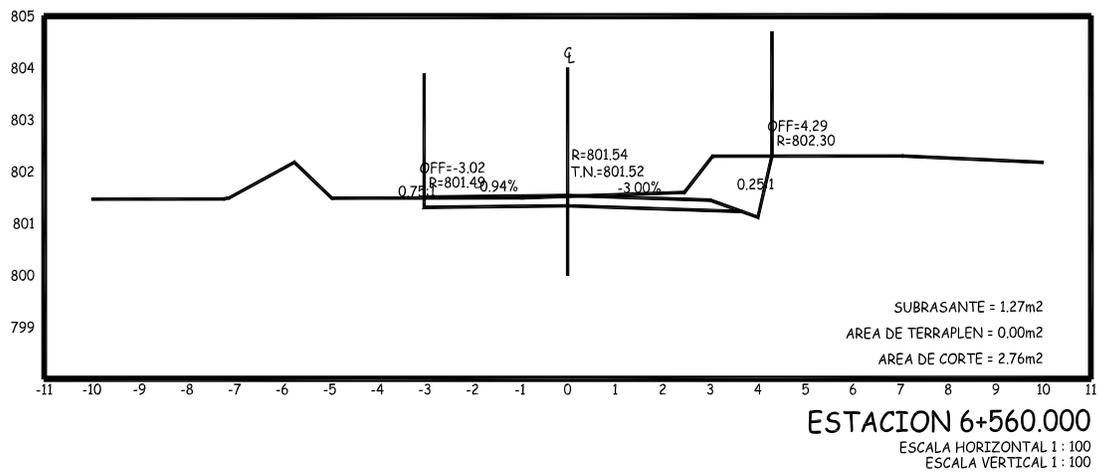
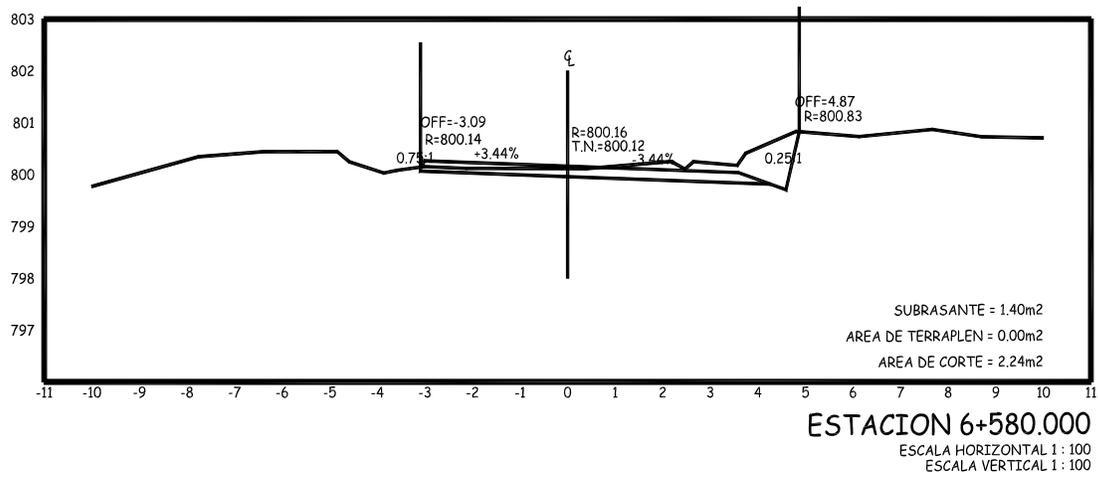
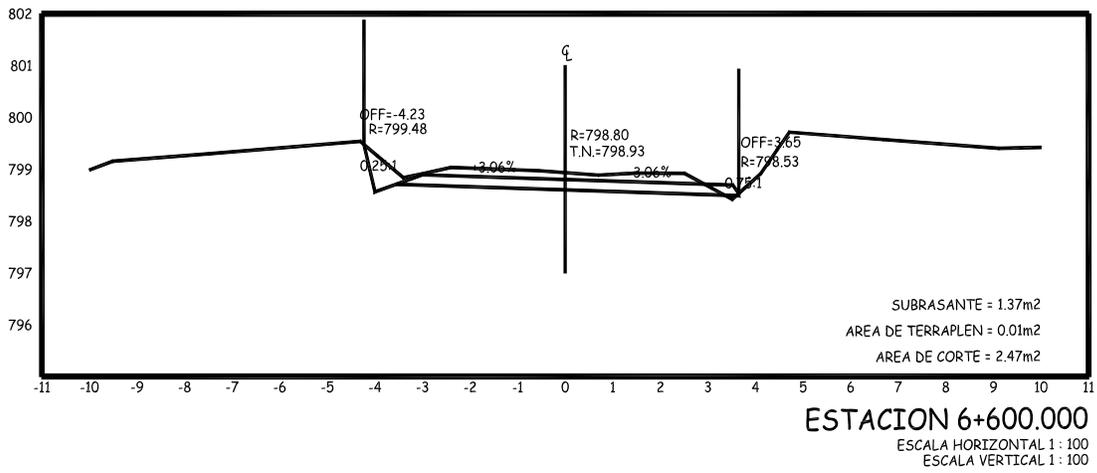


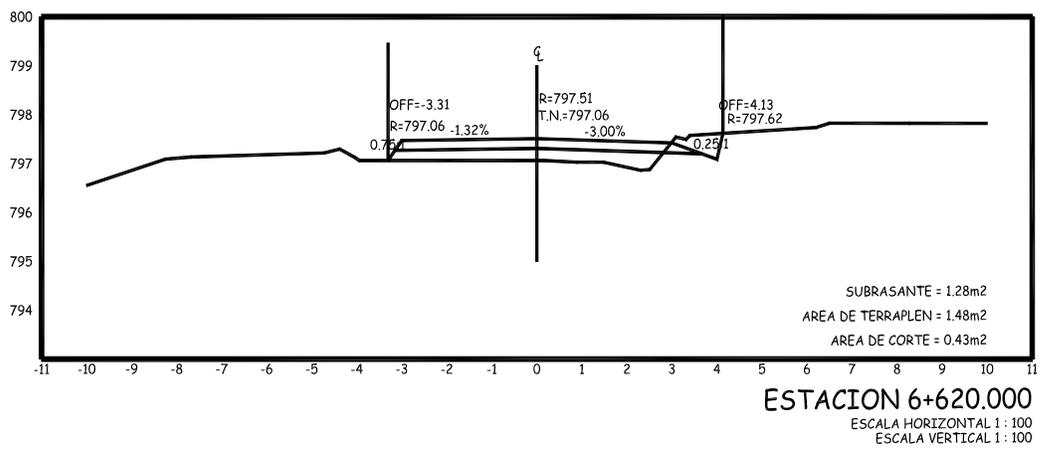
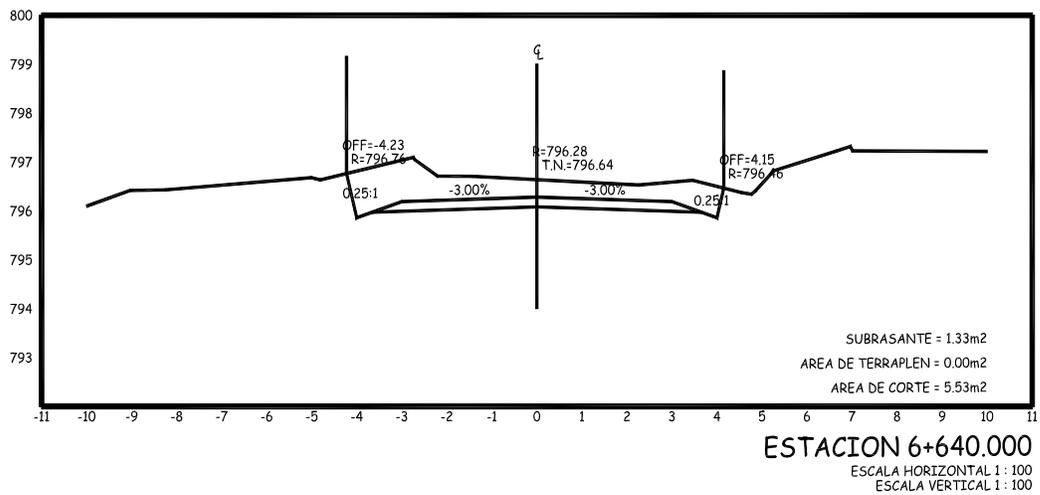
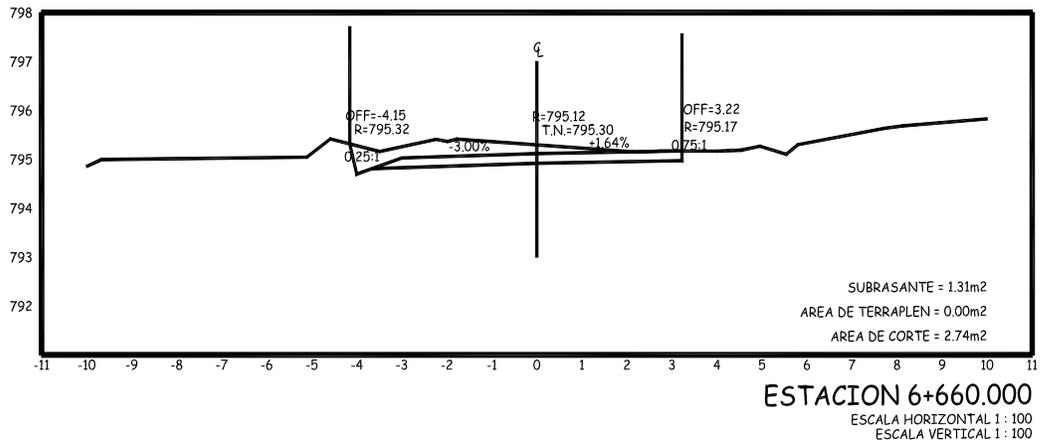
Es importante observar los puntos en donde inicie y termine la ampliación y sobre-elevación de las curvas cuidando que estas no se traslapen ya que esto traería problemas en su funcionamiento.

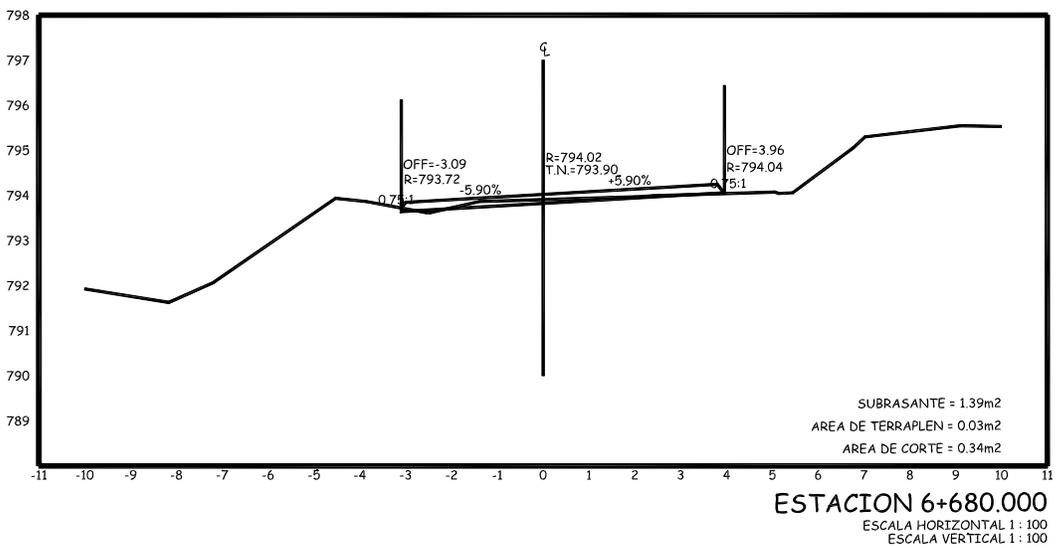
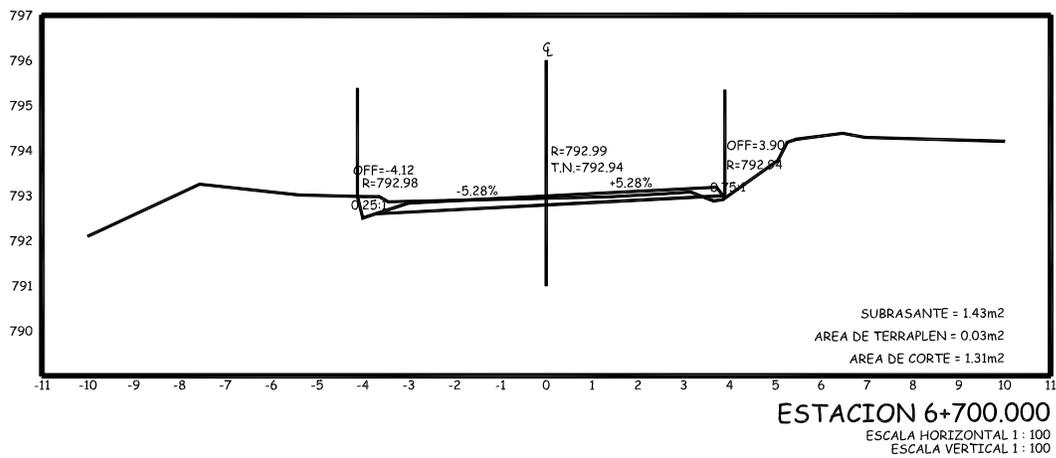
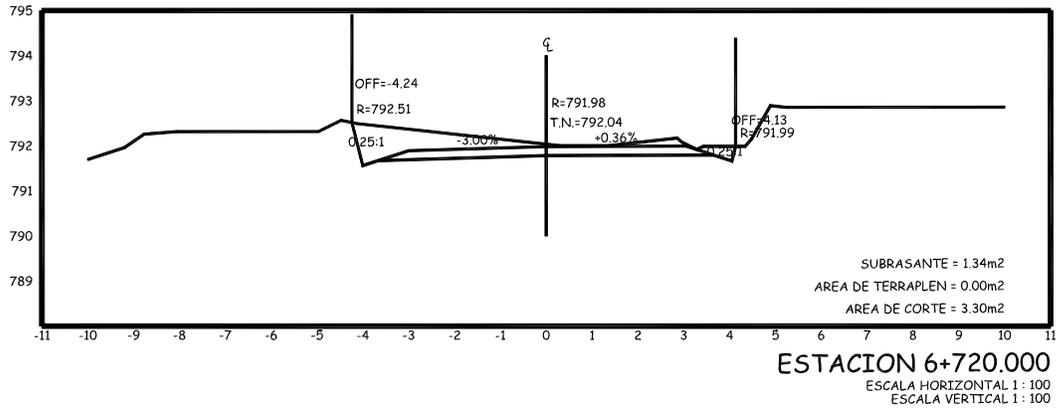


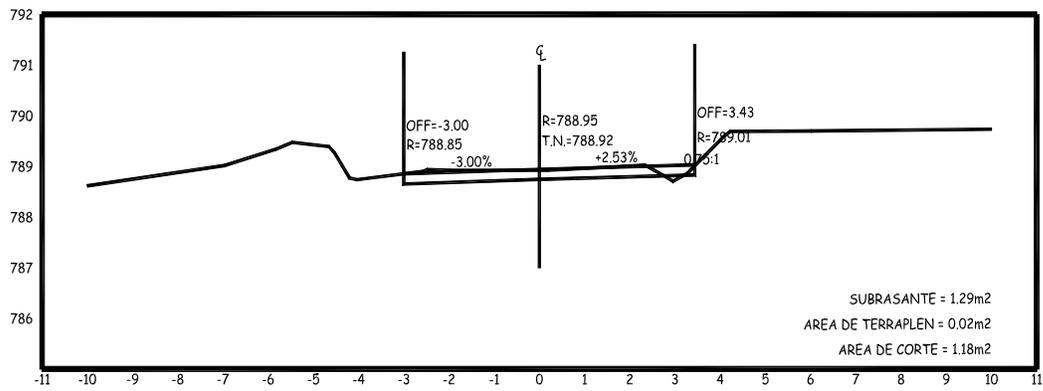
3.3 Secciones de construcción.





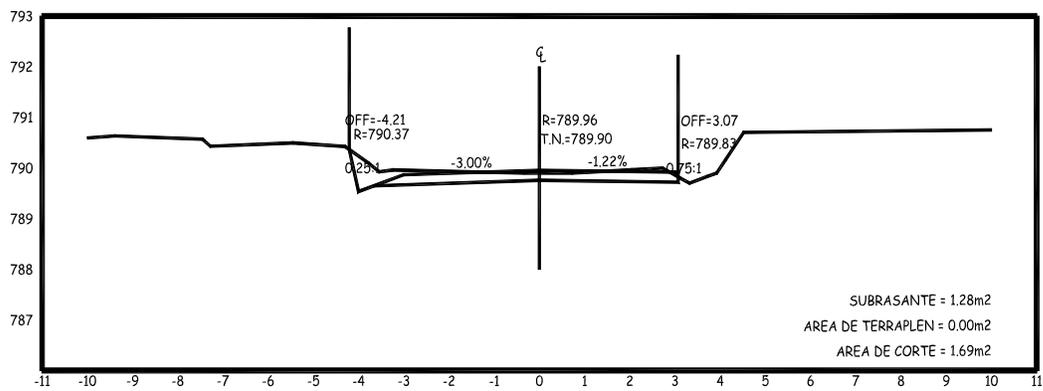






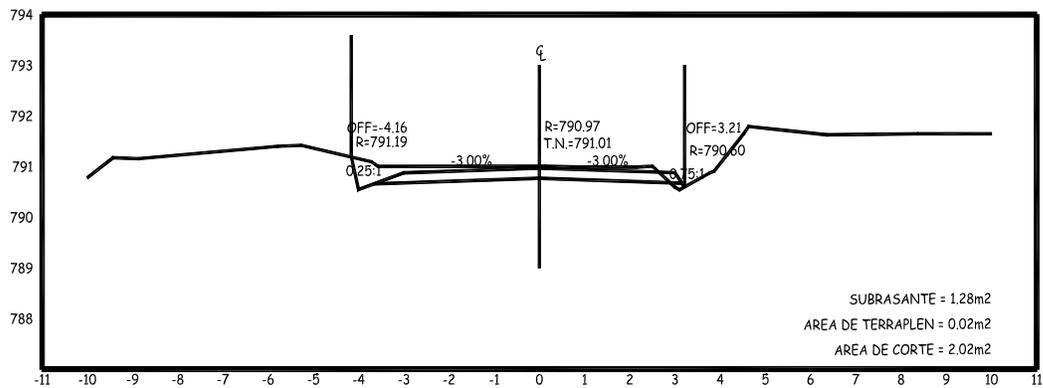
ESTACION 6+780.000

ESCALA HORIZONTAL 1: 100
ESCALA VERTICAL 1: 100



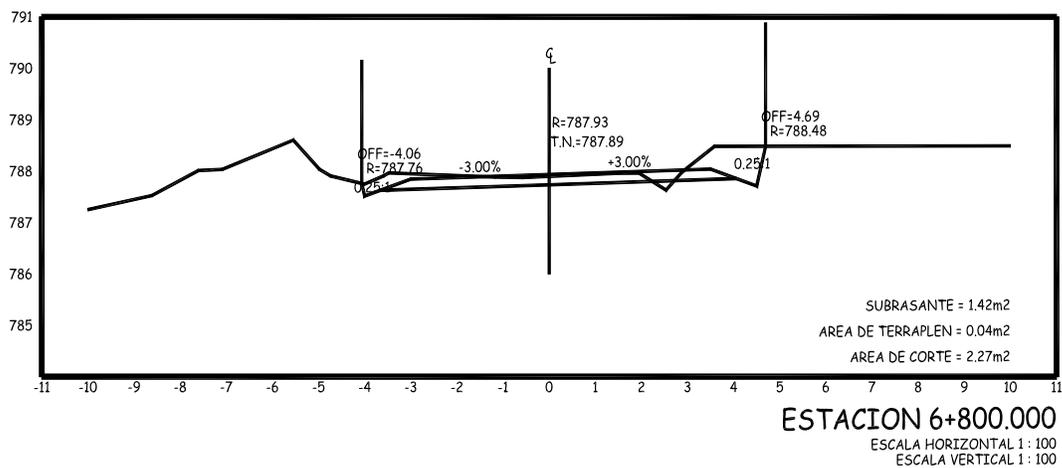
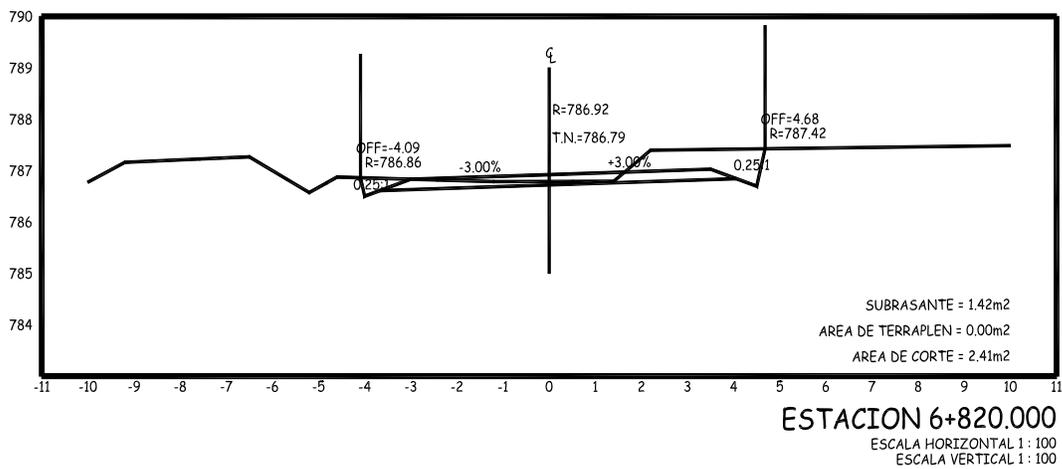
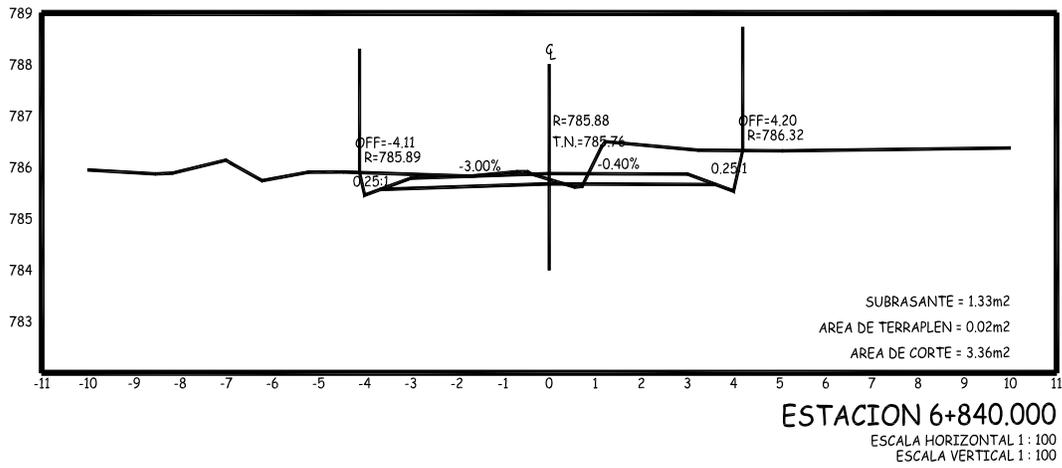
ESTACION 6+760.000

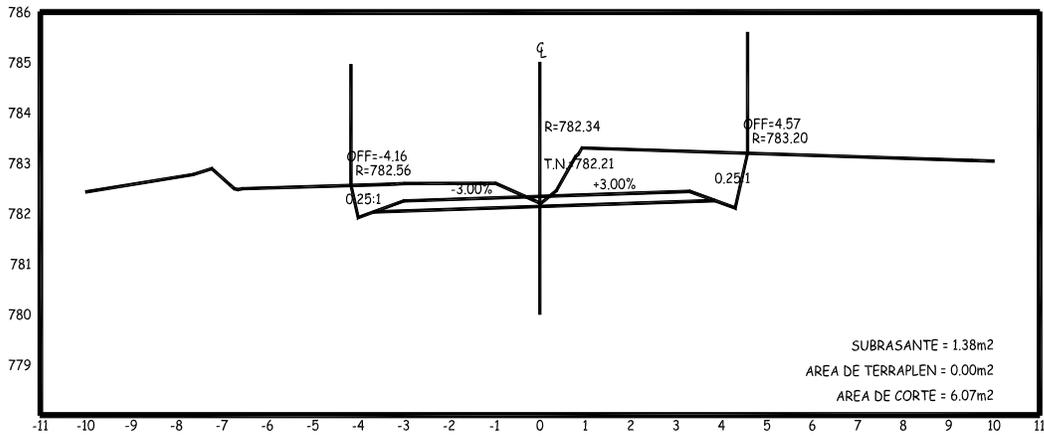
ESCALA HORIZONTAL 1: 100
ESCALA VERTICAL 1: 100



ESTACION 6+740.000

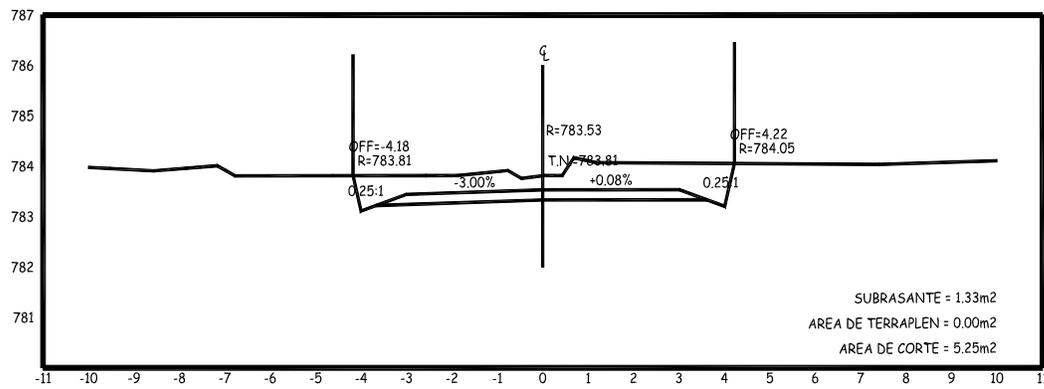
ESCALA HORIZONTAL 1: 100
ESCALA VERTICAL 1: 100





