



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO

DISEÑO DE RAMPAS DE EMERGENCIA EN AUTOPISTAS DE MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE

PRESENTA:
FAUSTO RAMÓN CÁRCAMO VELÁZQUEZ

ASESOR DE TESIS:
M.I. RAÚL DAVID GONZÁLEZ PADILLA

PUEBLA, PUE.

AGOSTO 2014

BUAP



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO

DISEÑO DE RAMPAS DE EMERGENCIA EN
AUTOPISTAS DE MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE

PRESENTA:

FAUSTO RAMÓN CÁRCAMO VELÁZQUEZ

ASESOR DE TESIS:

M.I. RAÚL DAVID GONZÁLEZ PADILLA

PUEBLA, PUE.

AGOSTO 2014



Oficio No. 0909/2014

C. FAUSTO RAMÓN CÁRCAMO VELÁZQUEZ

Pasante de la Mtría. de Ing. en Tránsito y Transporte
Facultad de Ingeniería, BUAP.
Presente

Por medio del presente, el suscrito M.I. Edgar Iram Villagrán Arroyo, Director de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a su solicitud de aprobación de Tema de Tesis, le autoriza desarrollar el tema intitulado: **Diseño de rampas de emergencia en autopistas de México**. Para obtener el grado de Maestro en Ingeniería en Tránsito y Transporte. Asignándose como Asesor al M.I. Raúl David González Padilla.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
"PENSAR BIEN, PARA VIVIR MEJOR"

H. Puebla de Zaragoza, a 22^a de abril de 2014.

M. I. EDGAR IRAM VILLAGRAN ARROYO
DIRECTOR



C.c.p. M.I. Raúl D. González Padilla, Asesor del Tema de Tesis

C.c.p. Archivo

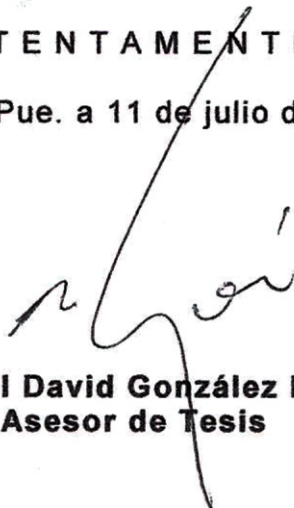
GJS/JACI/sco*

M.I. Edgar Iram Villagrán Arroyo
Director de la Facultad de Ingeniería
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
P r e s e n t e

El suscrito M.I. Raúl David González Padilla, asesor del Tema de Tesis denominado "**Diseño de rampas de emergencia en autopistas de México**" que presenta la C. Ing. Fausto Ramón Cárcamo Velázquez, egresado de la Maestría en Ingeniería en Tránsito y Transporte, le informo que después de haber revisado la tesis correspondiente, no existe inconveniente en **autorizar la impresión** de la misma, cumpliendo con el formato establecido en el reglamento de titulación de la Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado, por lo que se extiende la presente para los fines que convengan al interesado.

A T E N T A M E N T E

Puebla, Pue. a 11 de julio de 2014



M.I. Raúl David González Padilla
Asesor de Tesis

ccp Mesa de Exámenes Profesionales
ccp Interesado
ccp Archivo

DISEÑO DE RAMPAS DE EMERGENCIA EN AUTOPISTAS DE MÉXICO.

ÍNDICE.	PAG.
INTRODUCCIÓN.	
CAPÍTULO I.- ESTUDIOS TÉCNICOS A REALIZAR.....	1
I.1.- Estudios Topográficos.....	1
I.2.- Estudios de Geotecnia.....	4
I.3.-Estudios de Impacto Ambiental.....	13
I.4.- Estudios de Ingeniería de Tránsito.....	25
CAPÍTULO II.-ALTERNATIVAS DEL PROYECTO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	68
CAPÍTULO III.-PROYECTOS A REALIZAR.....	77
III.1.- Proyecto Geométrico.....	77
III.2.-Proyecto de Obras Inducidas y Afectaciones.....	96
III.3.-Proyecto de Señalamiento Vertical y Horizontal.....	97
III.4.-Proyecto de Alumbrado Vial.....	97
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
BIBLIOGRAFÍA.	

PRÓLOGO.

Las carreteras nacionales comunican a los principales centros de población y comprenden una extensión total de 348,629 kilómetros, de los cuales 5,683 kilómetros corresponden a autopistas federales de cuota y 147,456 kilómetros corresponden a la red de caminos rurales en sus diferentes modalidades, mediante estas vías de comunicación terrestre se desplazan anualmente más de 2,700 millones de personas y alrededor de 620 millones de toneladas de carga, lo que hace al sistema carretero nacional el principal medio de transporte del país, puesto que permite la movilidad el 60% del tonelaje total de la carga que circula en todo el territorio nacional y el 98% en cuanto a desplazamiento de pasajeros. La infraestructura carretera que es un factor importante para provocar el desarrollo de un país como el nuestro, debe satisfacer las metas para la cual se concibe la construcción de estas obras de Ingeniería, debiendo ser eficaces y económicas con el menor costo de construcción, mantenimiento y operación, sumado a esto se debe considerar para estas obras el beneficio social que representan y la velocidad del progreso de la región que son aspectos que no se pueden cuantificar fácilmente.

El uso de la red carretera nacional se ha quintuplicado de 1960 a la fecha, con un crecimiento anual del 9%. Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE), es el Organismo descentralizado creado en 1963 quien tiene facultades para construir, administrar, explotar, conservar, operar y mejorar las autopistas y puentes de cuota a su cargo, fungiendo la Secretaría de Comunicaciones y Transportes como cabeza de sector y continuando con su política de mejoramiento continuo de las autopistas que administra, considera conveniente realizar los estudios y

proyectos necesarios para mantenerla en condiciones de operación y funcionalidad, detectando puntos críticos en las autopistas, por ejemplo la inestabilidad de taludes que se presenta en secciones en corte producida por las grandes masas de material extraído o por derrumbes causados por fenómenos meteorológicos así como el mantenimiento del pavimento y ahora por el número y tipo de accidentes que se presentan cuando circulan los vehículos pesados en tramos largos con pendientes fuertes, las cuales son muy frecuentes en nuestros caminos, generando condiciones inseguras principalmente porque estos vehículos están expuestos a constantes cambios de velocidad y a la utilización permanente de los frenos, así como a la acción retardante de los motores al llevarlos embragados o enganchados constantemente a velocidades bajas, esta última medida no es siempre suficiente para mantener a los vehículos bajo control provocando graves accidentes y elevadas pérdidas tanto humanas como económicas.

La gran actividad económica del Distrito Federal demanda vías de comunicación eficientes y seguras para poder cubrir satisfactoriamente las necesidades de transporte de mercancías y de personas, ya que el sistema carretero funciona como un medio para agilizar las cadenas de producción y distribución de mercancías en todo el territorio nacional ayudando también al transporte para mejorar las exportaciones y el turismo.

De acuerdo a información proporcionada por CAPUFE referente al número de siniestros que ocurren en la autopista México-Puebla, ha sido preocupación de las autoridades de dicho organismo, el reducir tanto el número como la severidad de los accidentes, sin embargo estas acciones sólo han logrado mantener cifras similares por lo que es necesario redoblar esfuerzos e invertir en el mejoramiento de la vialidad con el objetivo de lograr mejorías más significativas y de esta manera consolidarse como una institución modelo en la prestación de servicios carreteros de calidad, facilitando el desplazamiento de bienes y personas con seguridad, comodidad, rapidez y economía.

Examinando el entorno nos damos cuenta de la importancia que tiene la autopista México-Puebladentro del funcionamiento carretero del país y como una

alternativa para aumentar la seguridad vial en esta autopista, Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos decide realizar varios estudios y proyectos necesarios en el tramo ubicado entre los kilómetros 56+000 al 65+000 sobre el cuerpo “A” de la autopista, el cual corresponde a la vialidad que va de México hacia Puebla desde el paraje denominado Llano Grande hasta la Población de Río Frío, para determinar las zonas en donde se puedan construir rampas de emergencia que ayuden al usuario a controlar su vehículo y a prevenir accidentes, debido a que en este tramo de autopista de aproximadamente 9 kilómetros de longitud se presenta una pendiente descendente y prolongada del 5% en promedio así como una sinuosidad constante que ha sido causa de accidentes en vehículos que tienen fallas mecánicas principalmente en su sistema de frenos.

INTRODUCCIÓN.