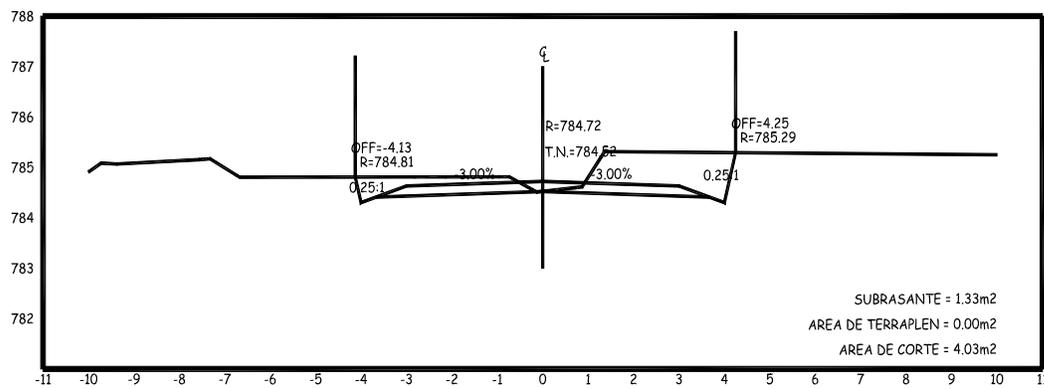
ESTACION 6+900.000

ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100



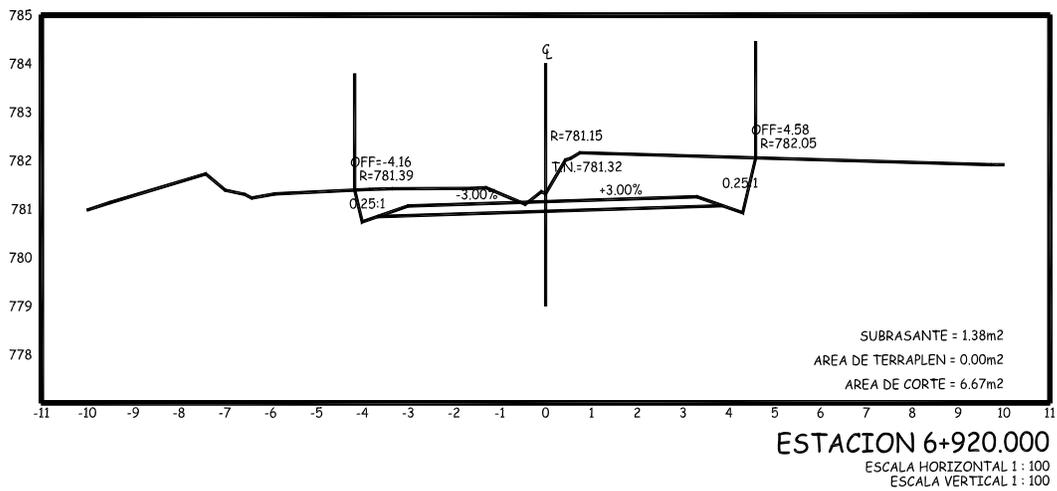
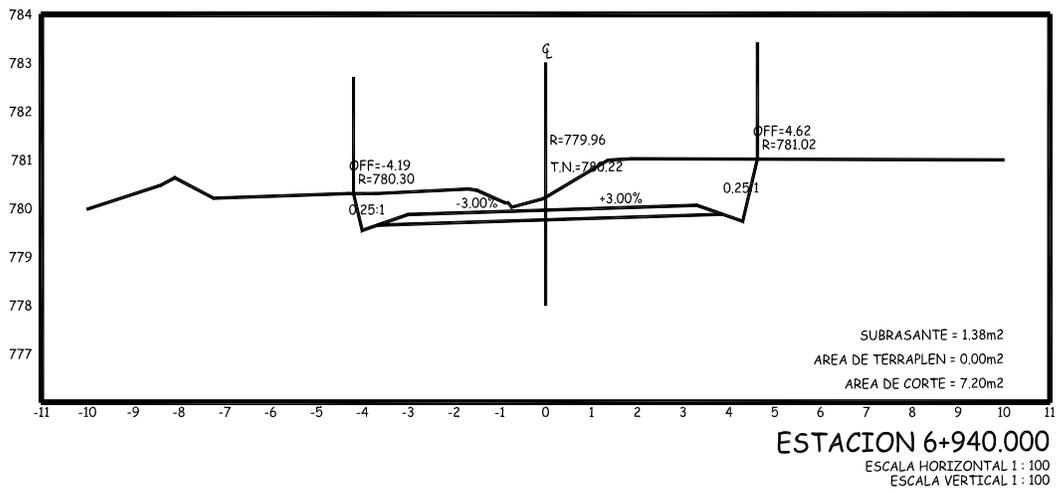
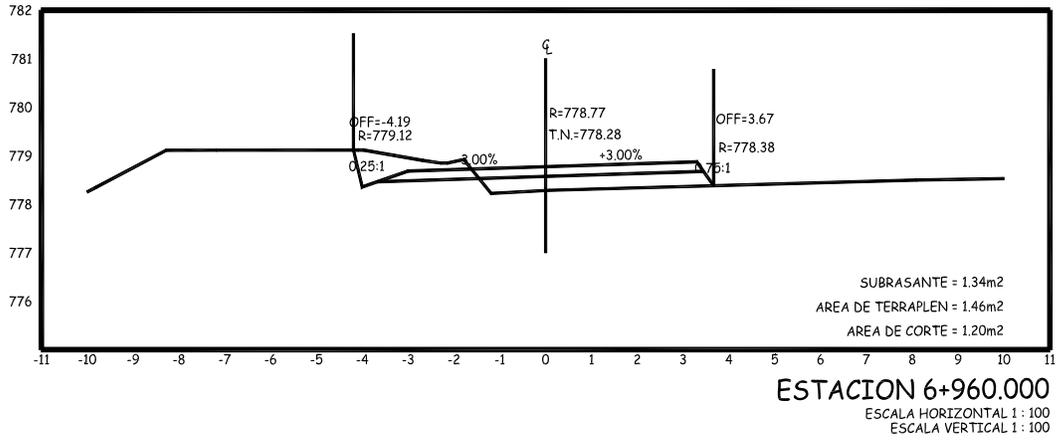
ESTACION 6+880.000

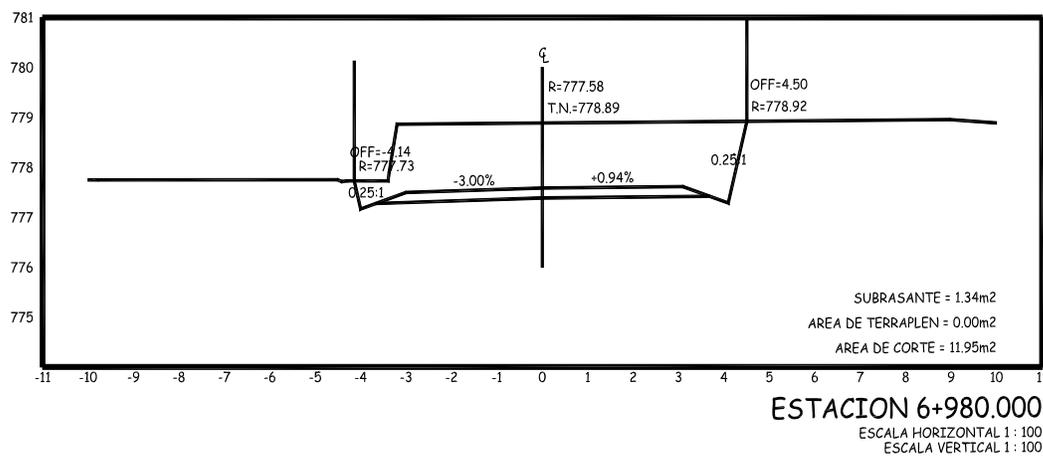
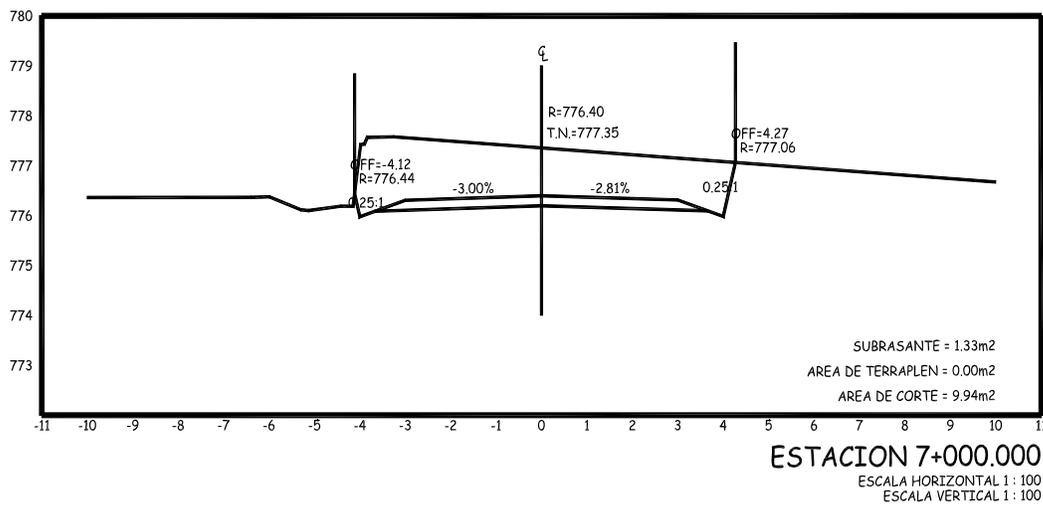
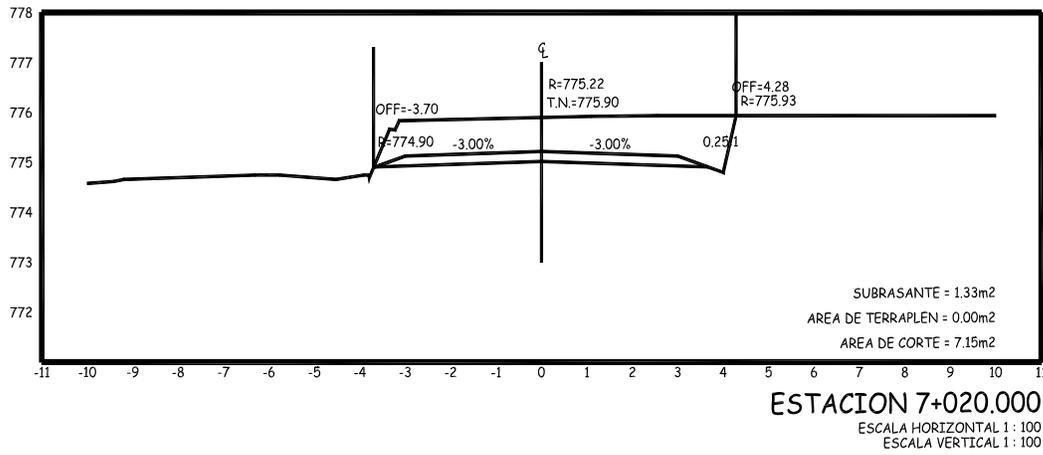
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100

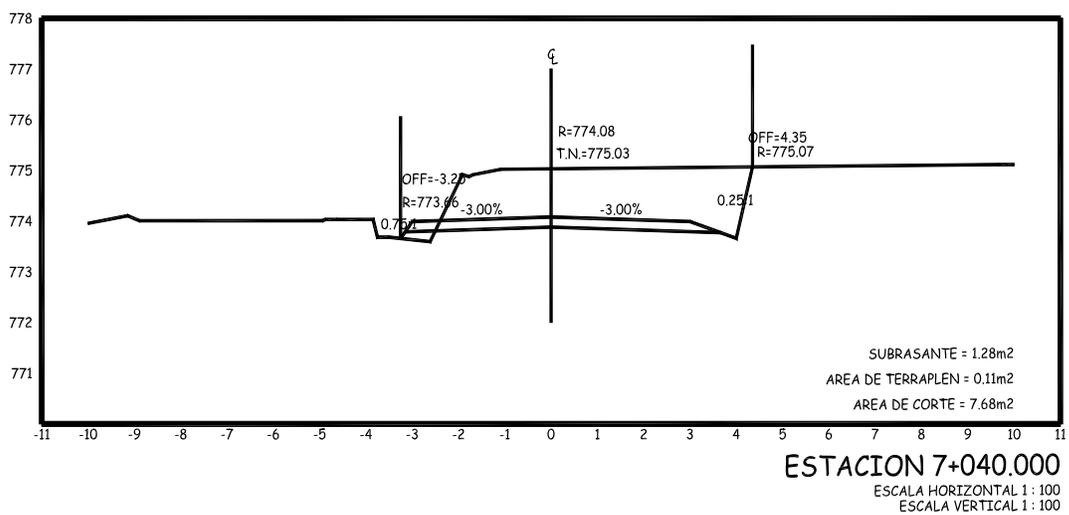
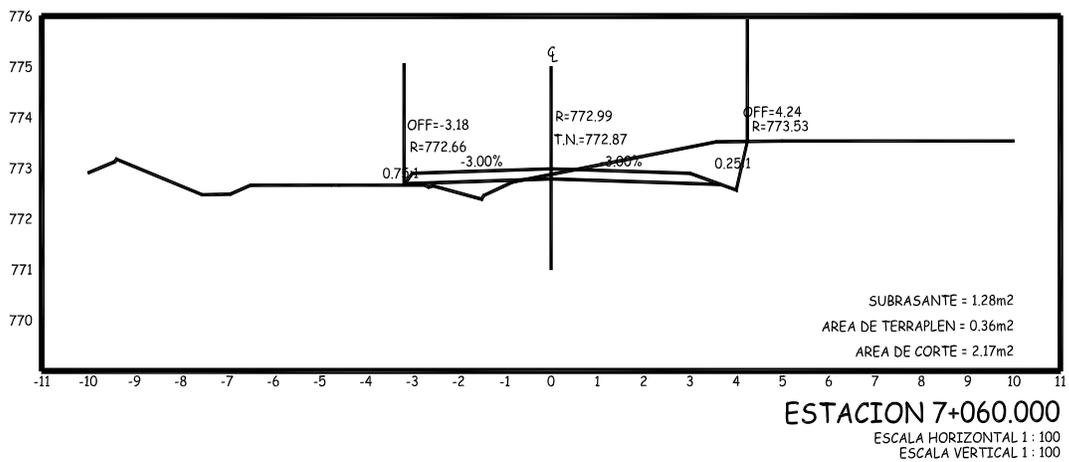
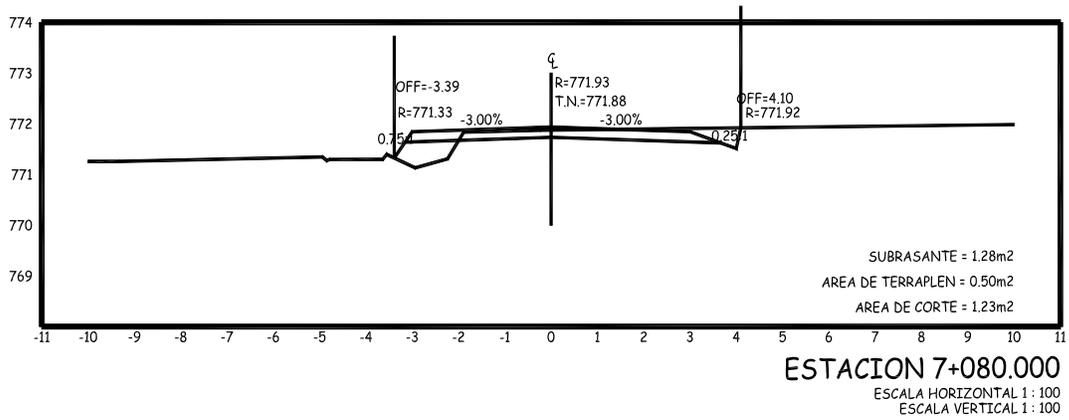


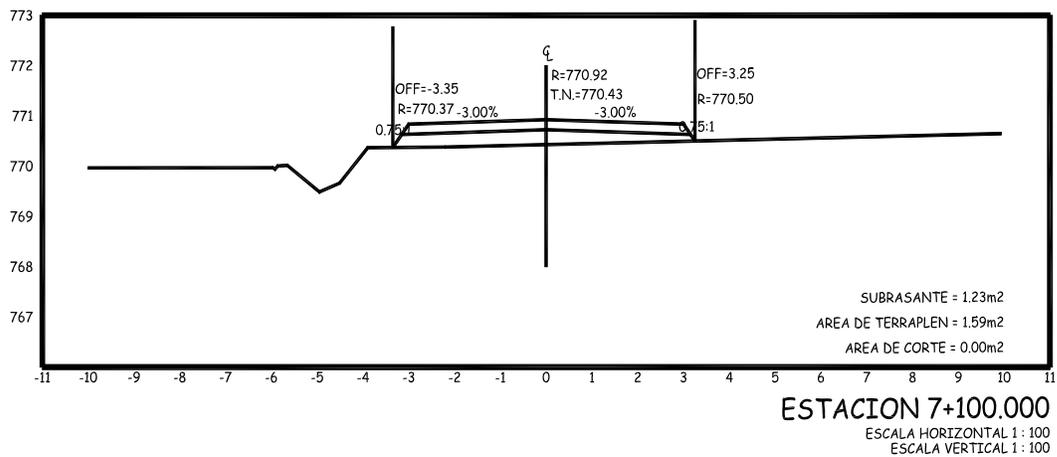
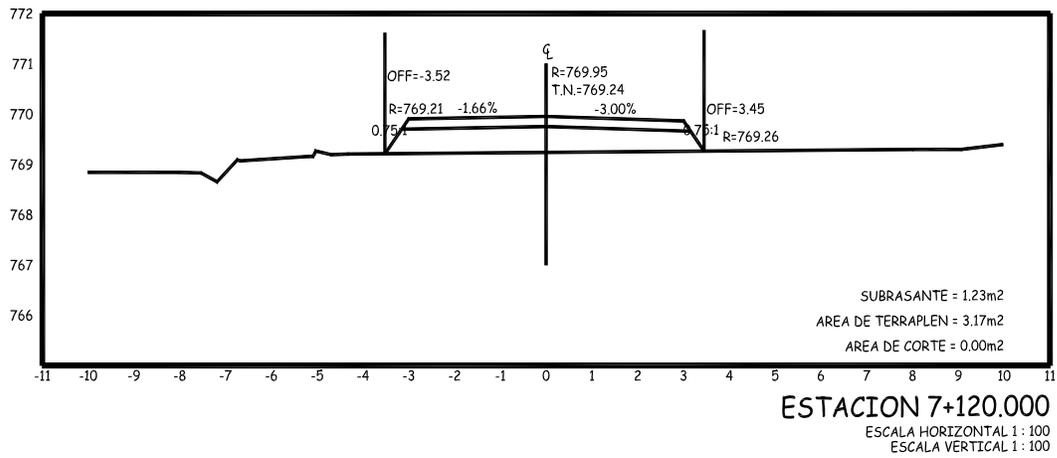
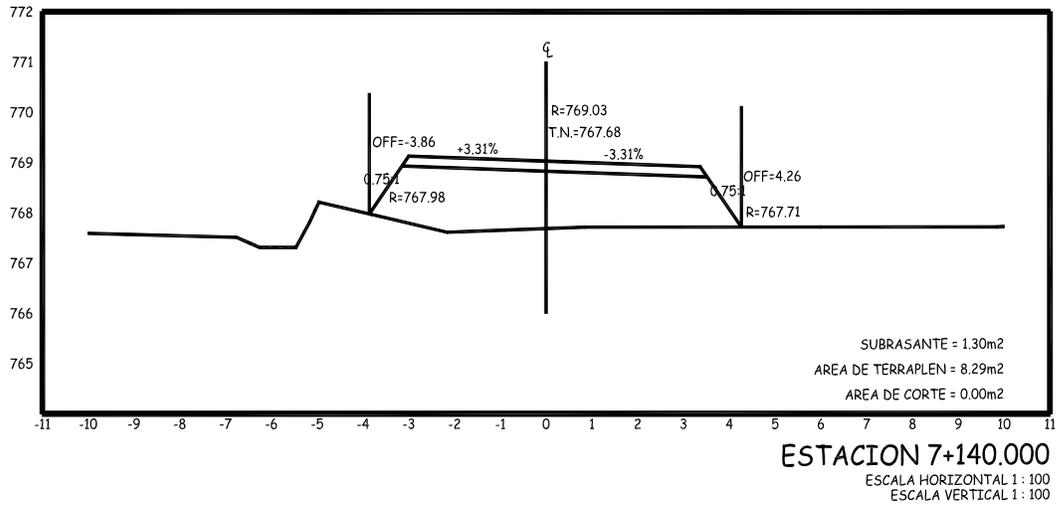
ESTACION 6+860.000

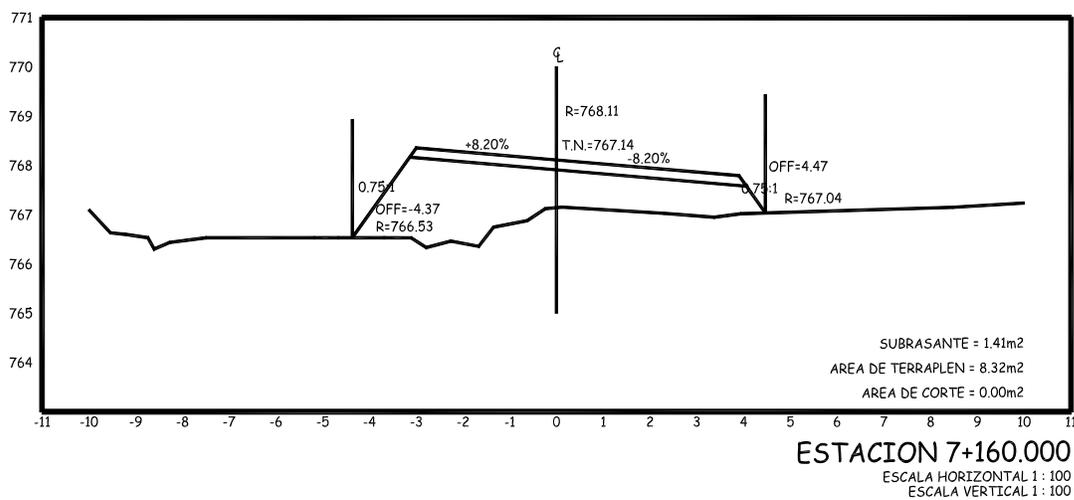
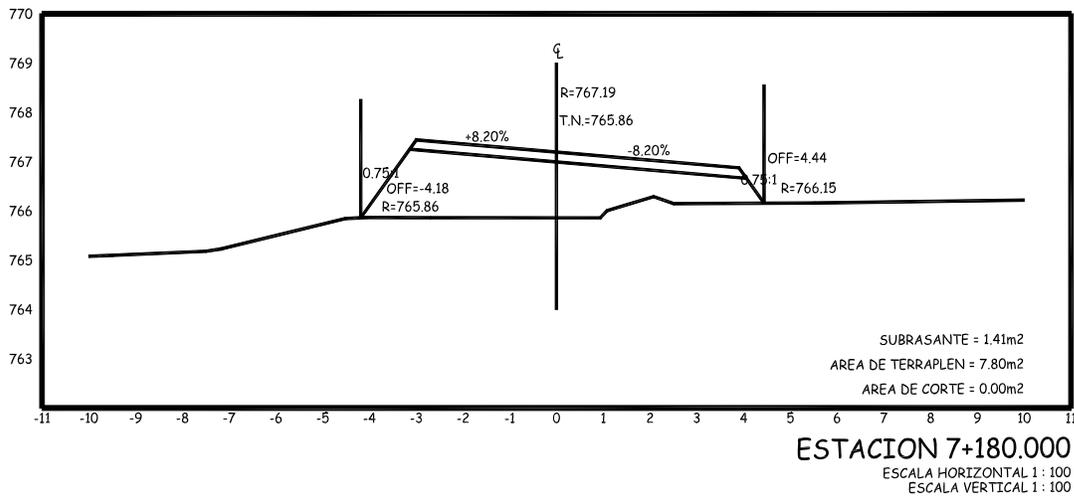
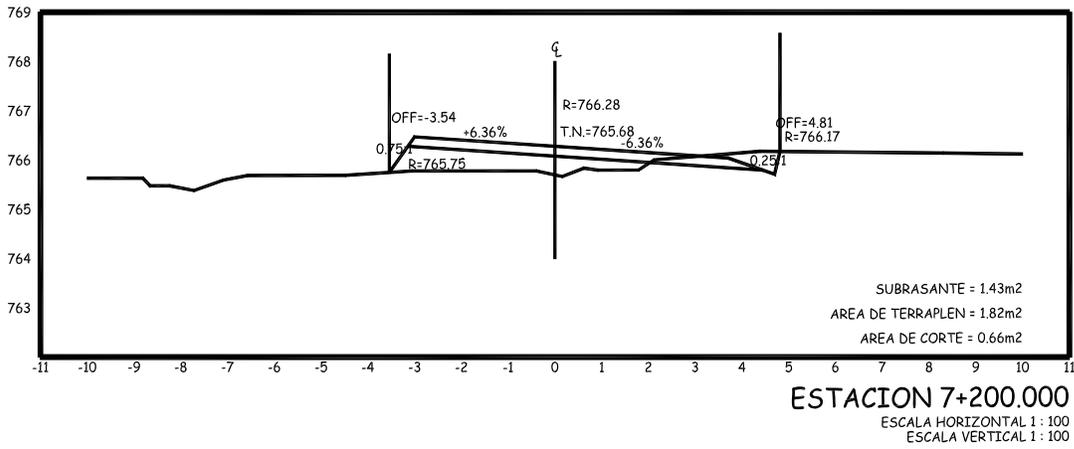
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100