Por su ubicación estratégica, Puebla ha sido un puente entre la Ciudad de México y los estados del Sureste y suroeste del país, ya que se encuentra ubicada a 120 kilómetros de dicha ciudad y se comunica con el Puerto de Veracruz quien es comercialmente el primer puerto del país, también está comunicada con el estado de Oaxaca y por el lado poniente con las ciudades de Cuernavaca y el Puerto de Acapulco, siendo éste uno de los principales centros vacacionales de la República Mexicana. En el Municipio de Puebla, las principales vías de comunicación terrestre son la Autopista México-Puebla, la Autopista Puebla-Tlaxcala y las diferentes carreteras federales, cabe mencionar que aledañas a las autopistas citadas, se han asentado numerosos parques industriales así como la planta armadora de automóviles Volkswagen, por lo que el transporte de carga es muy intenso. Tomando en cuenta todo lo anteriormente expuesto, nos damos cuenta de la importancia que tiene esta autopista, siendo ésta una razón muy importante y decisiva para tenerla en óptimas condiciones de funcionamiento y evitar que cualquier contingencia que se presente en la vialidad, genere retrasos en los tiempos y movimientos de los vehículos.

El análisis de este tramo largo de aproximadamente 9 kilómetros, nos permitirá definir y localizar las zonas más adecuadas para ubicar las rampas de emergencia que sean necesarias en función de los estudios técnicos que se realizarán analizando cada una de las propuestas para definir cuál o cuáles son las más seguras, eficientes y económicas que ayuden a disminuir los accidentes que ocurren en la autopista. Con este fin deberán de llevarse a cabo los estudios básicos y de detalle que permitan determinar todos aquellos factores, culturales, ambientales, operacionales, técnicos y económicos que

permitan la definición de la obra necesaria para la construcción de dichas rampas. Como resultado de estos estudios, se han planteado seis alternativas de ubicación de rampas de emergencias desde el km 56+600 hasta el km 65+000, realizando la respectiva propuesta técnica, detectándose dos lugares que mejor cumplen con las características de seguridad y funcionalidad siendo la ubicación de una rampa en el kilómetro 58 + 000 y la otra estaría ubicada en el kilómetro 62 + 000.

Como ejemplo para mostrar la metodología a utilizar en el diseño de estas rampas se tomó para esta tesis, la alternativa que corresponde a la que se ubicará en el kilómetro 62+000. La metodología utilizada en este proyecto está basada en la información recopilada en campo y en gabinete, la cual será procesada mediante varios estudios que tienen como finalidad detectar y analizar la ubicación como las condiciones geométricas y operativas del tramo en estudio en los lugares técnicamente factibles para poder diseñar las dimensiones de la rampa de frenado, el camino de servicio, las obras de drenaje, la señalización, la iluminación, etc., y lograr un proyecto integral apegado a la normatividad vigente, los cuales se realizarán en el siguiente orden:

- Estudios topográficos que permitan identificar el sitio, analizando todo el tramo de 9 kilómetros para poder ubicar las probables rampas de frenado.
- Estudios de ingeniería de tránsito para estimar el nivel de servicio, análisis de velocidades de punto, ancho de carriles, condiciones del derecho de vía, análisis de accidentes ocurridos en el tramo y con esto poder determinar el cálculo de la longitud de las rampas, así como la propuesta de alineamientos verticales y horizontales de cada una de ellas.
- Propuesta de ubicación de las rampas en los lugares idóneos basados en los análisis de los estudios anteriores.
- Estudios geotécnicos en la ubicación de cada rampa para poder diseñar adecuadamente las secciones estructurales de la respectiva cama de amortiguamiento de los vehículos y de los carriles de acceso y de servicio.

- Estudios de impacto ambiental para localizar las afectaciones que sufrirán los tramos que se van a intervenir y proponer sus medidas de mitigación.
- Estudios hidrológicos e hidráulicos para poder medir y determinar las obras nuevas de drenaje y readecuar las ya existentes al nuevo proyecto.
- Proyectos geométricos, de obras inducidas y de afectaciones, de señalamientos, así como los de alumbrado provisional y definitivo.
- Evaluación económica de cada rampa.
- Finalmente, se conformará el proyecto definitivo para la construcción de la rampa de frenado que estará ubicada en el kilómetro 62+000 del cuerpo A, en donde se describirá claramente la geometría de la obra, los materiales a utilizar, los procesos constructivos necesarios para la ejecución de la obra y su conservación a futuro, cumpliendo con la normatividad vigente.