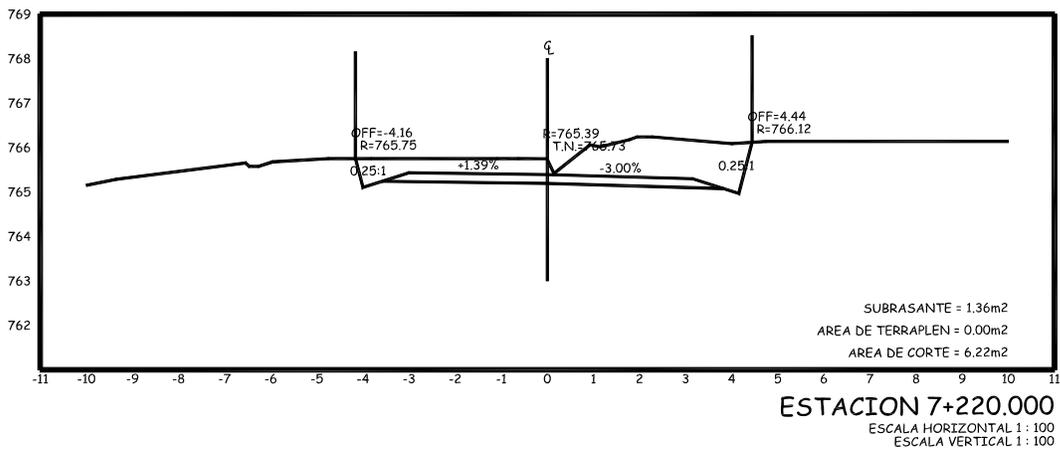
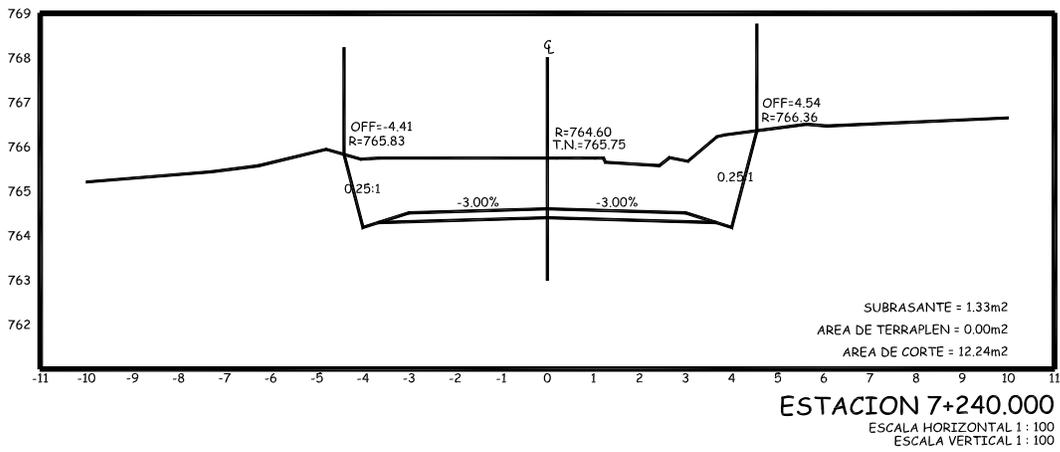
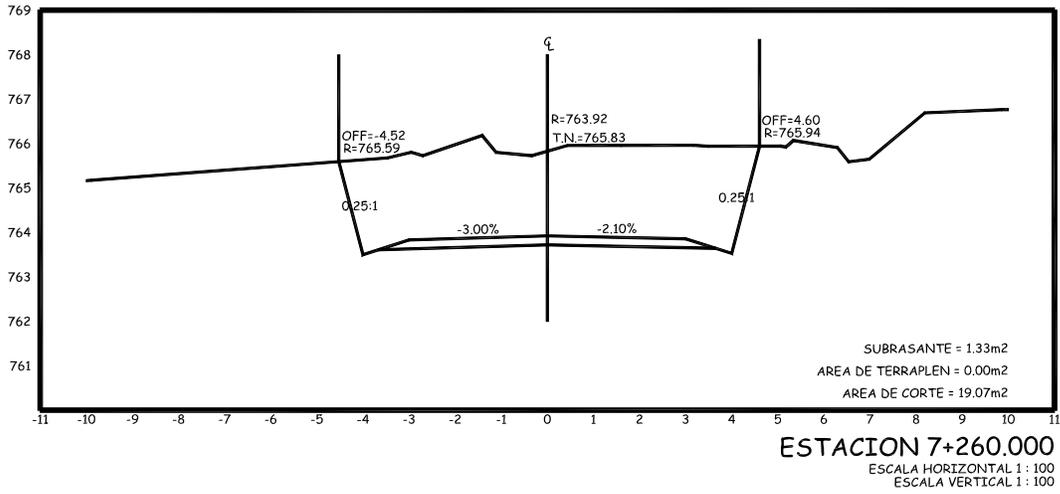


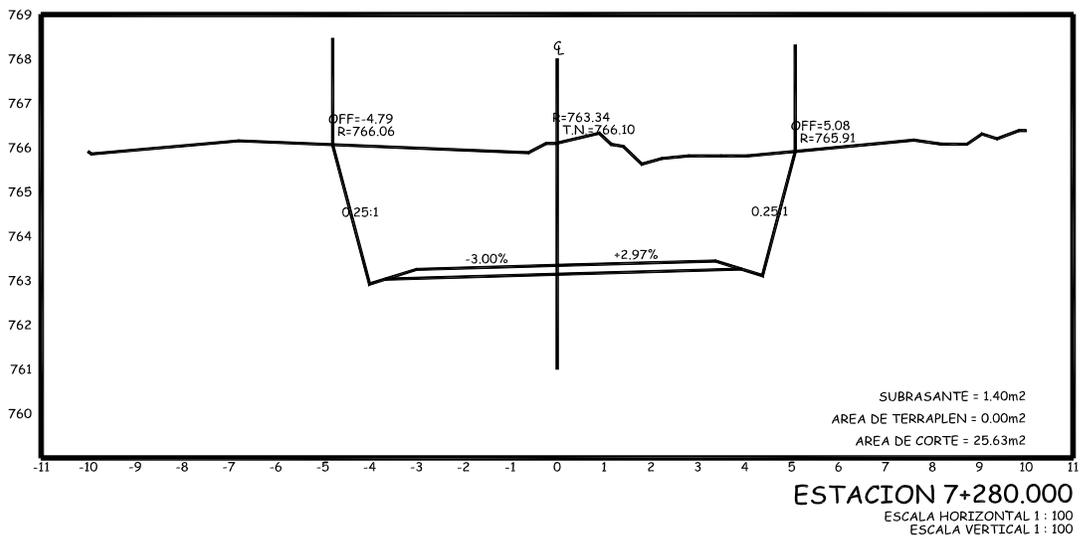
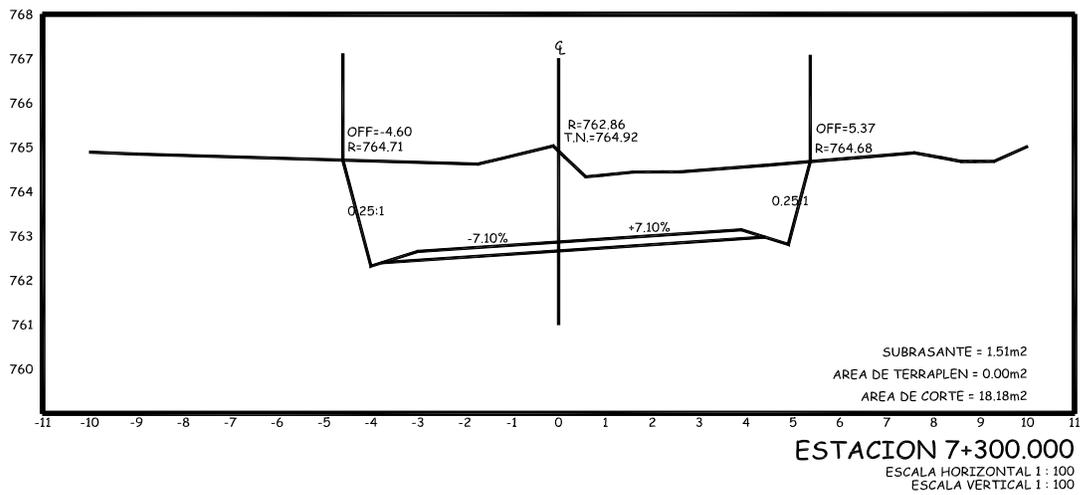
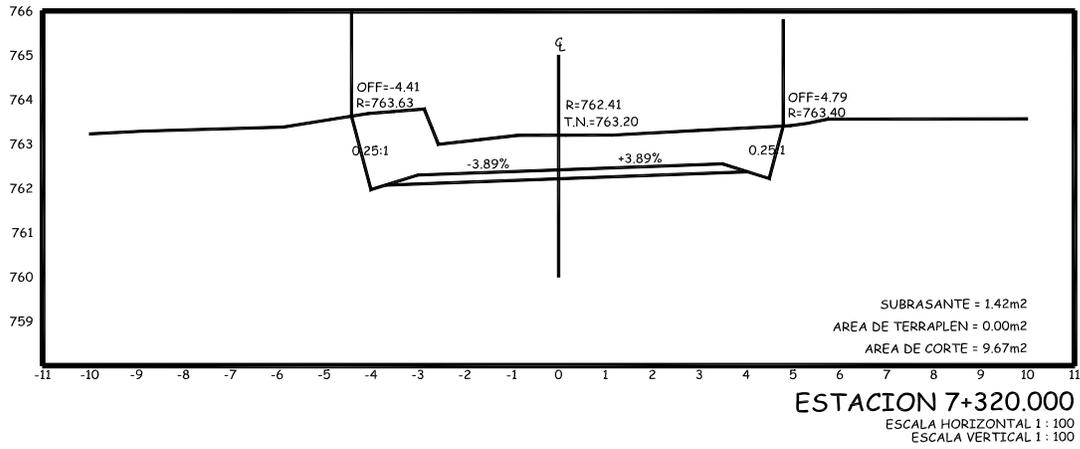


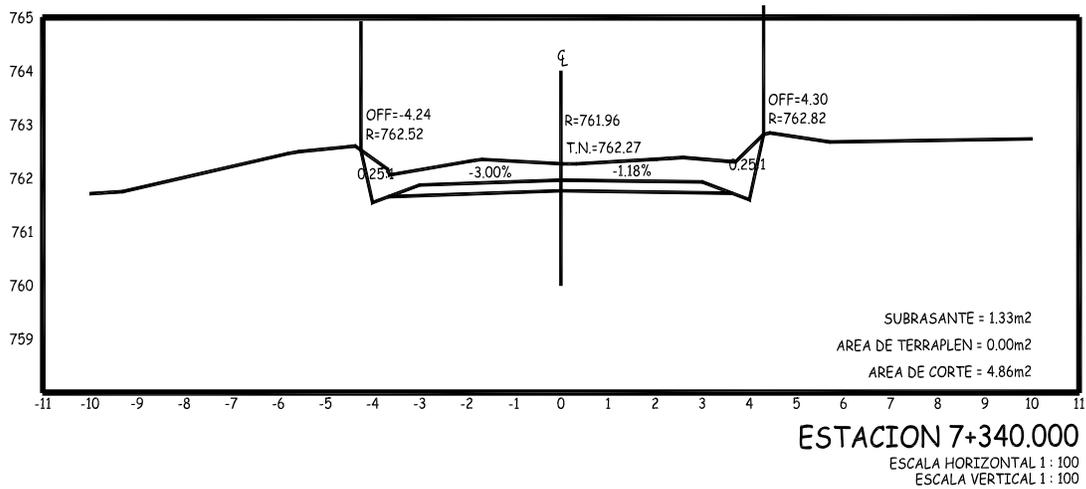
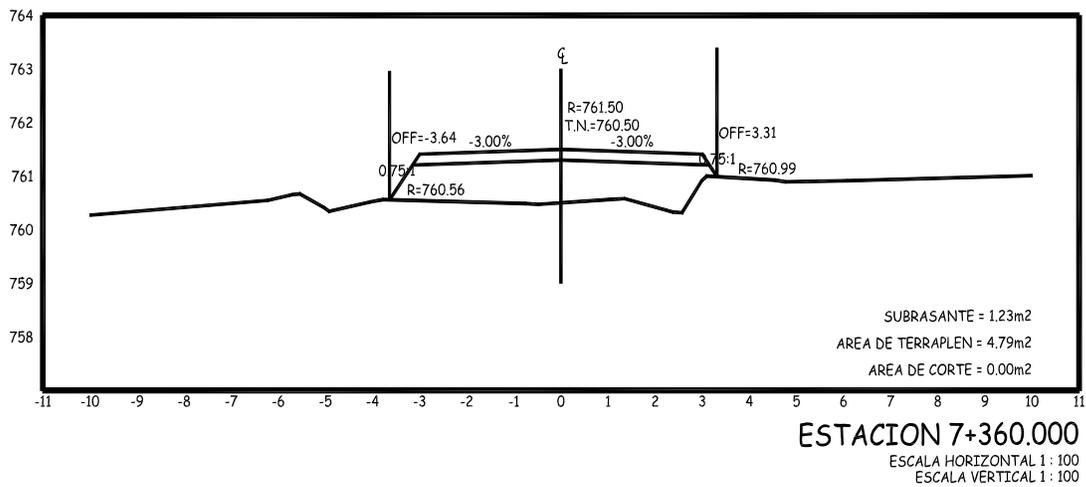
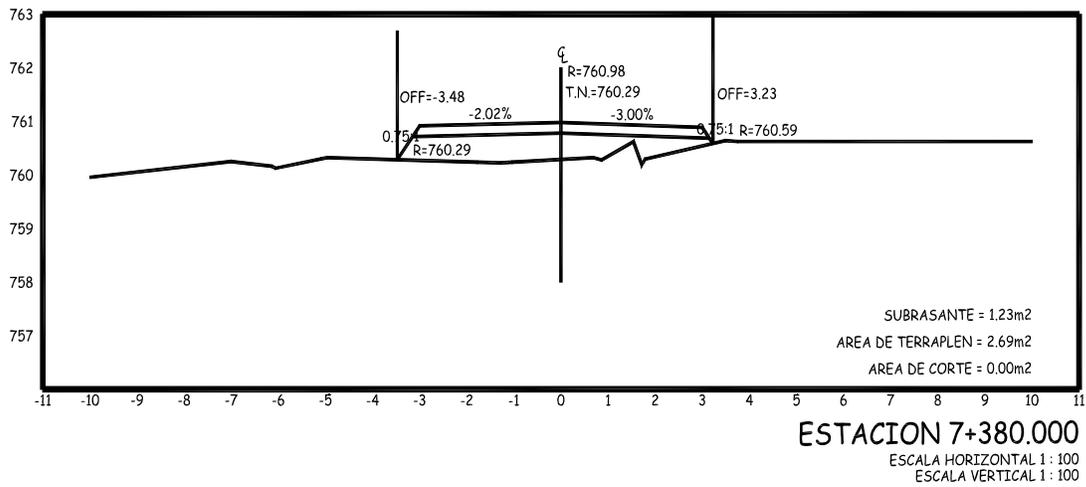


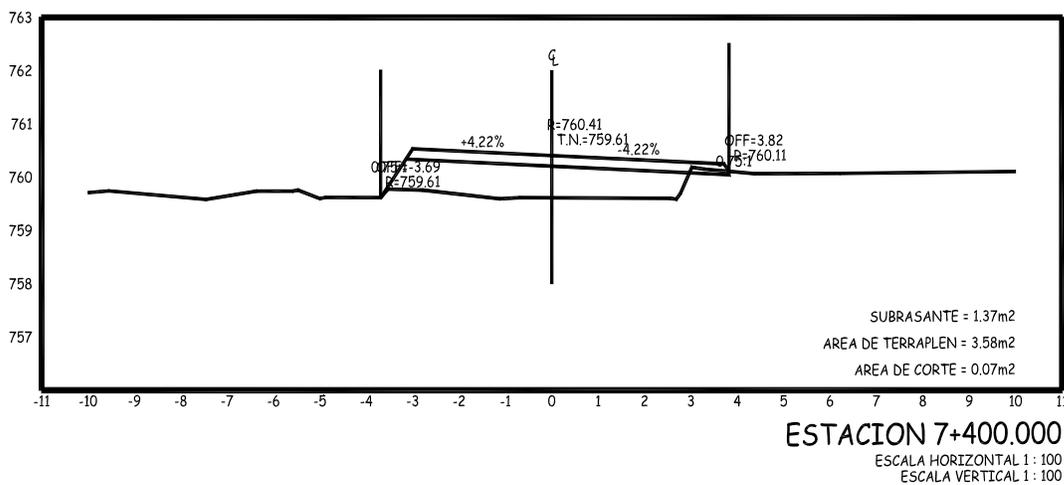
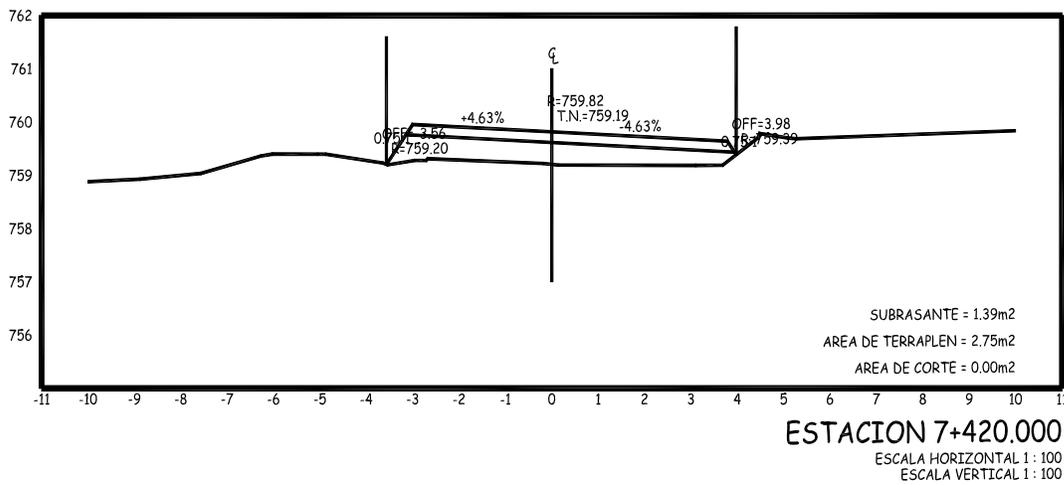
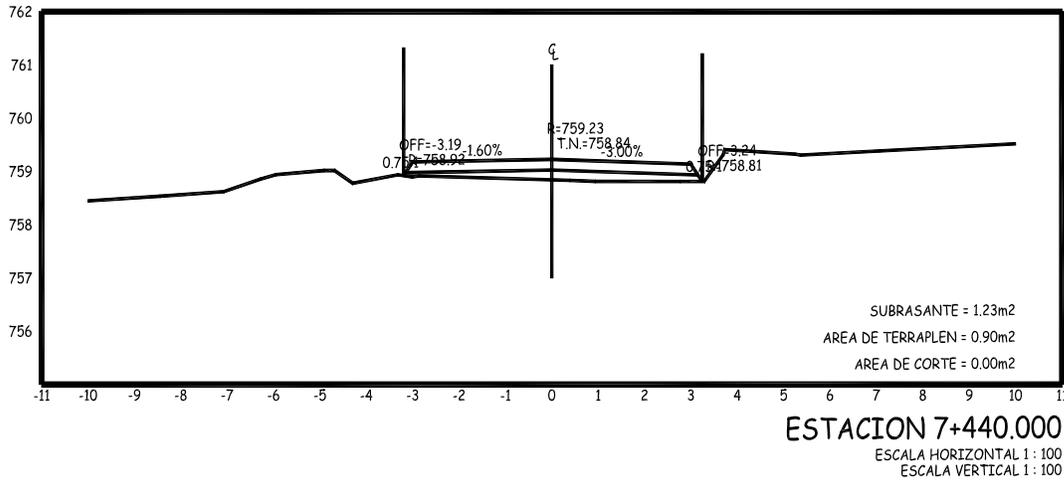


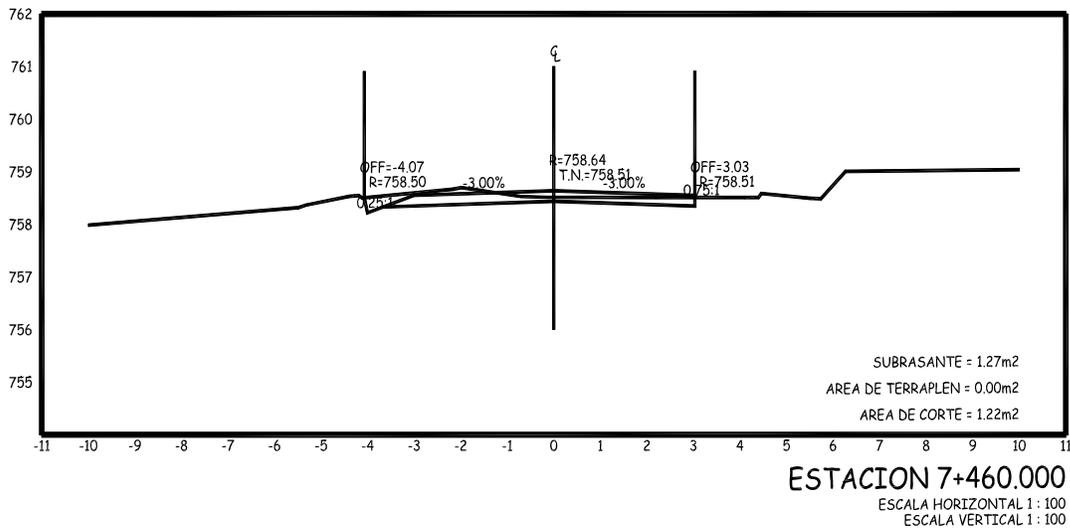
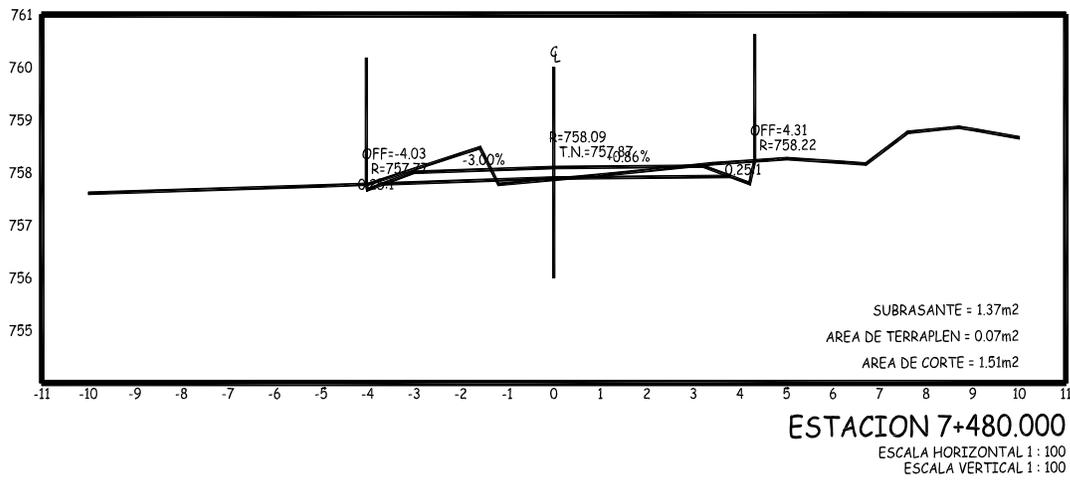
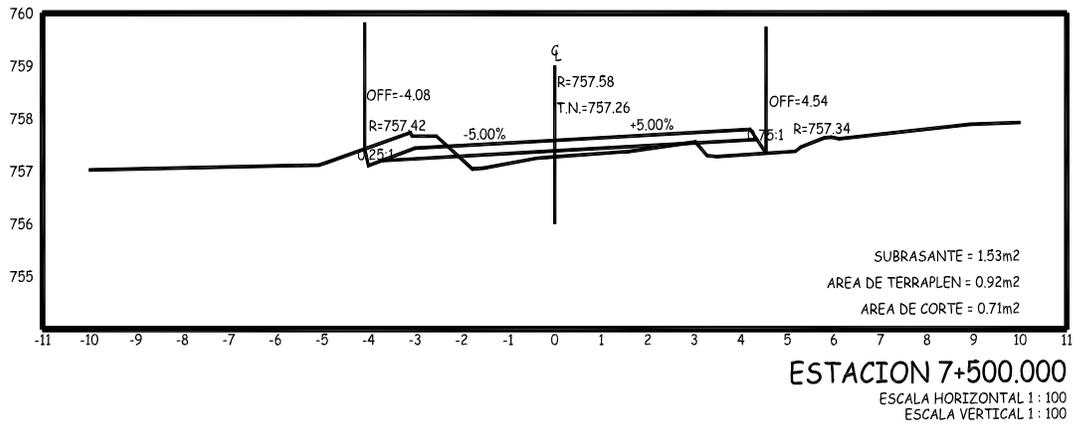


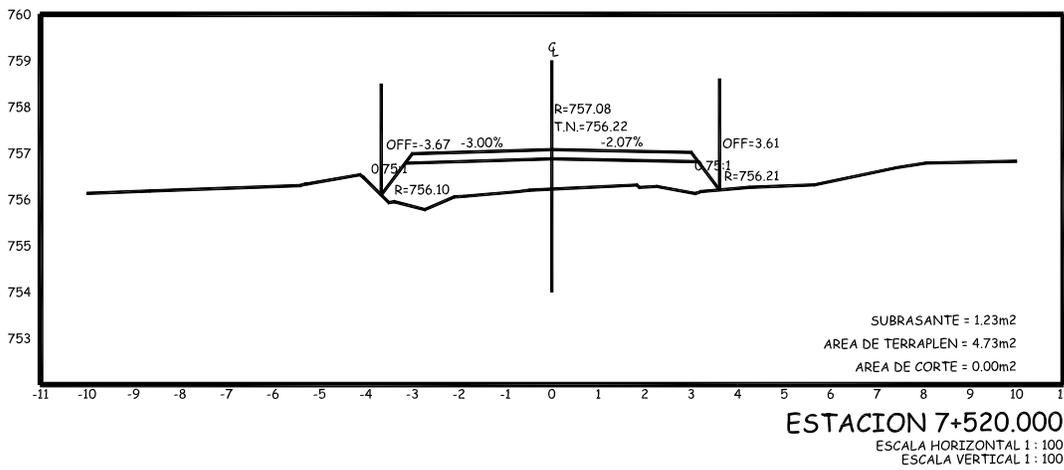
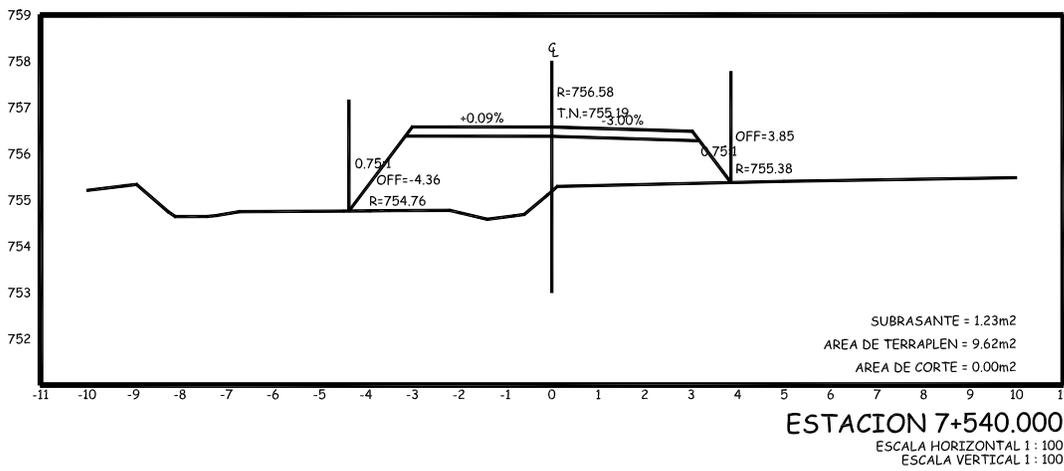
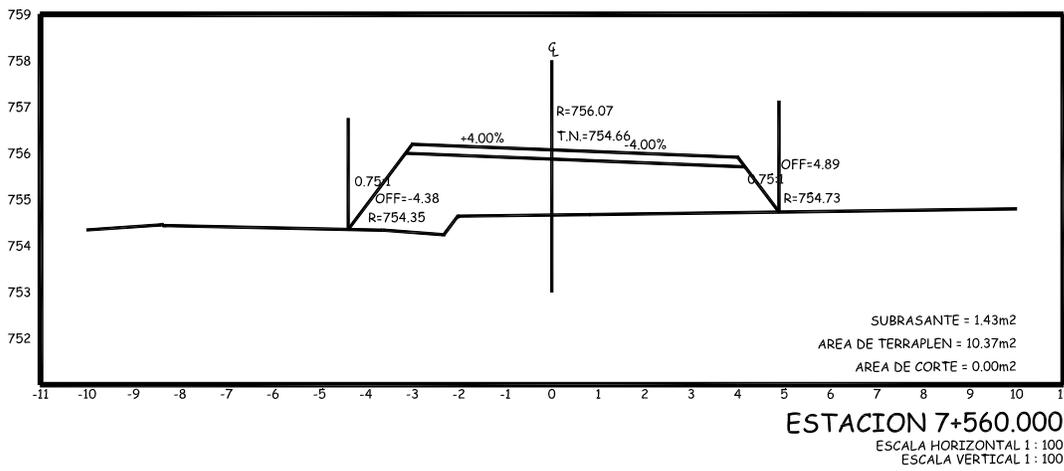


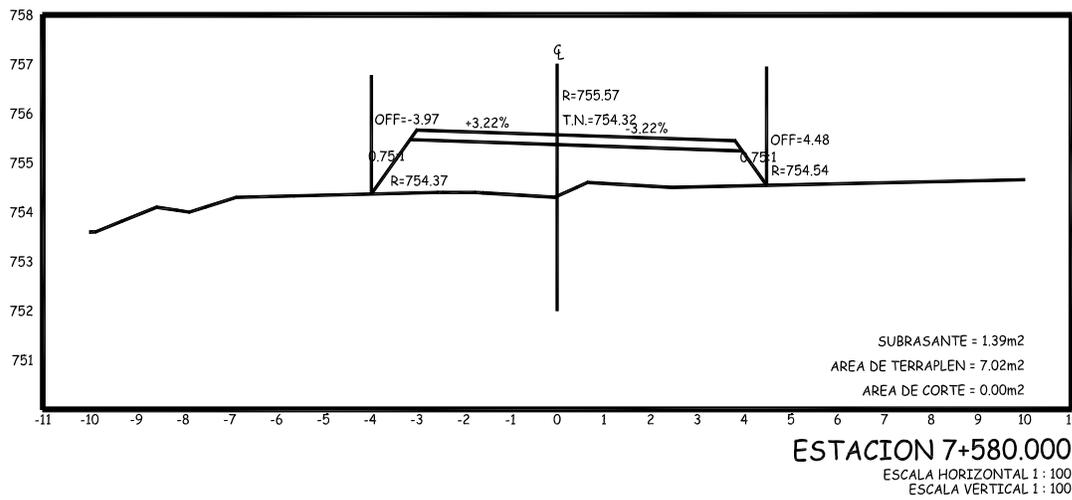
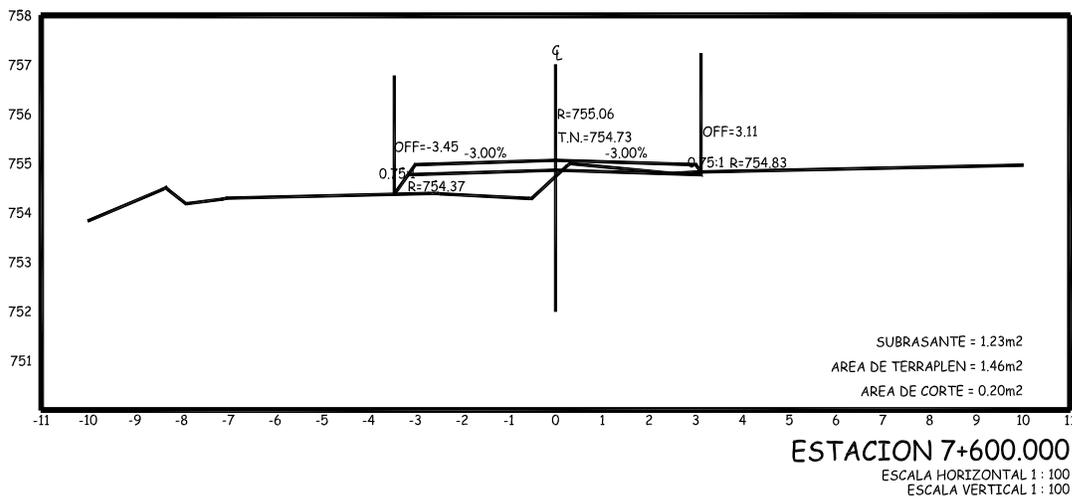
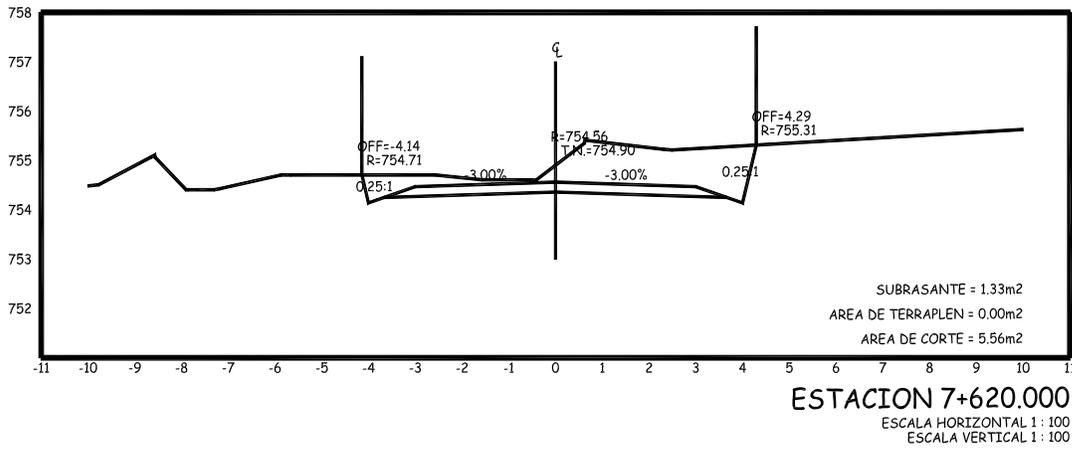


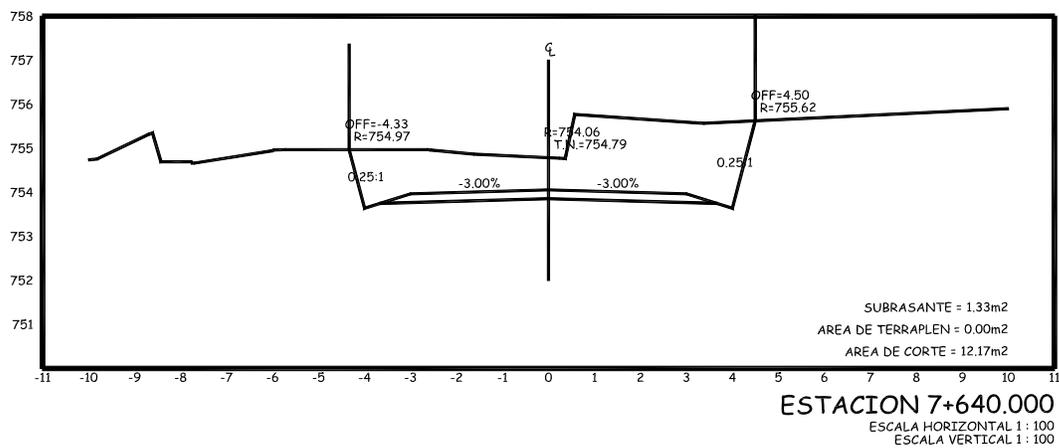
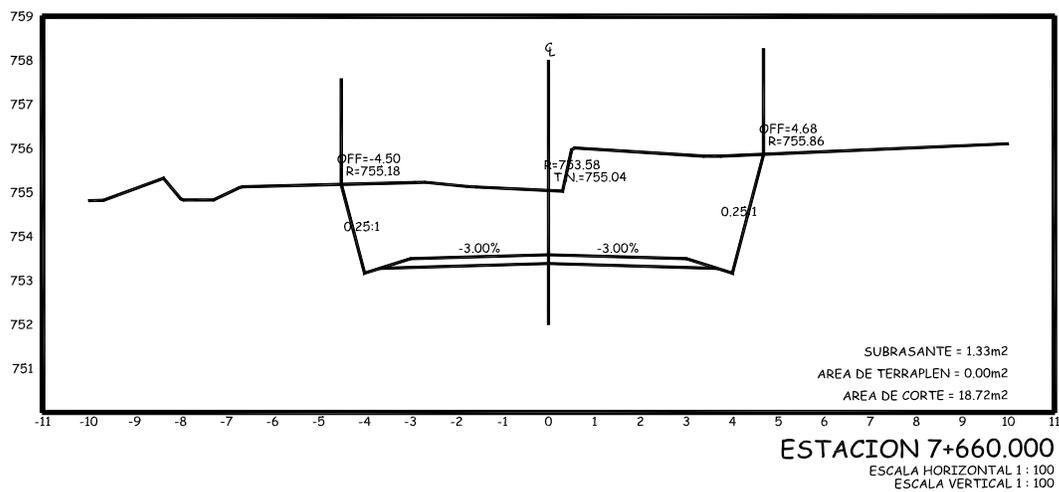
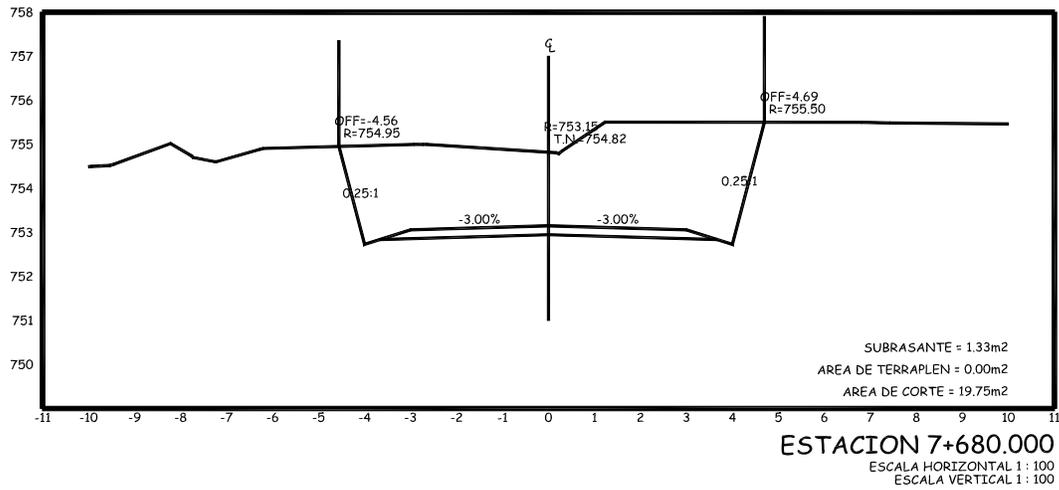


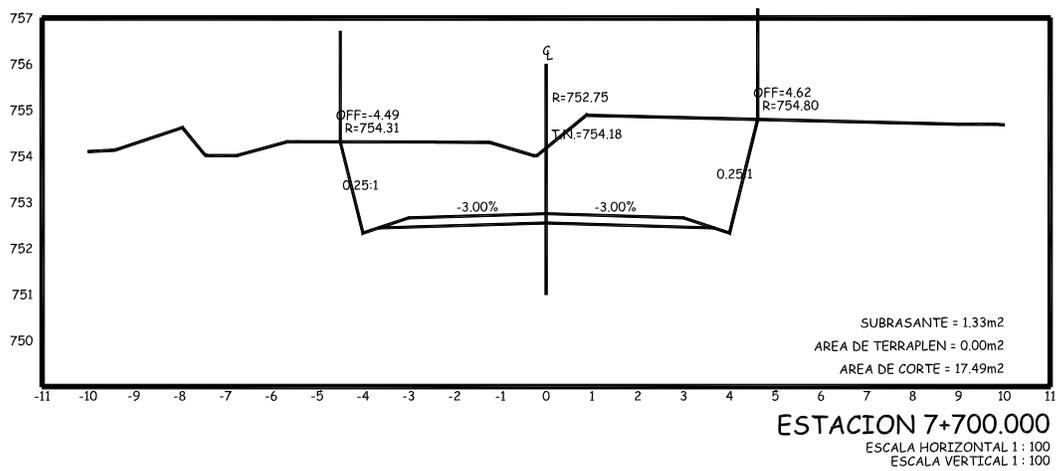
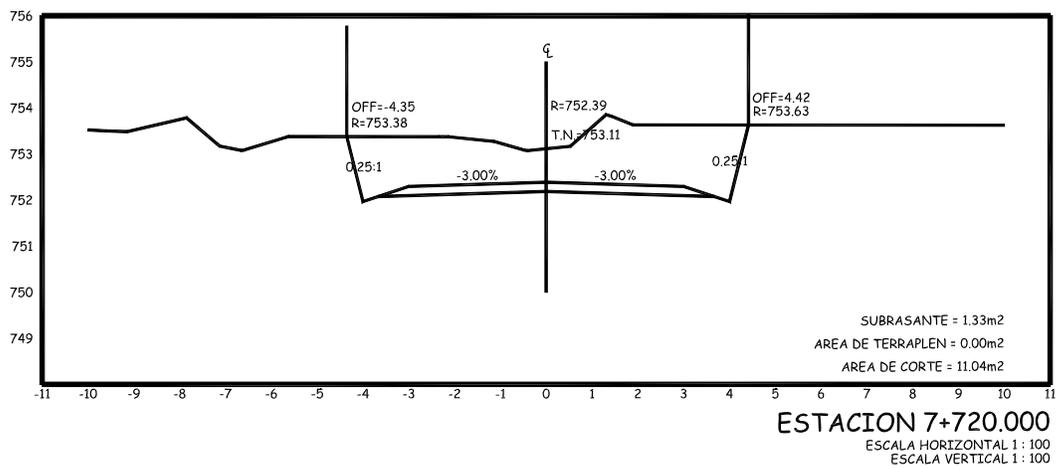
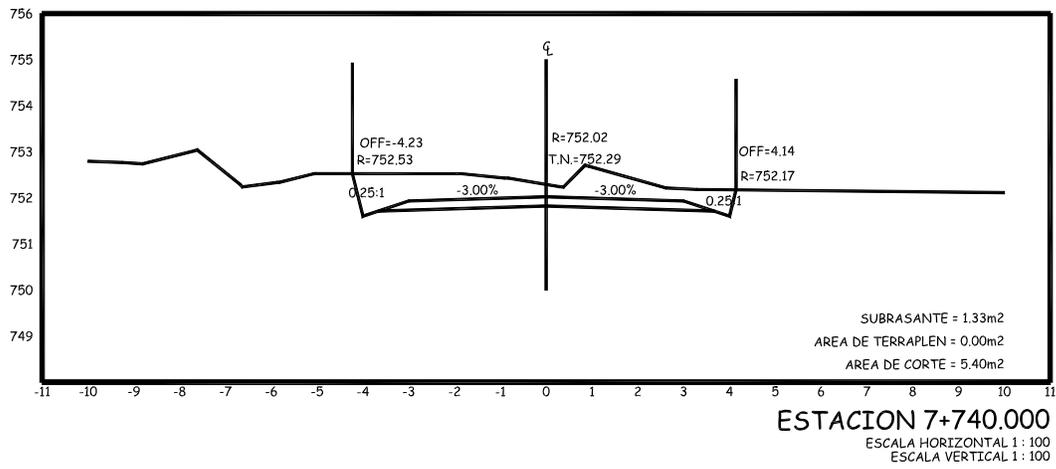


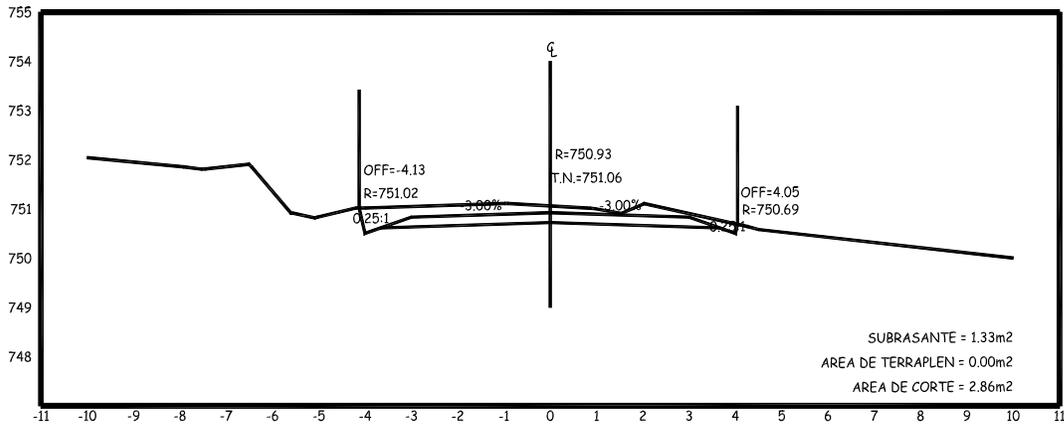






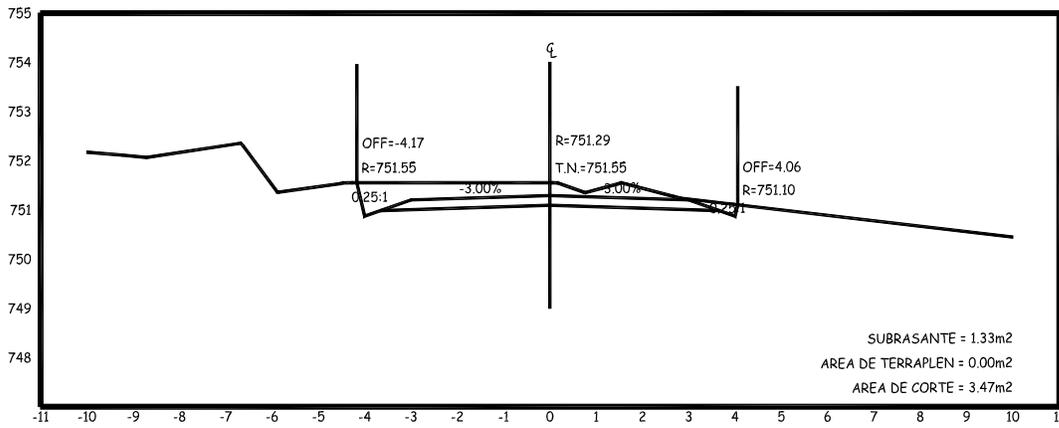






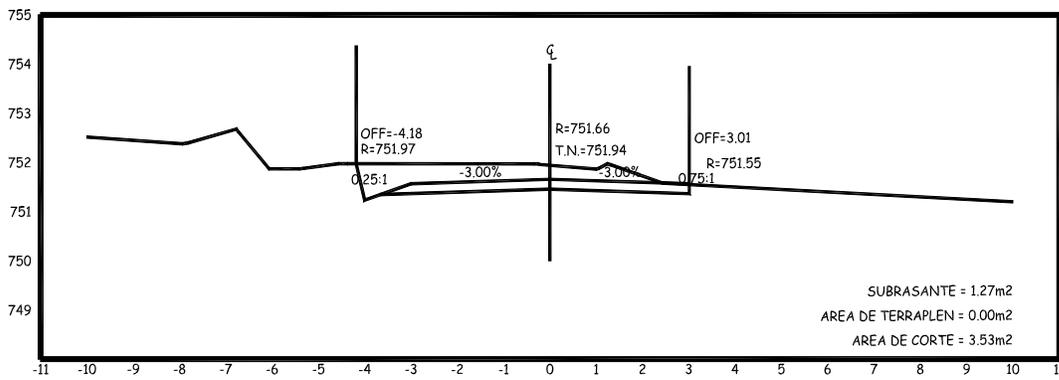
ESTACION 7+800.000

ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100



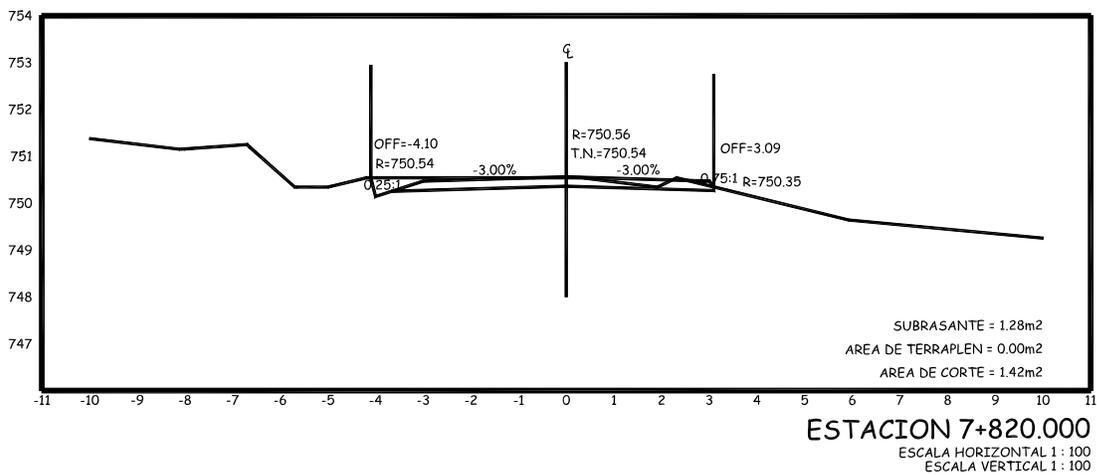
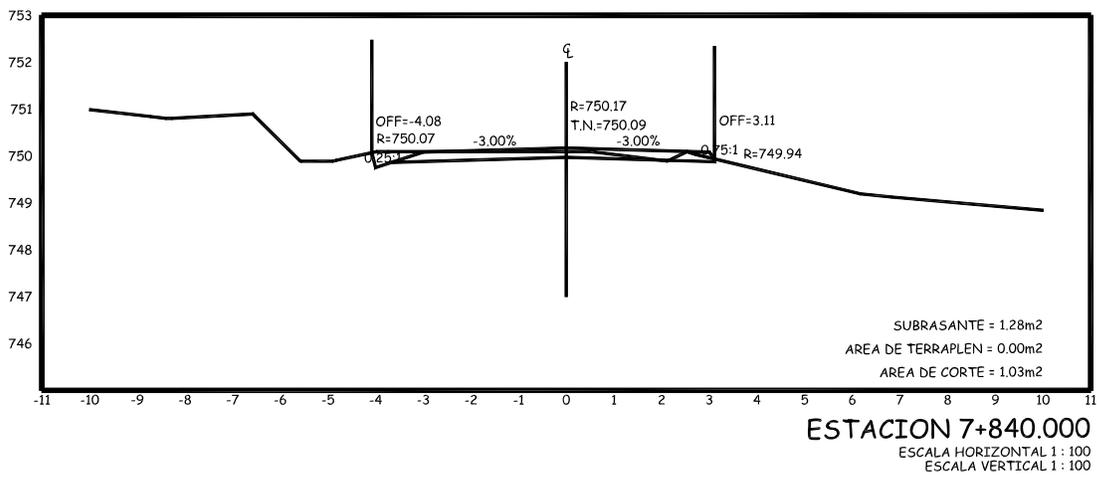
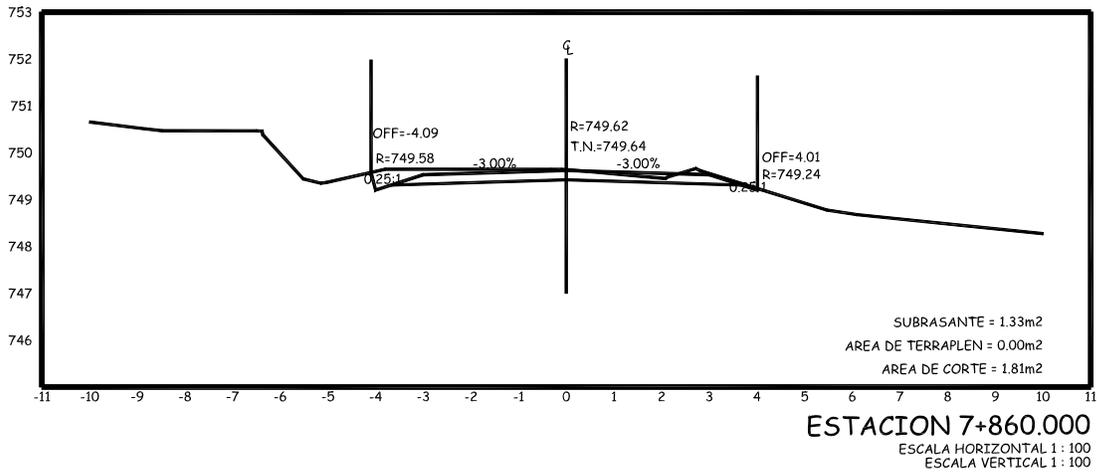
ESTACION 7+780.000

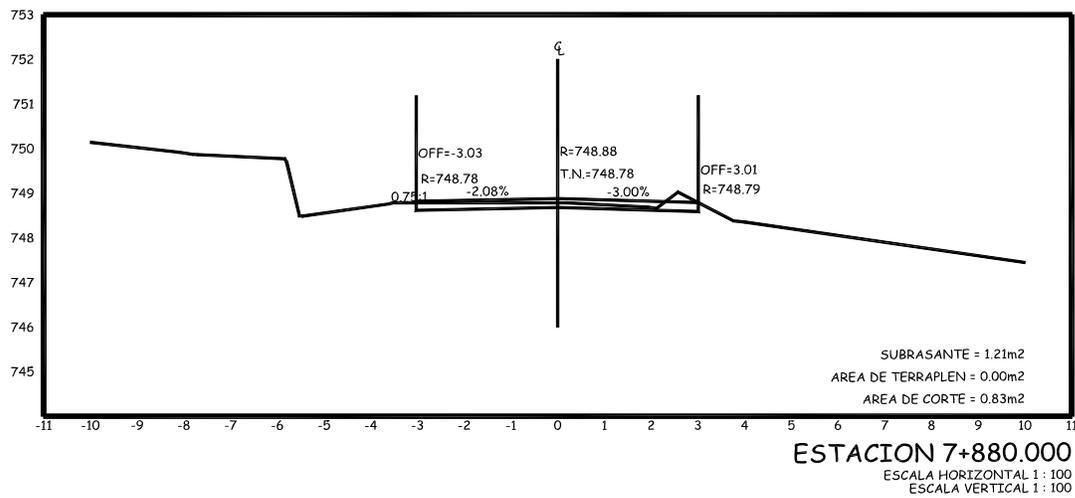
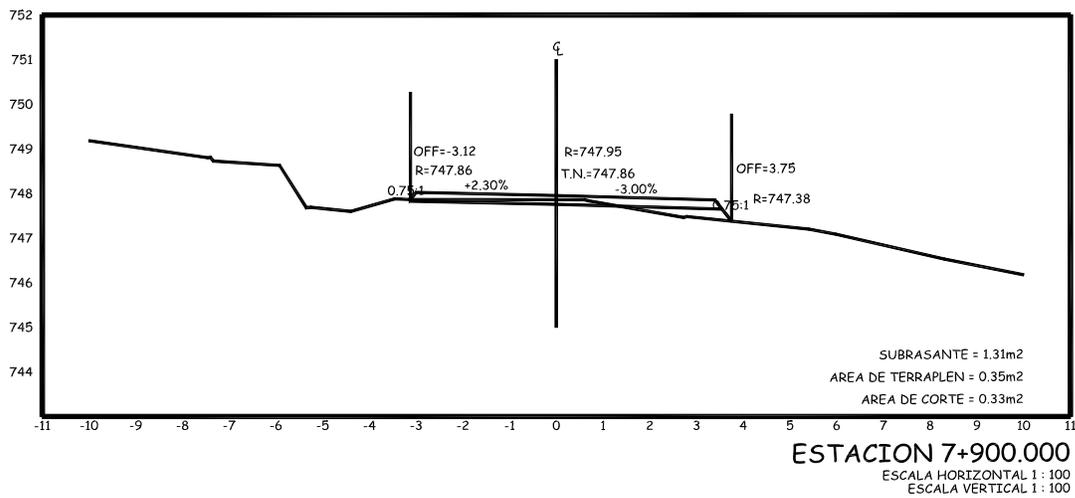
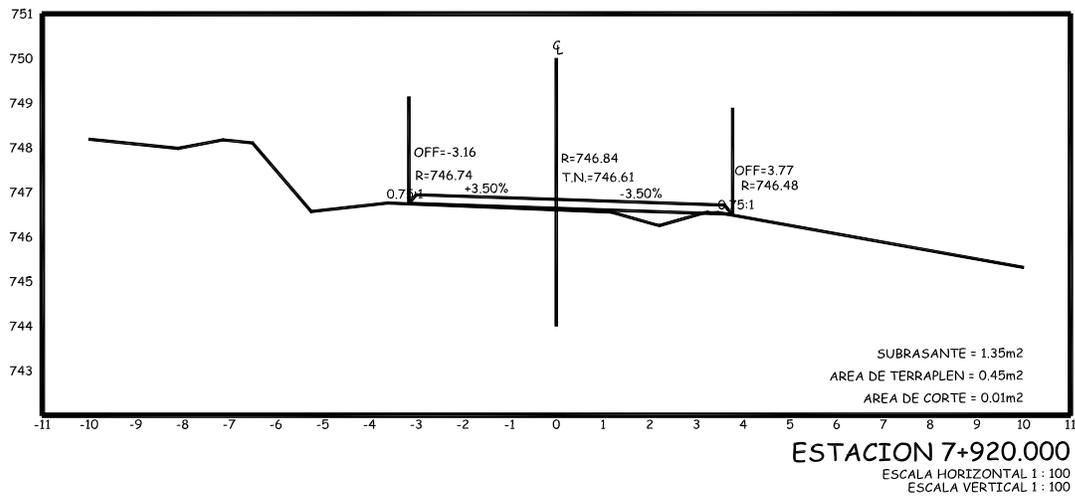
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100

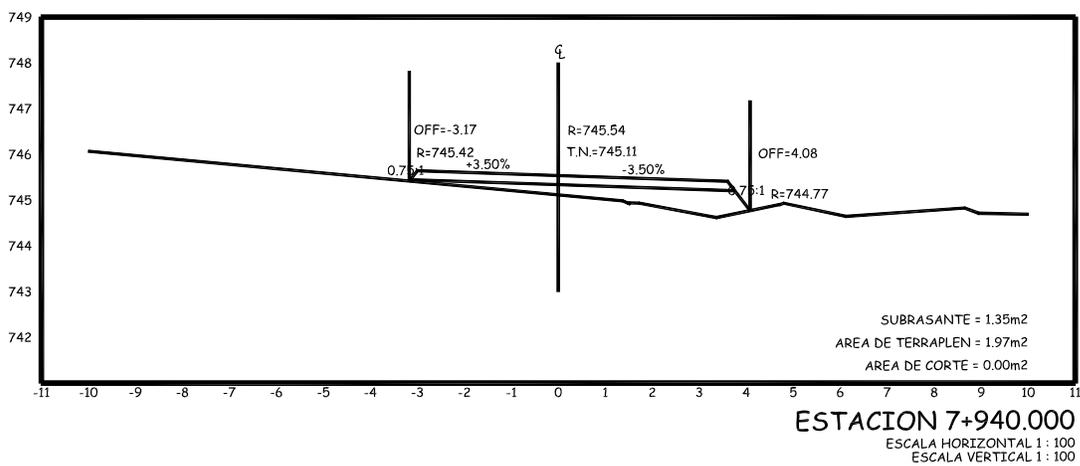
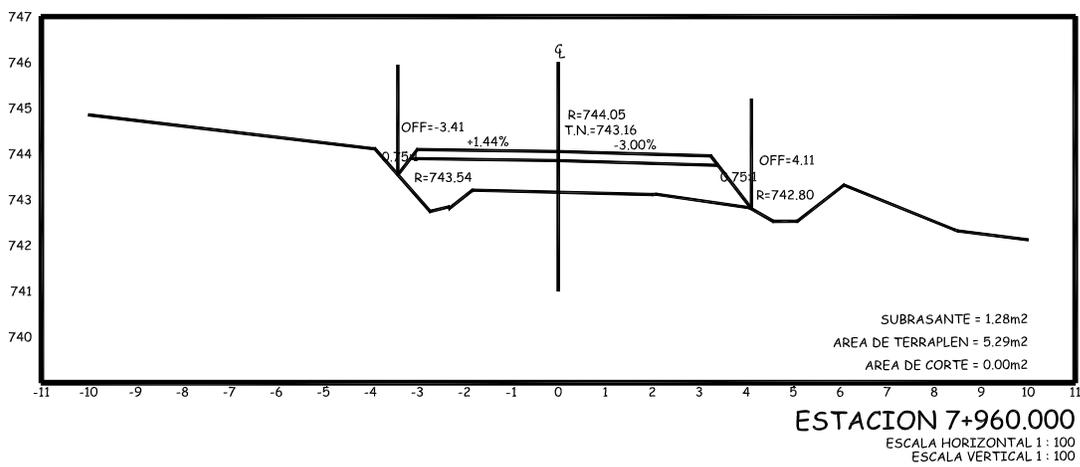
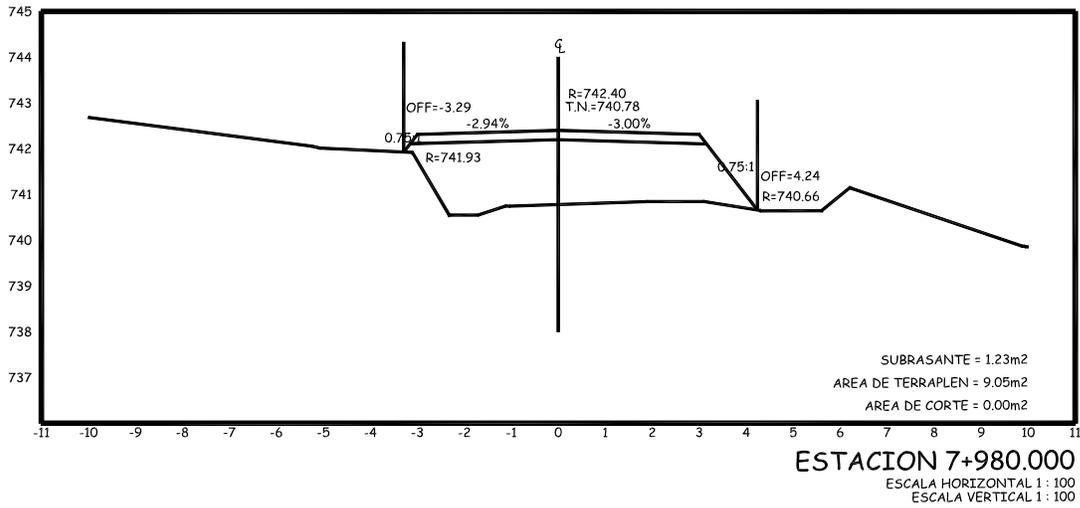


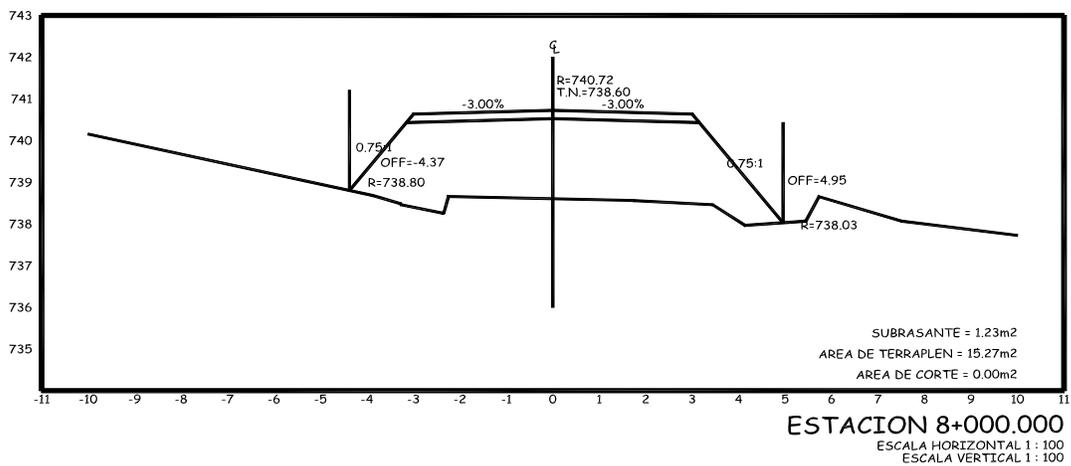
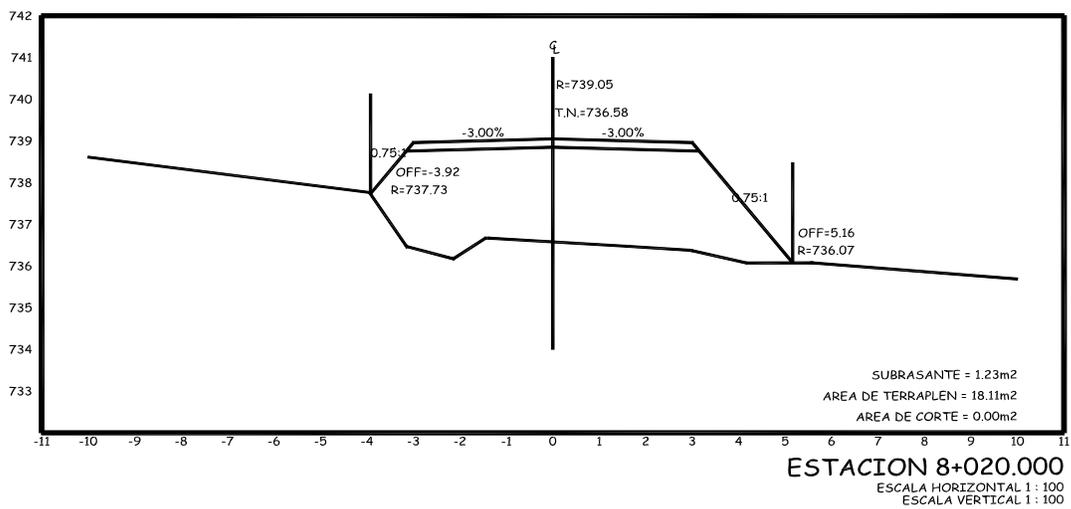
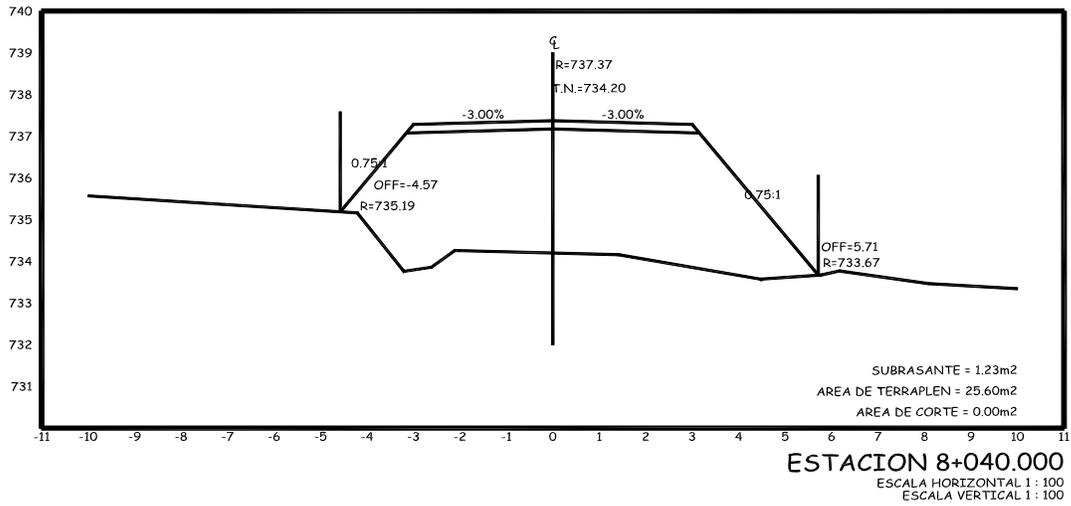
ESTACION 7+760.000

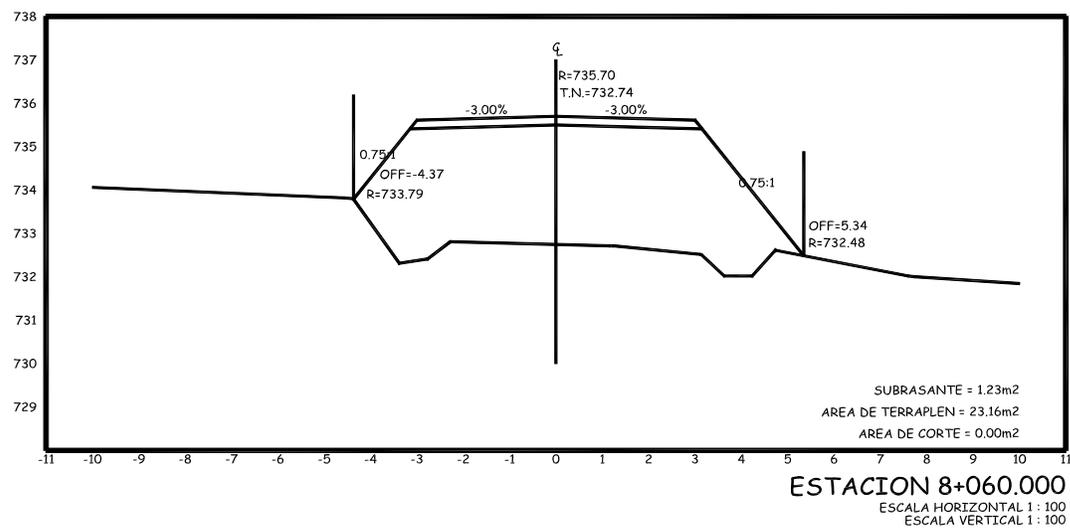
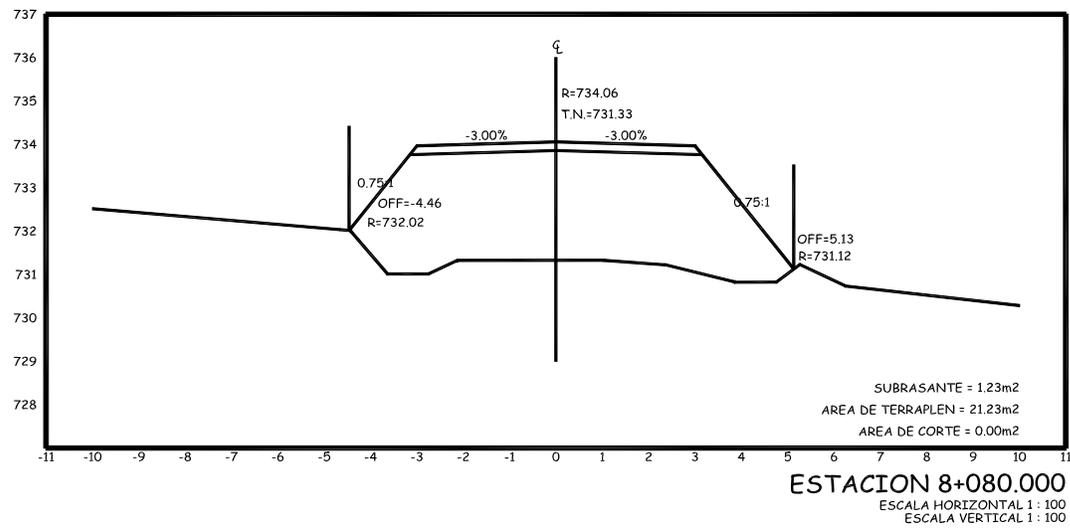
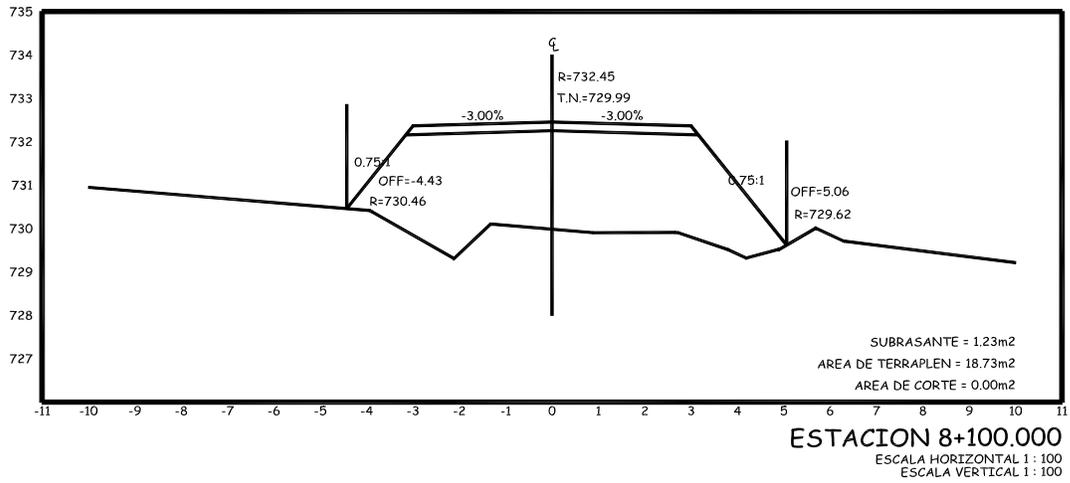
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100

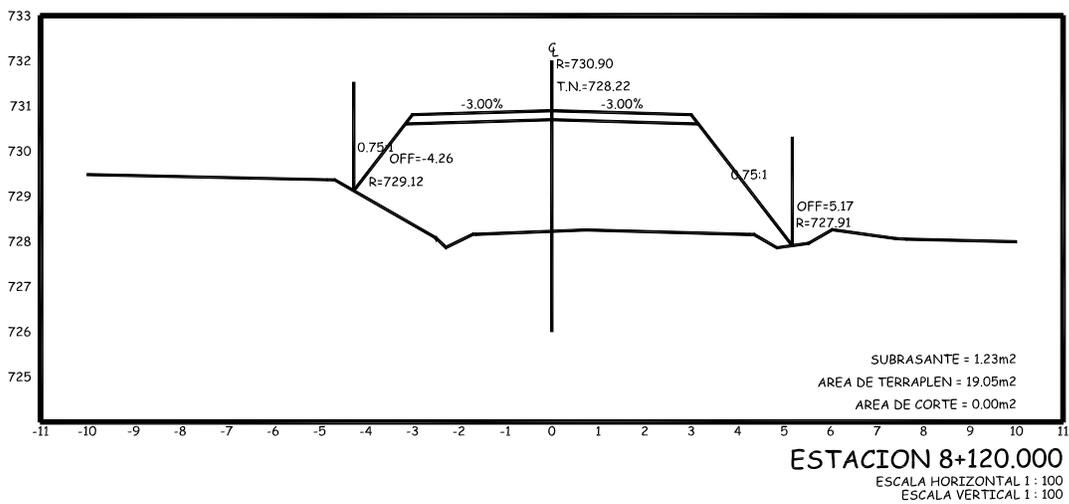
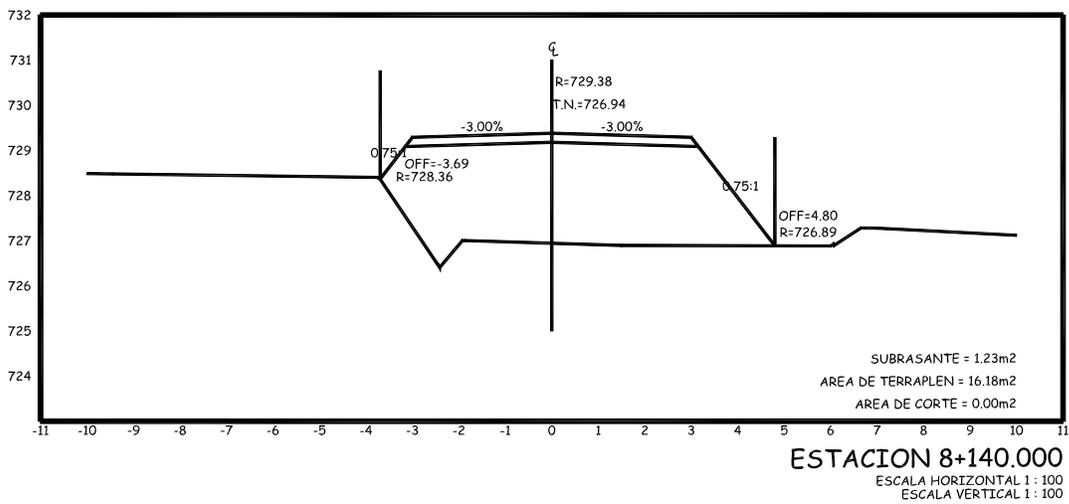
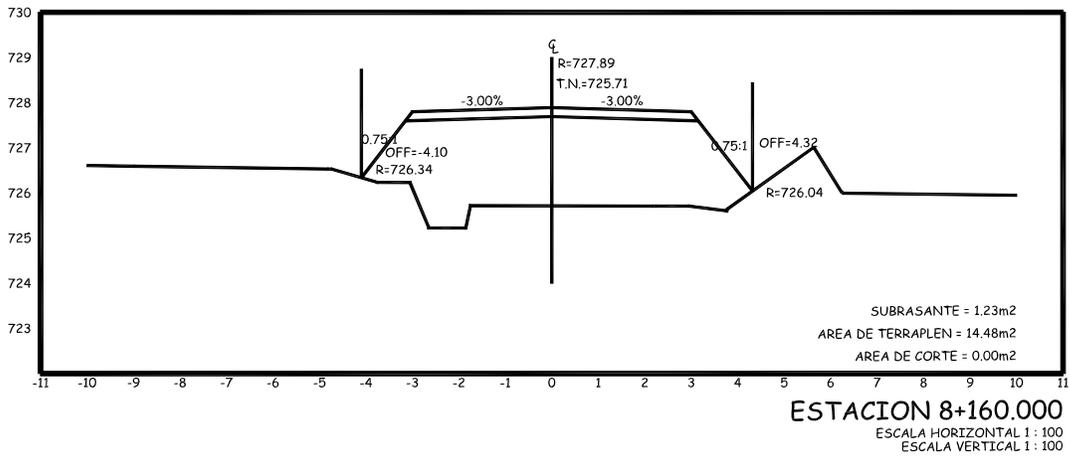


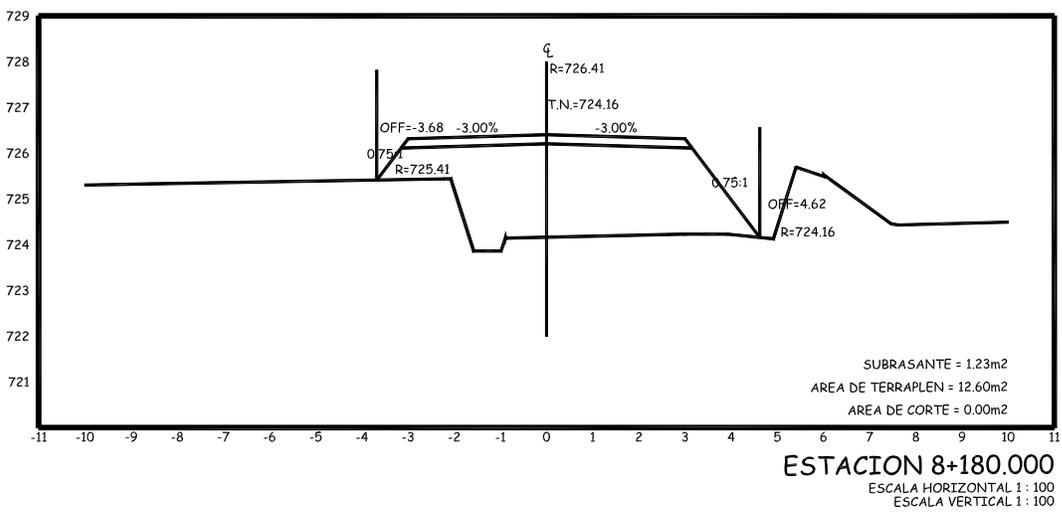
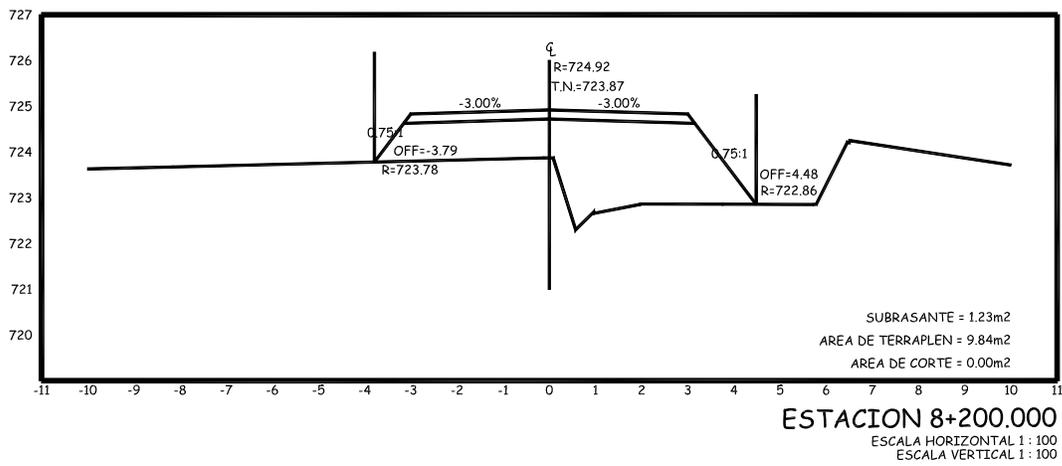
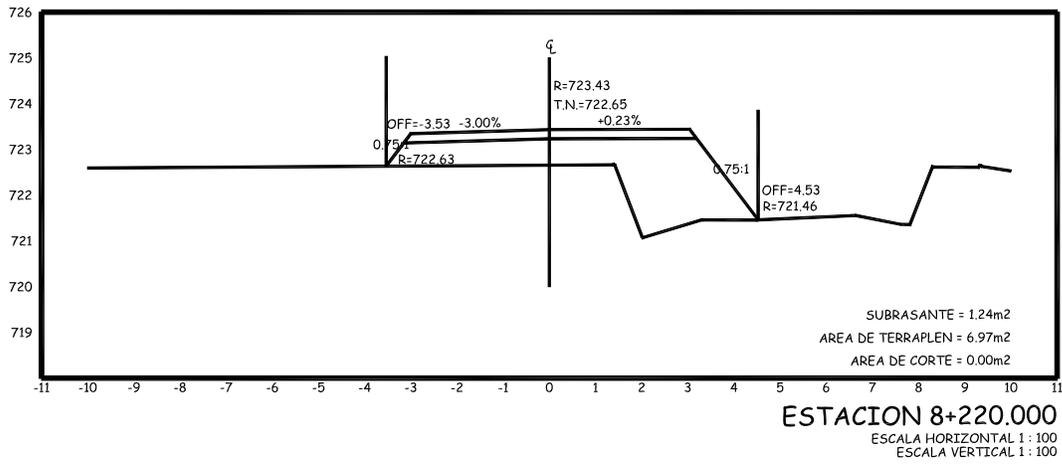


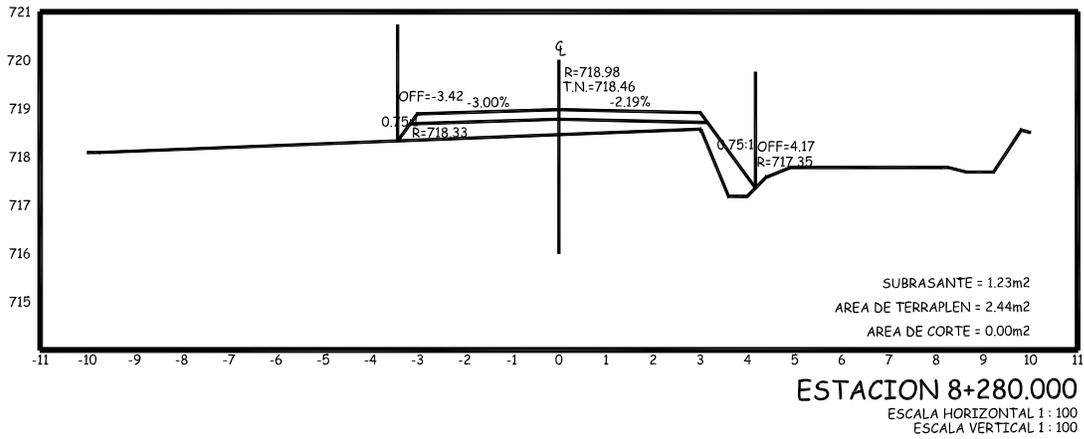






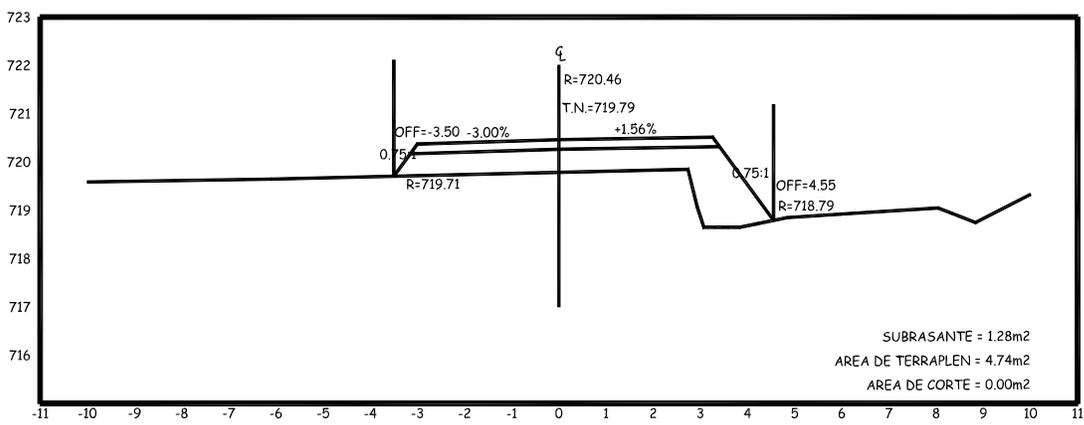






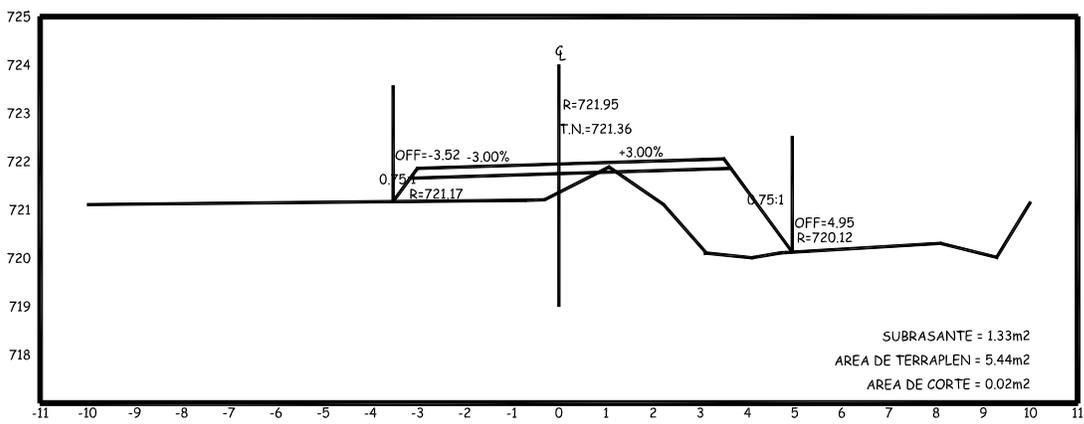
ESTACION 8+280.000

ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100



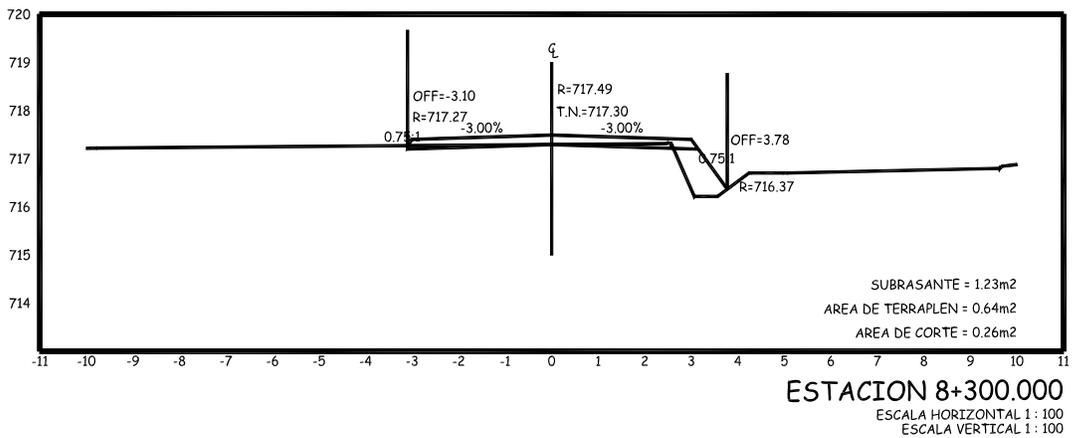
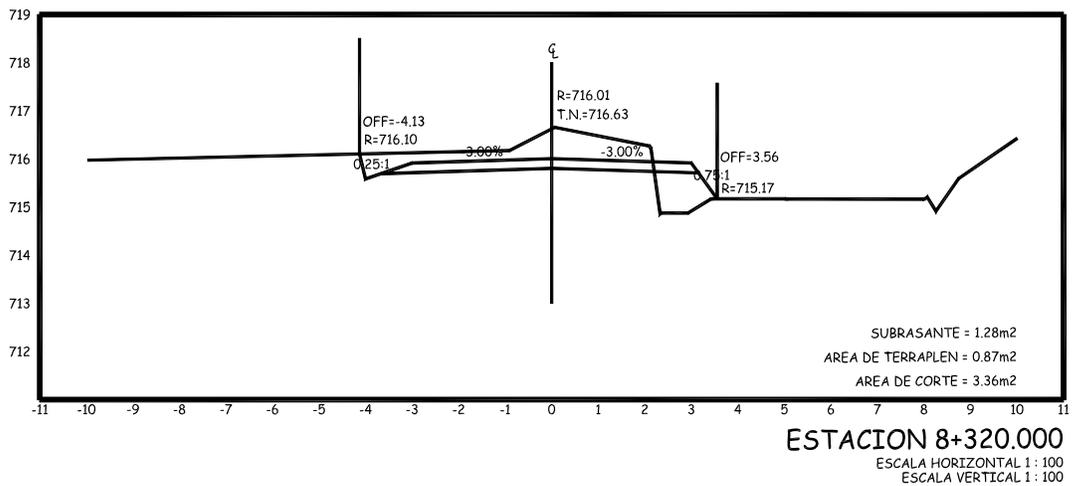
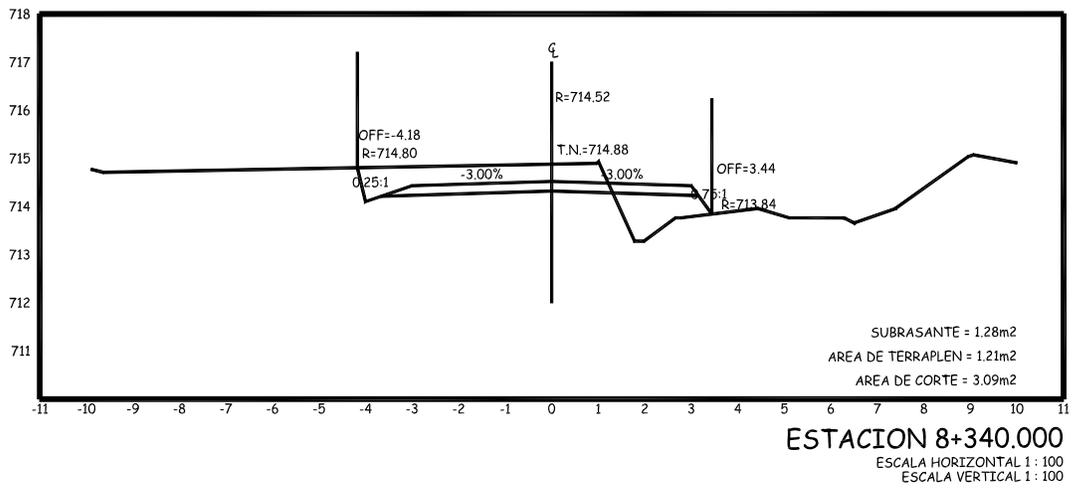
ESTACION 8+260.000

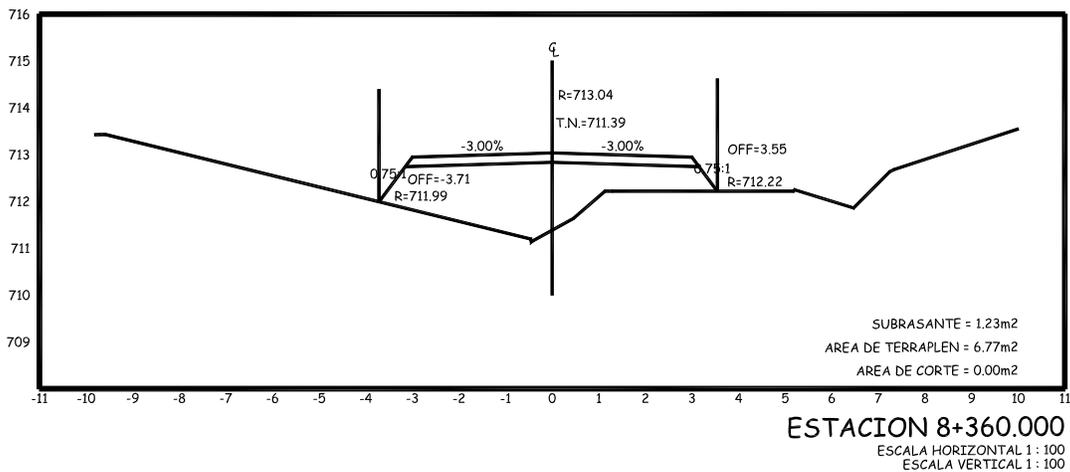
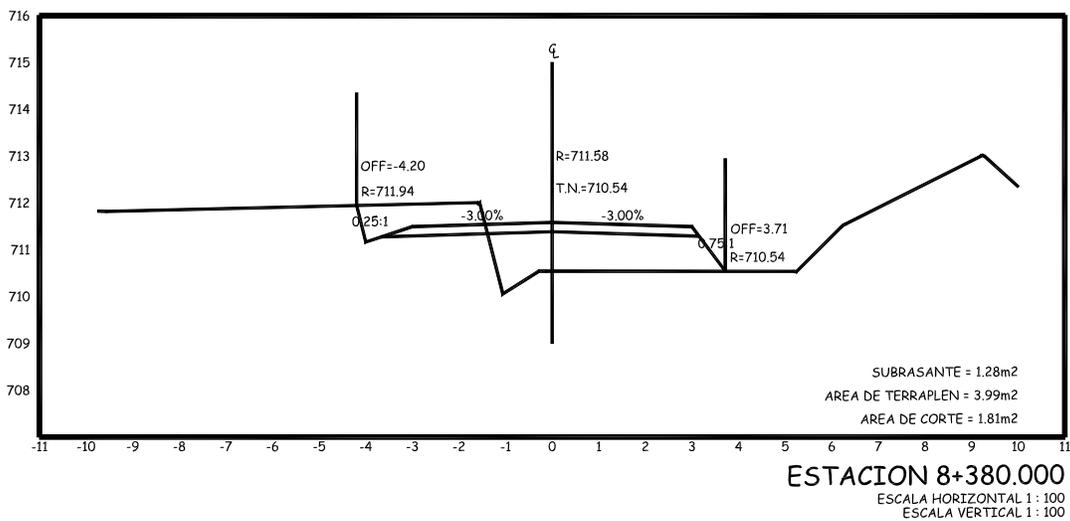
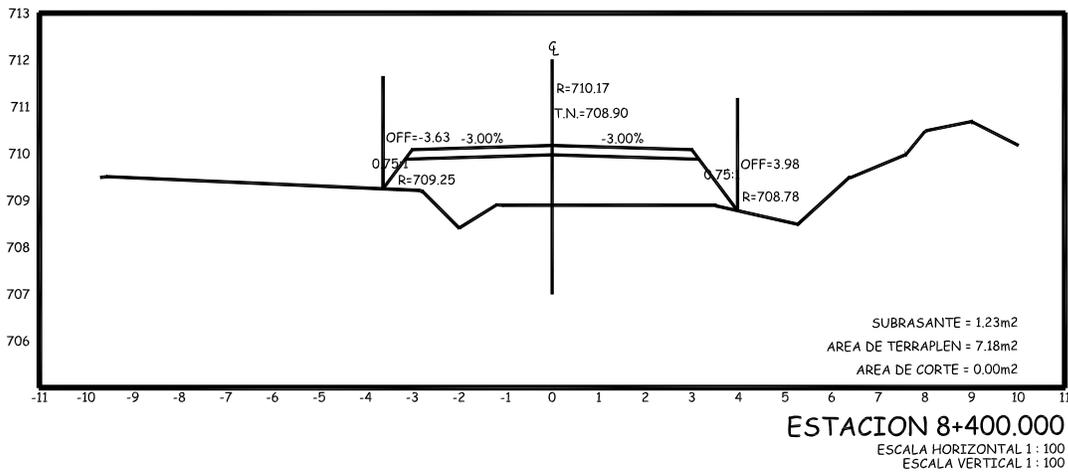
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100

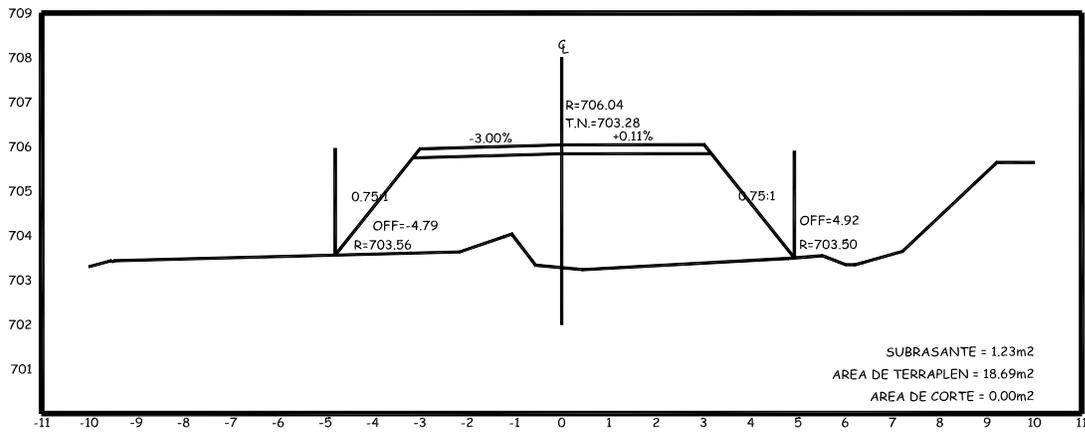


ESTACION 8+240.000

ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100

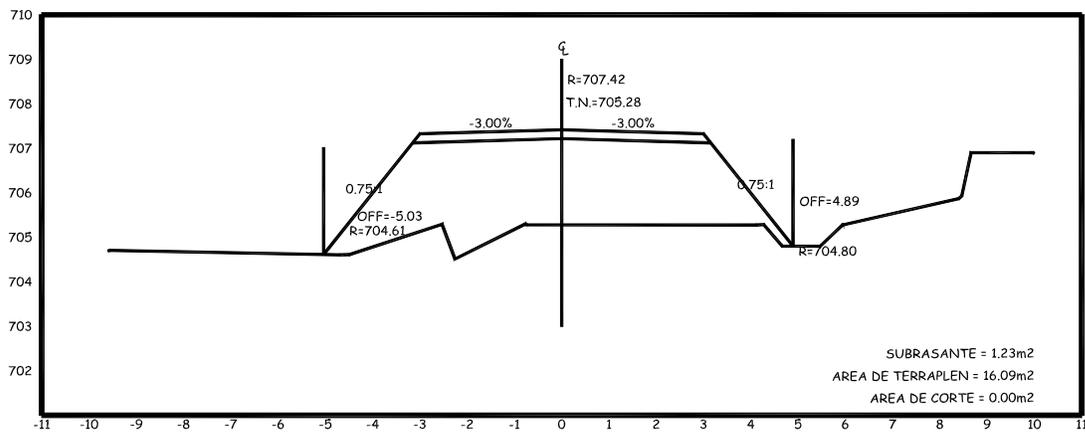






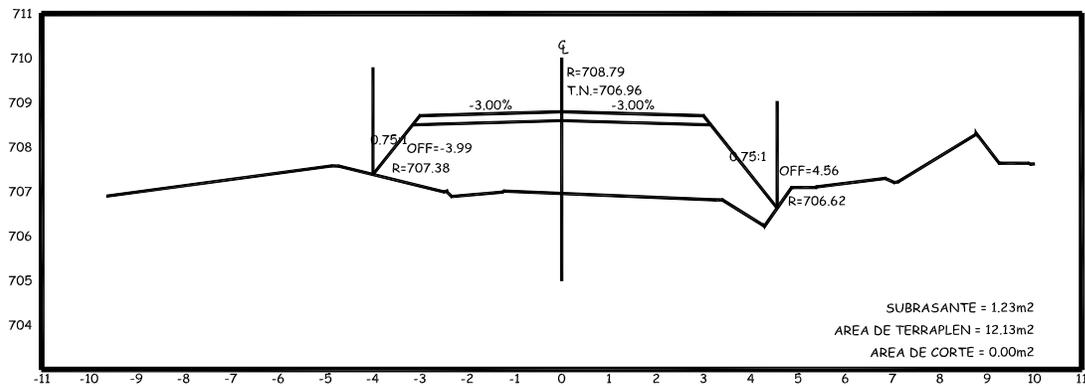
ESTACION 8+460.00

ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100



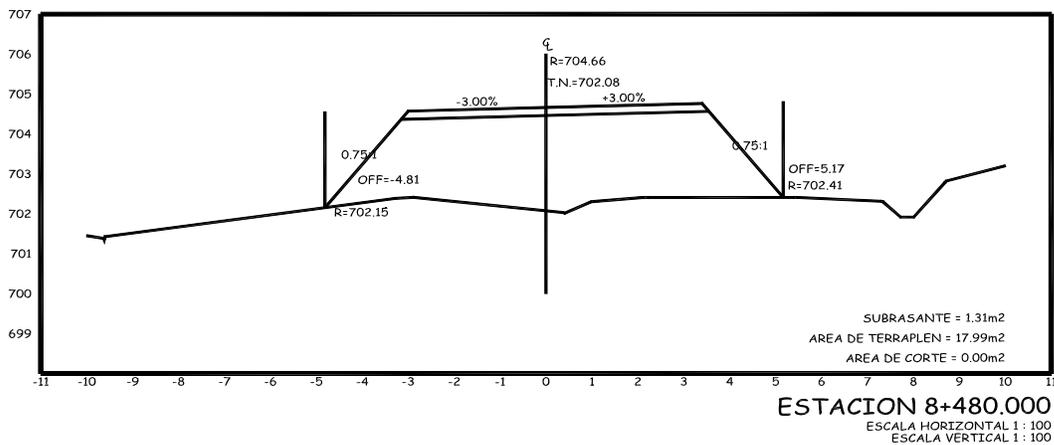
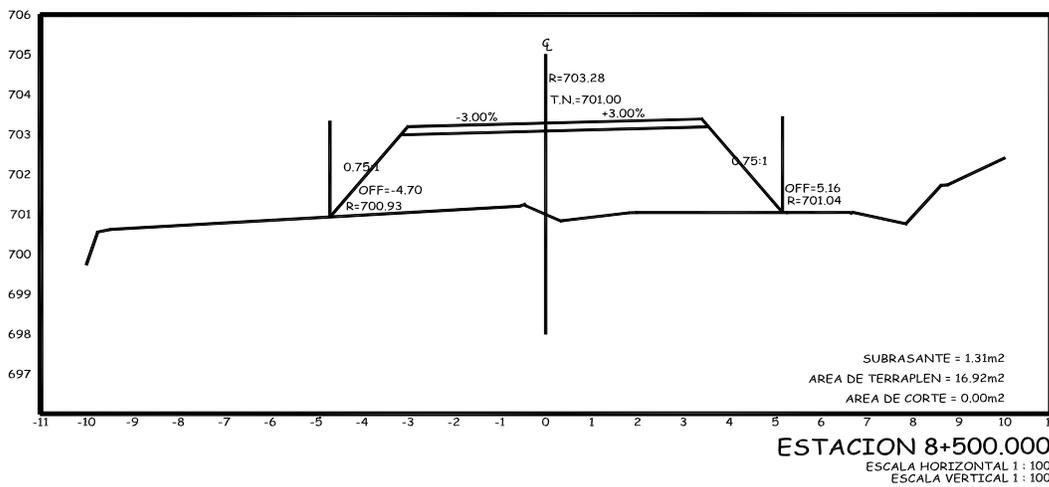
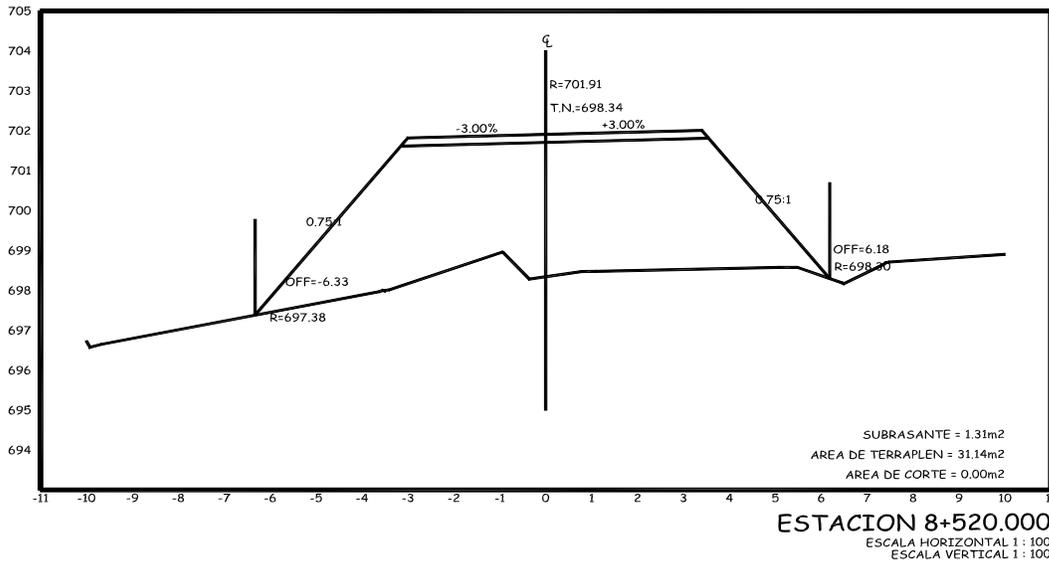
ESTACION 8+440.00

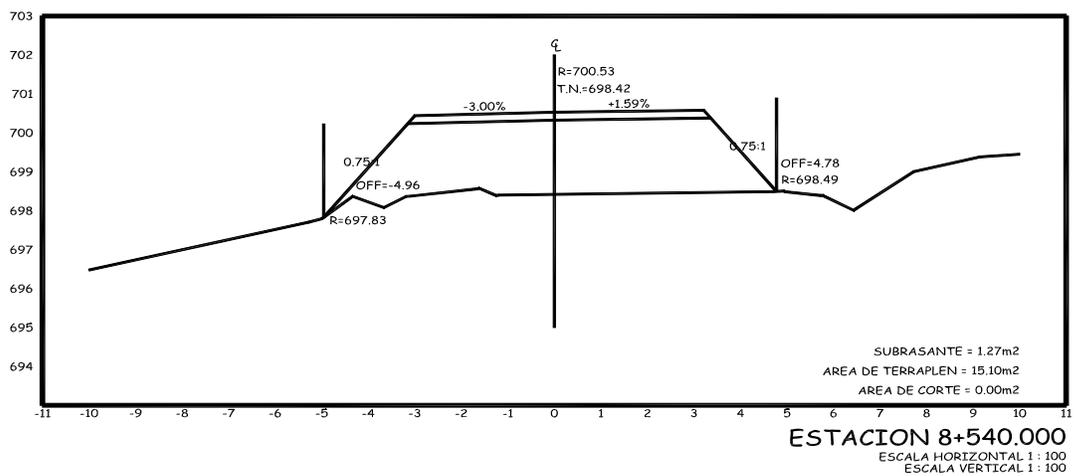
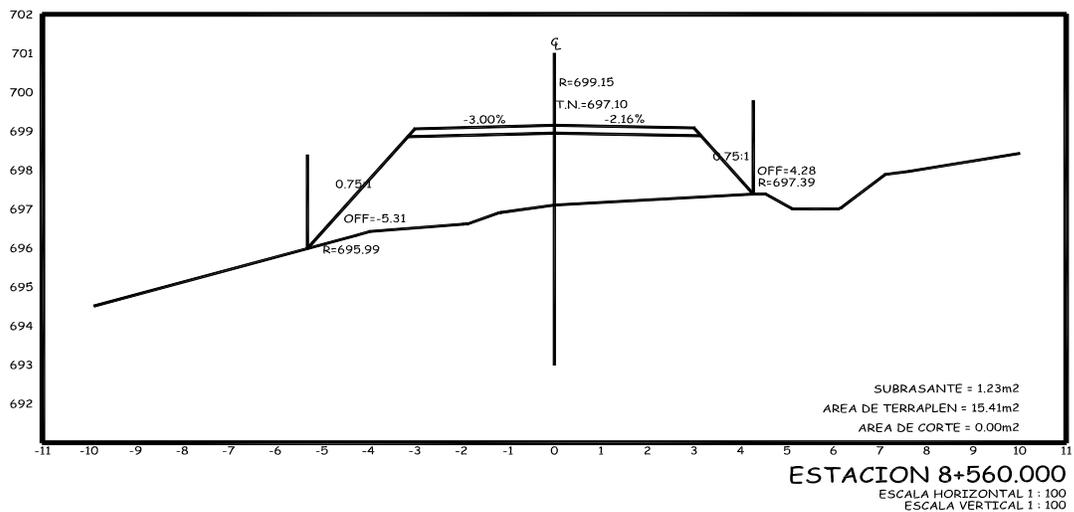
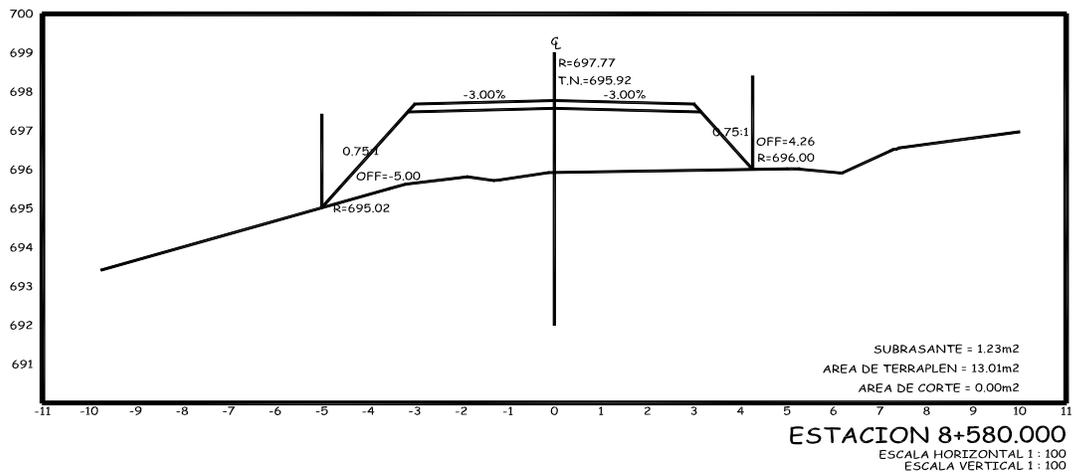
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100

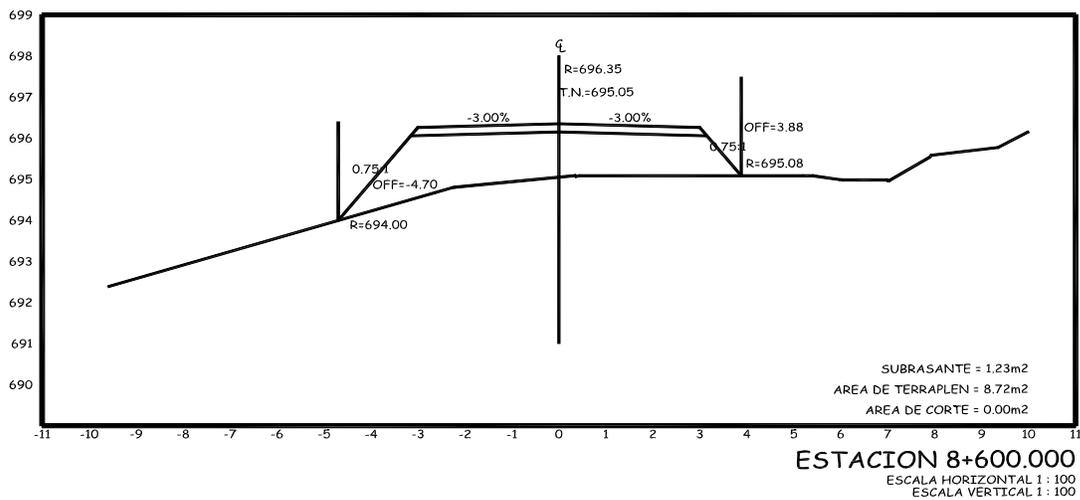
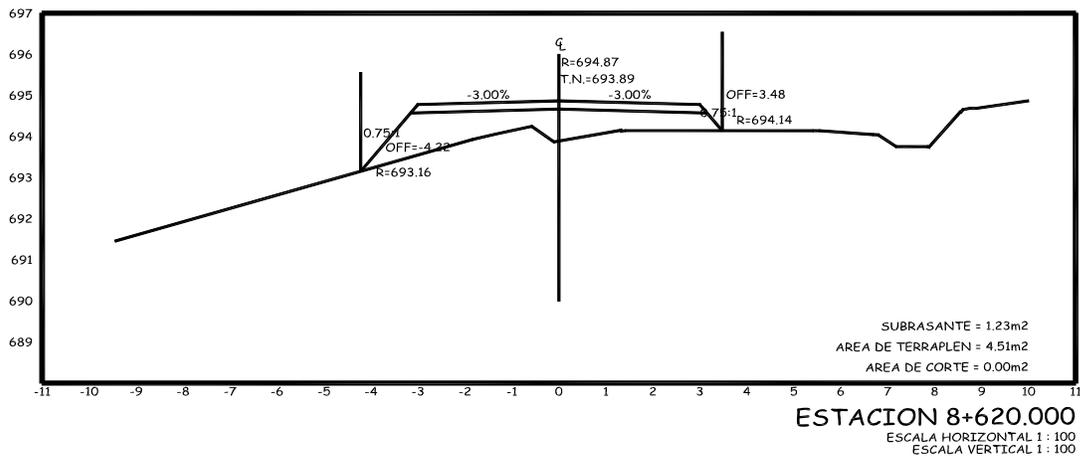
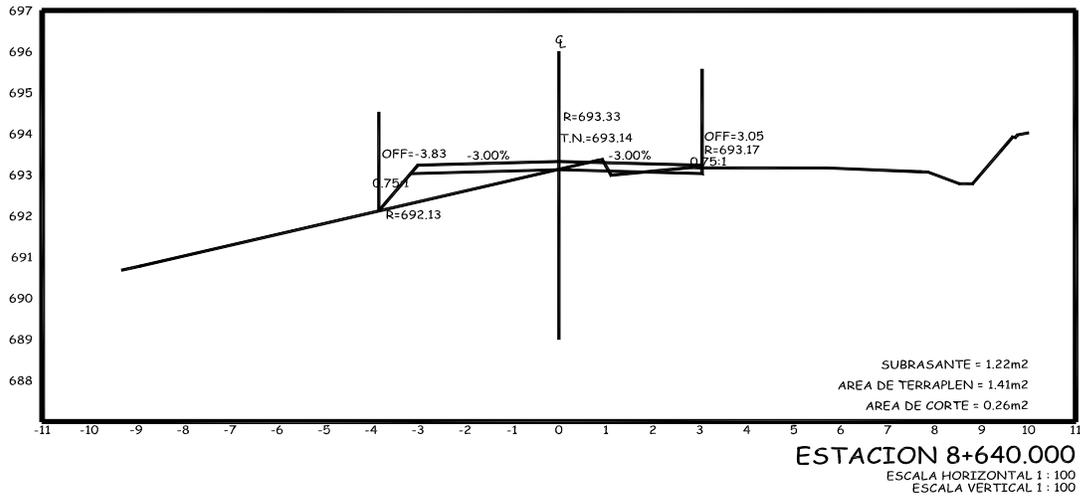


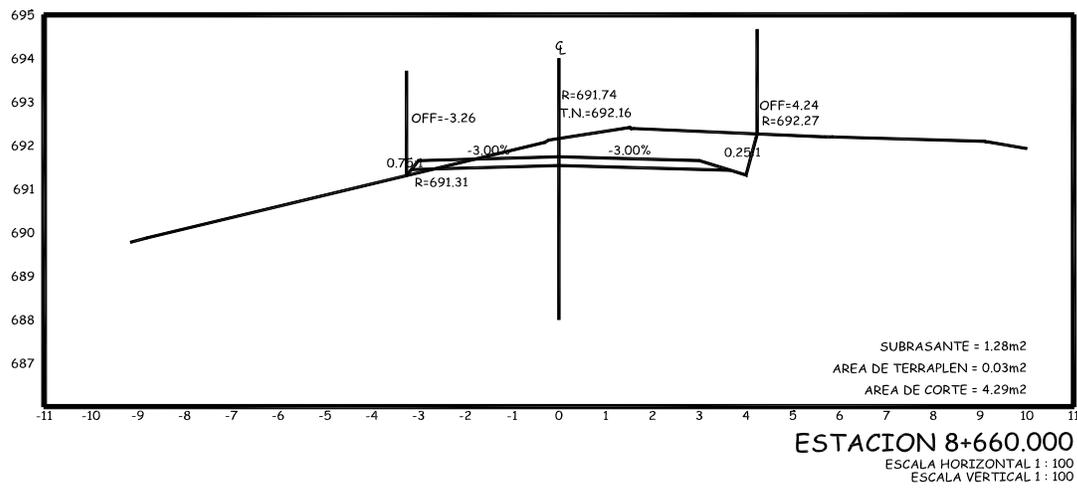
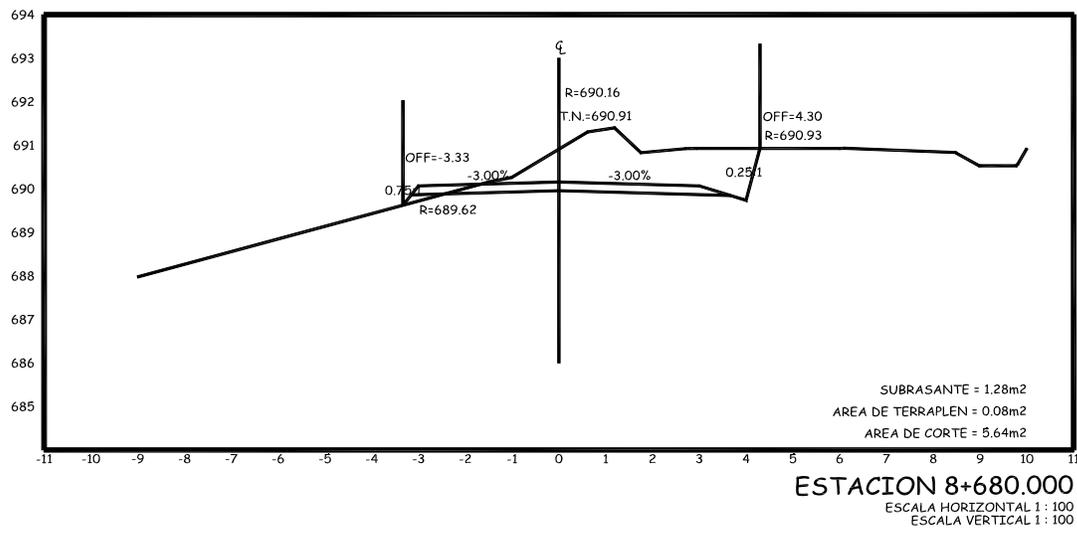
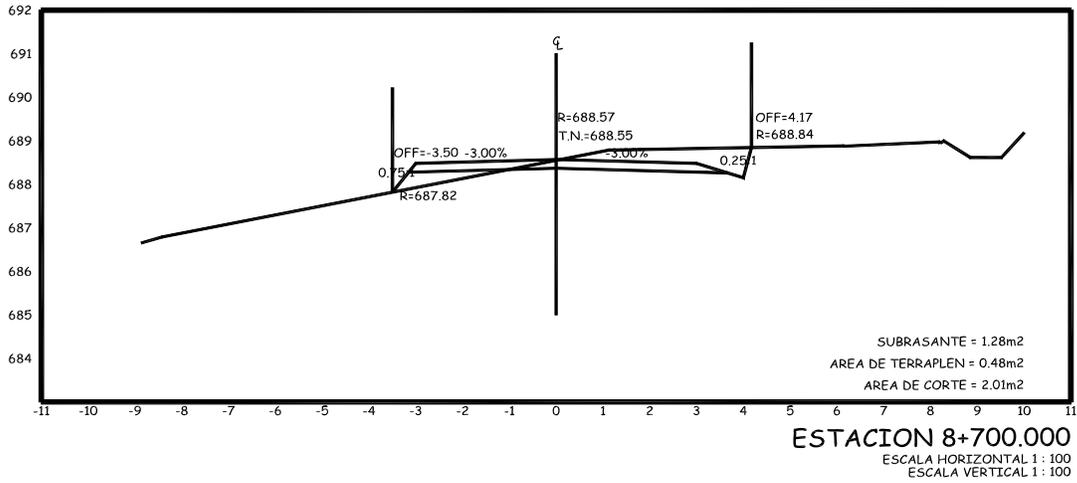
ESTACION 8+420.00

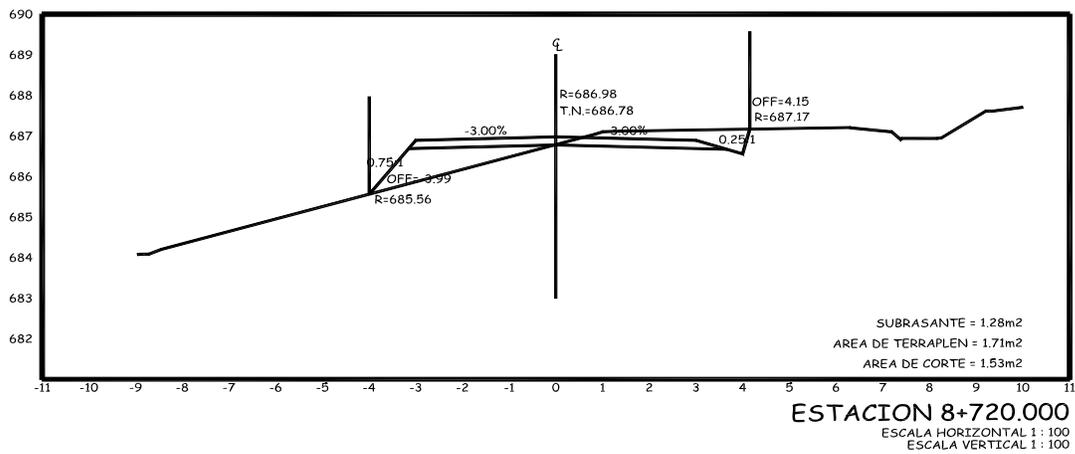
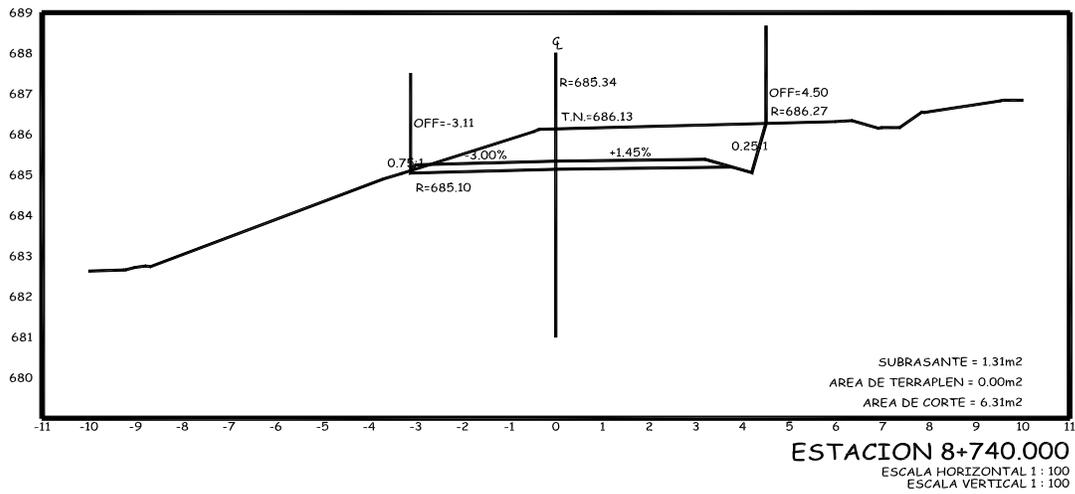
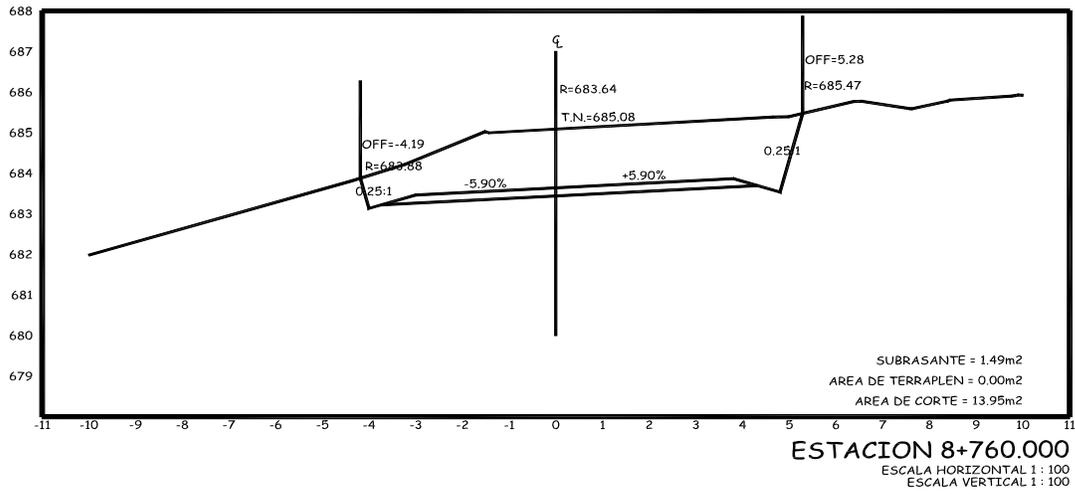
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100

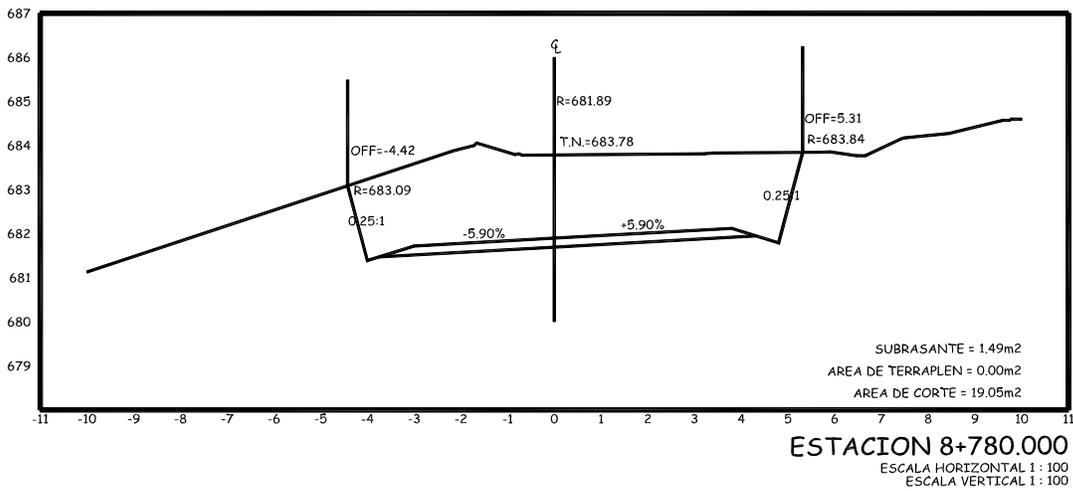
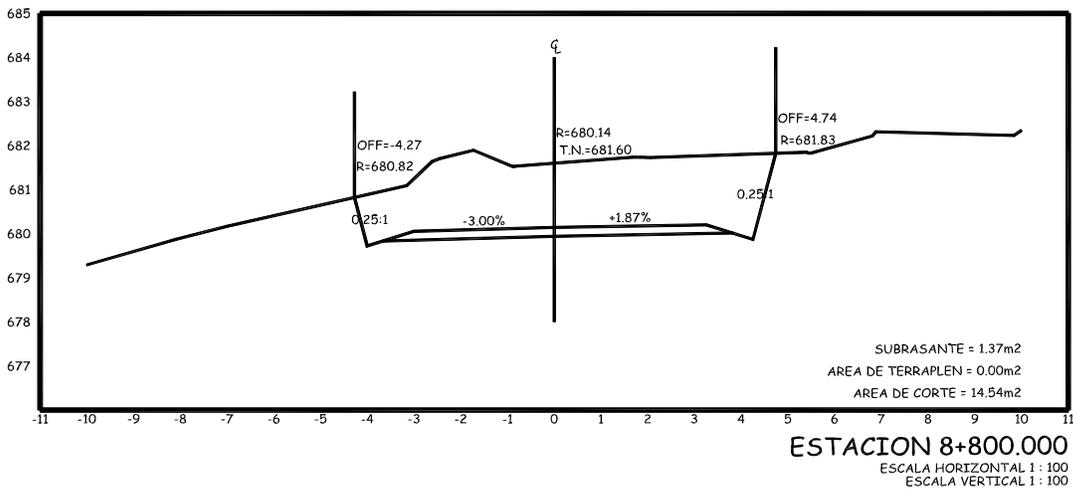
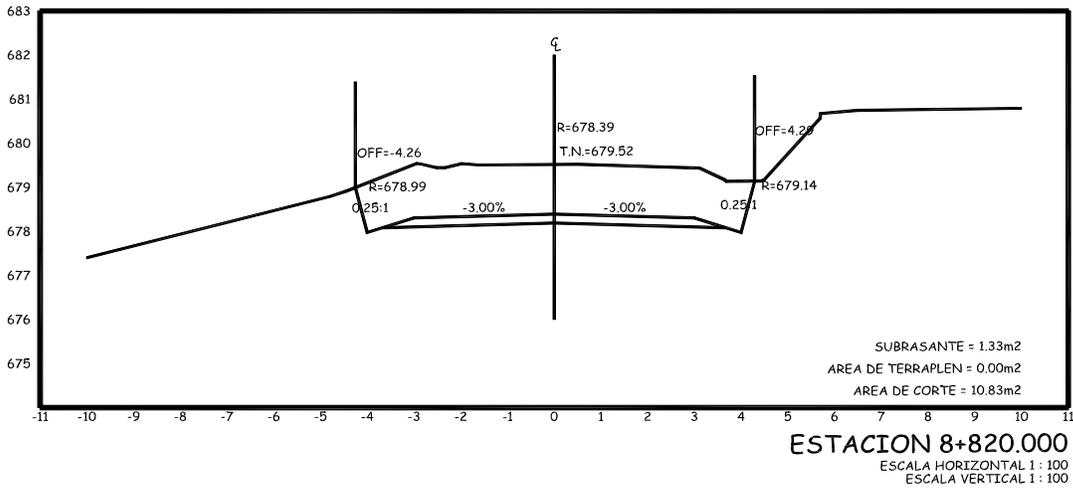


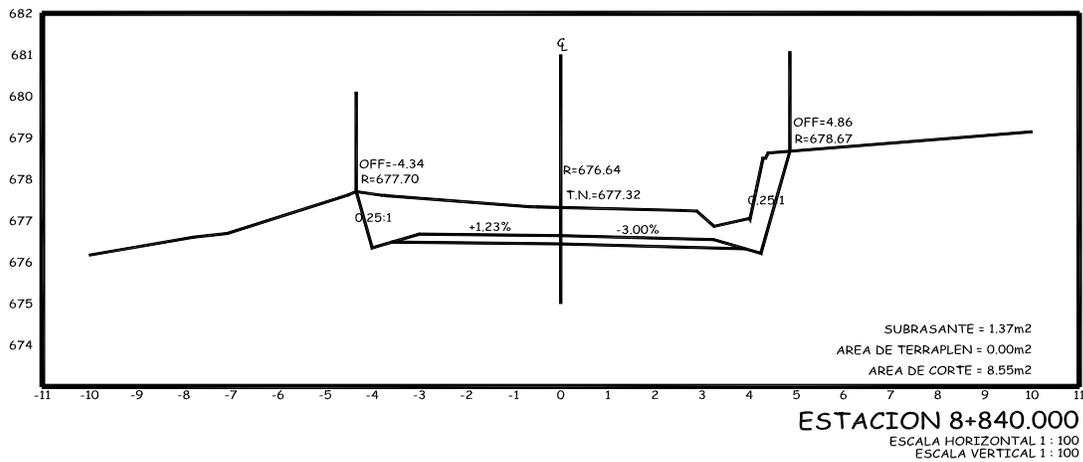
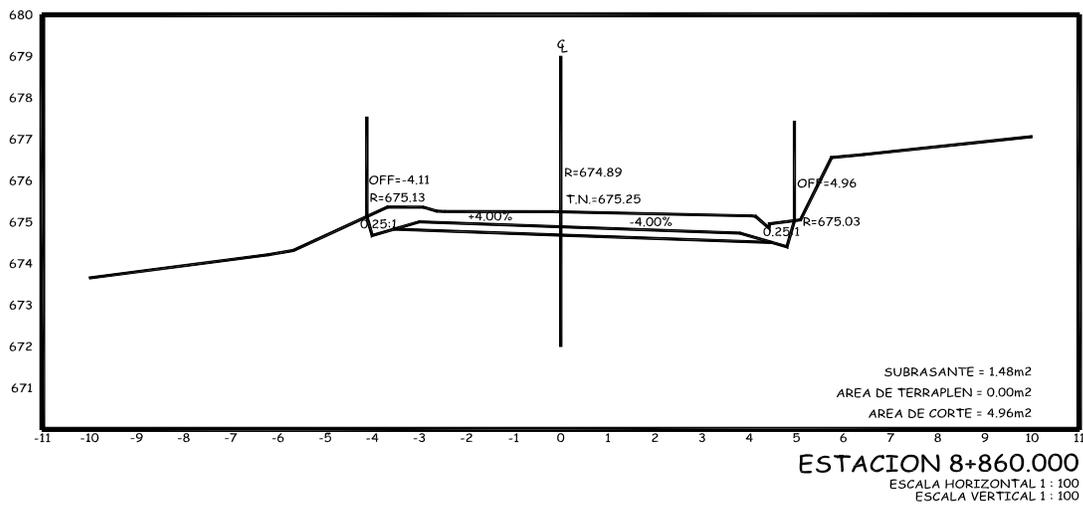
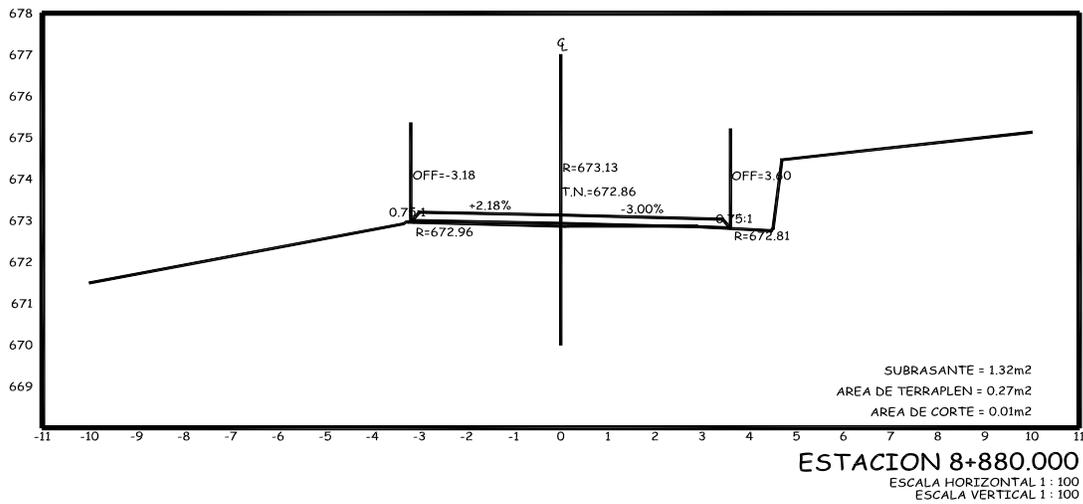


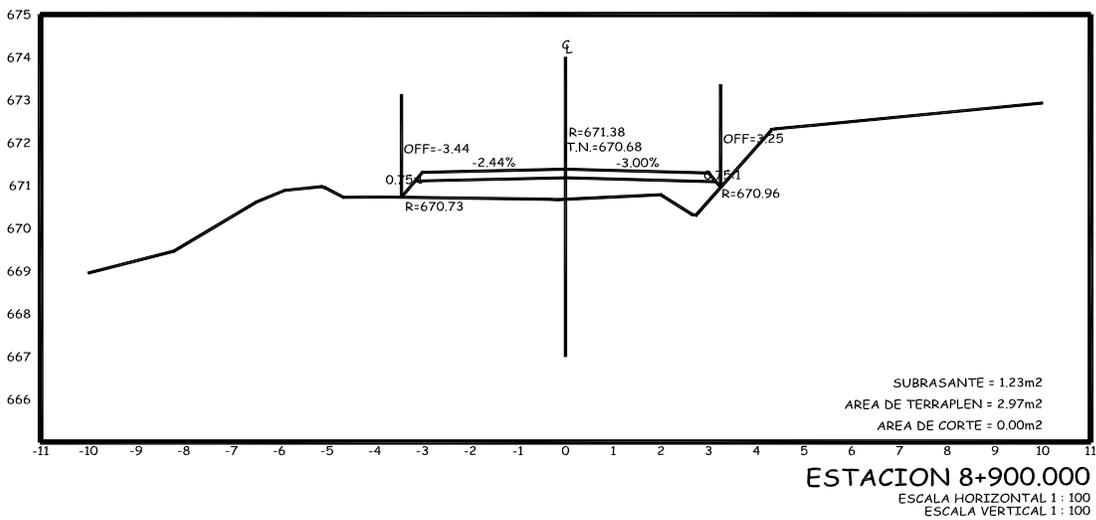
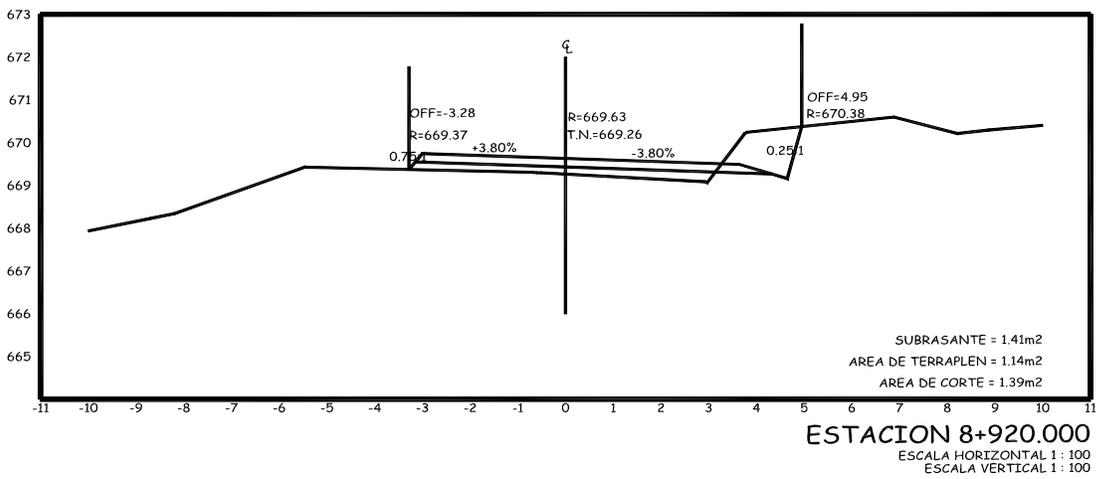
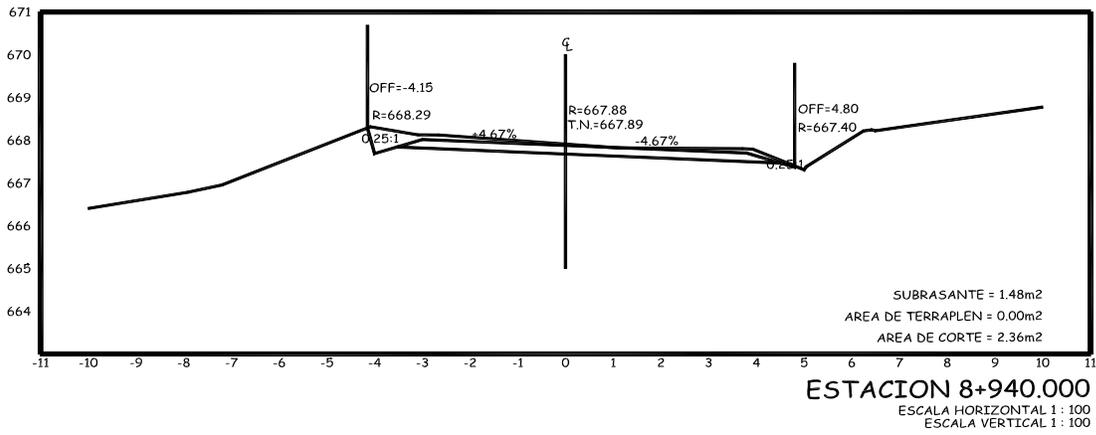


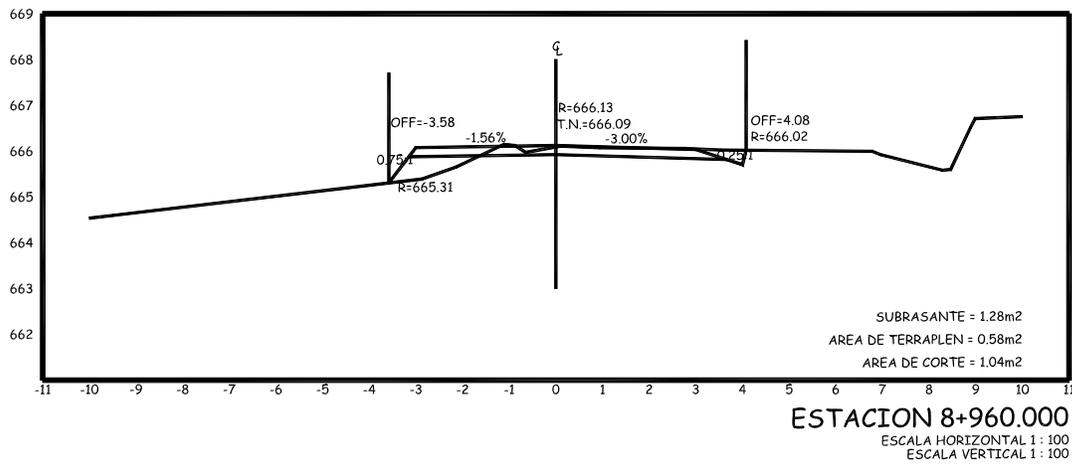
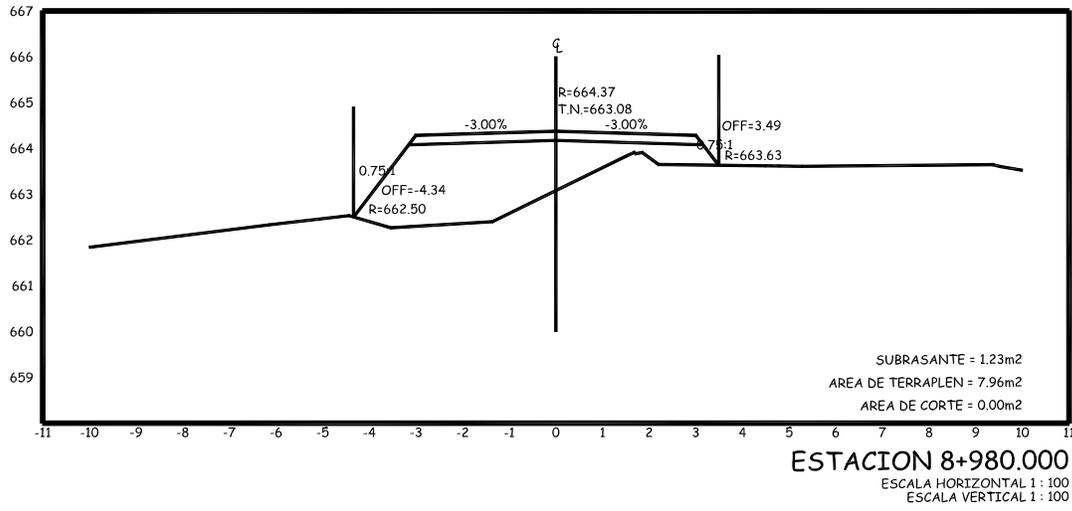














CAPÍTULO 4. ORDENADA DE CURVA MASA.

Al diseñar no basta ajustarse a las especificaciones sobre pendientes, curvas verticales, compensación por curvatura, drenaje, etc., para obtener un resultado satisfactorio, sino también es importante conseguir la mayor economía posible en el movimiento de tierras.

Esto se logra excavando y rellenando solamente lo indispensable y acarreado los materiales la menor distancia posible y de preferencia de cuesta abajo. Este estudio de las cantidades de excavación y de relleno, su compensación y su movimiento, se lleva a cabo mediante “diagrama de masas” o “curva masa”.

Para determinar los volúmenes acumulados se consideran positivos los de los cortes y negativos los de los terraplenes, haciendo la suma algebraica, es decir, sumando los volúmenes del signo positivo y restando los de signo negativo.

El procedimiento para el proyecto de la curva masa es como sigue:

1. Se proyecta la sub-rasante sobre el dibujo del perfil del terreno.
2. Se determina en cada estación, o en los puntos que lo ameriten, los espesores de corte o terraplén.
3. Se dibujan las secciones transversales topográficas.
4. Se dibuja la plantilla del corte o del terraplén con los taludes escogidos según el tipo de material, sobre la sección topográfica correspondiente, quedando así dibujadas las secciones transversales del camino.
5. Se calculan las áreas de las secciones transversales del camino por cualquiera de los métodos ya conocidos.
6. Se calculan los volúmenes abundando los cortes o haciendo la reducción de los terraplenes, según el tipo de material y método escogido.
7. Se dibuja la curva con los valores anteriores.

Dibujo de la curva masa.

Se dibuja la curva masa con las ordenadas en el sentido vertical y las abscisas en el sentido horizontal utilizando el mismo dibujo del perfil.

Cuando está dibujada la curva se traza la compensadora que es una línea horizontal que corta la curva en varios puntos.

Podrán dibujarse diferentes alternativas de línea compensadora para mejorar los movimientos, teniendo en cuenta que se compensan más los volúmenes cuando la misma línea



compensadora corta más veces la curva, pero algunas veces el querer compensar demasiado los volúmenes, provoca acarreo muy largos que resultan más costosos que otras alternativas.

4.1 Elementos que conforman la ordenada de curva masa.

El sobre-acarreo se expresa en:

m^3 – Estación, cuando no pase de 100 metros, la distancia del centro de gravedad del corte al centro de gravedad del terraplén con la resta del acarreo.

m^3 – Hectómetro, a partir de 100 metros, de distancia y menos de 500 metros.

m^3 – Hectómetro, adicional, cuando la distancia de sobre acarreo varía entre los 500 y 2000 metros.

m^3 – Kilómetro, cuando la distancia entre los centros de gravedad excede los 2000 metros.

Determinación del desperdicio:

Cuando la línea compensadora no se puede continuar y existe la necesidad de iniciar otra, habrá una diferencia de ordenadas.

Si la curva masa se presenta en el sentido del cadenamiento en forma ascendente la diferencia indicará el volumen de material que tendrá que desperdiciarse lateralmente al momento de la construcción.

Determinación de los préstamos:

Se trata del mismo caso anterior solo que la curva masa se presentará en forma descendente, la decisión de considerarlo como préstamo de un banco cercano al camino o de un préstamo de la parte lateral del mismo, dependerá de la calidad de los materiales y del aspecto económico, ya que los acarreo largos por lo regular resultan muy costosos.

Determinación del acarreo libre:

Se corre horizontalmente la distancia de acarreo libre 20 metros, de tal manera que toque dos puntos de la curva, la diferencia de la ordenada de la horizontal al punto más alto o más bajo de la curva, es el volumen.

Determinación del sobre-acarreo:

Se traza una línea en la parte media de la línea horizontal compensadora y la línea horizontal de acarreo libre.



La diferencia de abscisas $X - B$ será la distancia a la que hay que restarle el acarreo libre para obtener la distancia media de sobre acarreo convertida en estaciones y aproximada al décimo.

El volumen se obtendrá restando la ordenada de la línea compensadora $A - B$ a la de la línea de acarreo libre $a-b$.

Propiedades de la curva masa:

1. La curva crece en el sentido del cadenamamiento cuando se trata de cortes y decrece cuando predomina el terraplén.
2. En las estaciones donde se presenta un cambio de ascendente a descendente o viceversa se presentará un máximo y un mínimo respectivamente.
3. Cualquier línea horizontal que corta a la curva en dos extremos marcará dos puntos con la misma ordenada de corte y terraplén indicando así la compensación en este tramo por lo que serán iguales los volúmenes de corte y terraplén. Esta línea se denomina compensadora y es la distancia máxima para compensar un terraplén con un corte.
4. La diferencia de ordenada entre dos puntos indicará la diferencia de volumen entre ellos.
5. El área comprendida entre la curva y una horizontal cualquiera, representa el volumen por la longitud media de acarreo.
6. Cuando la curva se encuentra arriba de la horizontal el sentido del acarreo de material es hacia delante, y cuando la curva se encuentra abajo el sentido es hacia atrás, teniendo cuidado que la pendiente del camino lo permita.



4.2 Comparativa de volúmenes.

	VOLUMEN MÉTODO TRADICIONAL	VOLUMEN MÉTODO CIVILCAD	DIFERENCIA	DIFERENCIA EN PORCENTAJE %
CORTE	8,675.23 m ³	10,097.68 m ³	1422.45 m ³	16.4
TERRAPLÉN	11,543.56 m ³	13,613.30 m ³	2069.74 m ³	17.93

El volumen no es tan significativo tomando en cuenta que este proyecto se empezó sacando los puntos de la topografía de las secciones de construcción del proyecto original.

Considerando que puede haber errores de dedo al capturar los puntos de la topografía esto puede ser una consideración para esta diferencia entre los volúmenes.



El programa CivilCAD contabiliza todos los quiebres en el terreno, por pequeños que estos sean algo que el método tradicional no se realiza, podría ser otro motivo por el cual la diferencia entre volúmenes pueda aumentar.

El programa CivilCAD es muy exacto al sacar volúmenes de obra tomando en cuenta lo anterior la diferencia entre volúmenes no es tan considerable en obras de esta magnitud.

En general es aceptable la diferencia lo cual nos hace pensar que el programa es confiable en volúmenes de obra para proyectos ejecutivos.



CONCLUSIONES

El fin de una planeación de un camino es agrupar de forma armónica y coordinada, todos los factores geográfico-físicos, económico-sociales y políticos de una región. Para dar a conocer las regiones potencialmente económicas, para equilibrar, coordinar y promover el adelanto más completo de la zona considerada.

Lo que nos demanda lineamientos viales por ejecutar, con fundamento en las condiciones socio-económicas-políticas prevaecientes.

Como todos los ingenieros sabemos que la ingeniería va ligada de la tecnología, y en este proyecto no es la excepción. Aquí presentamos un programa de cómputo un derivado de AutoCAD llamado CivilCAD. Este programa fue hecho para facilitar y agilizar el diseño y dibujo de planos ejecutivos de proyecto. En esta ocasión lo utilizamos para hacer una comparativa de cálculo de proyecto geométrico, entre un método tradicional y CivilCAD.

El programa CivilCAD es una herramienta muy compleja que facilitó en todos los sentidos el cálculo, además de estar en español; claro que tomando en cuenta las normas que rigen y manuales correspondientes, el procedimiento a seguir es el mismo que con el método tradicional de cálculo.

Este programa lo recomiendo ampliamente a las constructoras y a los proyectistas que se dedican al diseño de caminos ya que es fácil de usar y es muy preciso en sus cálculos. Te permite reducir los tiempos de cálculo, para una persona que lo sepa manejar a la perfección podría hacerlo en solo un día a comparación de lo que tardabas con el método tradicional de cálculo además de entregar planos de muy buena calidad.



En general este diseño y proceso me permitió conocer a fondo la complejidad de lo que es el diseño del proyecto geométrico, y también me permitió conocer como ha cambiado la ingeniería en poco tiempo. Que la tecnología y la ingeniería civil van de la mano y que los ingenieros deben estar actualizándose con la tecnología para poder realizar trabajos de mayor calidad y precisión con ayuda de la tecnología. Un ingeniero que desconozca el uso de una computadora y paquetes como CivilCAD es un ingeniero que está quedando obsoleto.



BIBLIOGRAFÍA

- Ing. Crespo Villaláz Carlos. “Vías de Comunicación Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos“. Edit. Lamusa Méx. Pág. 125-135.

- Techaren Gutiérrez Rene. “Manual de Caminos Vecinales“. Edit. Asociación Mexicana de Caminos A.C. Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A. México DF Segunda Edición. Pág. 220-227.

- “Normas y Especificaciones de la SCT para Proyectos Geométrico” Libro 2 Carreteras.

Paginas de Internet.

- www.inegi.com
- www.sedemun.com
- www.construaprende.com
- www.mapas.michoacan.gob.mx