La construcción de las rampas de emergencia como parte del mejoramiento de esta autopista se traducirá en beneficios al usuario ya que se generará ahorro en los costos de operación vehicular y en los tiempos de recorrido de los usuarios. Este análisis técnico, tiene una importancia científica relevante ya que nos permitirá establecer una metodología, políticas y criterios para diseñar rampas de emergencia en tramos de autopistas sinuosos y largos con pendientes sostenidas. Su importancia social consiste en que con la construcción de estas rampas de emergencia en el tramo con pendiente prolongada, el usuario de la autopista tendrá mayor seguridad vial y confianza durante su trayecto por este tramo ya que en caso de una falla mecánica del automóvil, tendrá una protección adicional para salvar su vida al hacer uso de una rampa de frenado.

CAPÍTULO I.-ESTUDIOS TÉCNICOS A REALIZAR

I.1.- Estudios Topográficos.

Con el propósito de estudiar todo el tramo de nueve kilómetros aproximadamente de autopista y para poder ubicar las rampas de emergencia en estudio, se revisaron seis puntos críticos definiendo los dos que cumplen con las condiciones de ubicación, por medio del sistema satelital Google Earth, posteriormente se realizaron levantamientos topográficos de los tramos escogidos para ubicar las rampas de emergencia en los kilómetros 58+000 y 62+000 sobre el cuerpo "A" de la autopista México-Puebla, en la dirección de Puebla.

En la figura 1, se presenta la localización del tramo en estudio de la Autopista México-Puebla, observándose la ubicación de las poblaciones de Ixtapaluca en el Estado de México y Río Frío en el estado de Puebla.

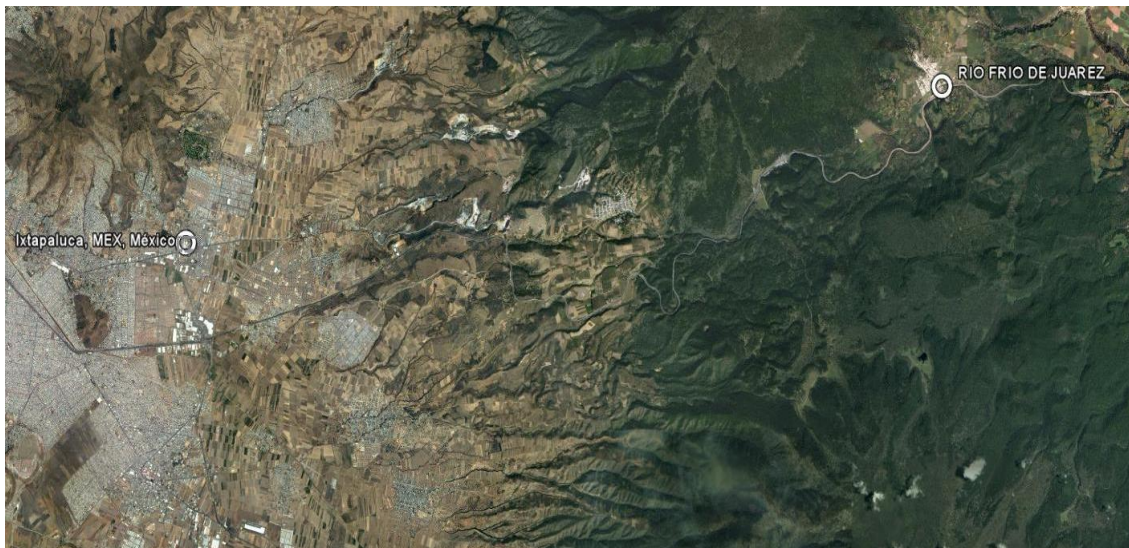


Figura 1.-Localización del tramo Ixtapaluca-Río Frío.

En la figura 2, se presenta la localización que comprende el tramo de Llano Grande hacia Río Frío, en donde se ubican las seis propuestas de rampas de emergencia.



Figura 2.- Localización del tramo de Llano Grande -Río Frío.

A continuación se presenta la descripción de los trabajos topográficos para ubicar la rampa del kilómetro 62+000. Este trabajo se hizo para determinar el derecho de vía, los señalamientos, acotamientos, postes, cercas, bordillos, cunetas, lavaderos y alcantarillas de la rampa de emergencia, partiendo del kilómetro 61+220 al kilómetro 62+680, utilizando una estación total marca SOKKIA.

El levantamiento se realizó utilizando una poligonal auxiliar de apoyo, colocando vértices sobre el acotamiento de la vía y cada uno de ellos se ubicó mediante coordenadas UTM, obteniéndolas con equipo GPS, indicando estos vértices en el plano de la planta topográfica. Una vez que se corrieron las coordenadas de estos vértices, se colocaron los bancos de nivel, ubicándolos con una grapa sobre un tronco de árbol de ocote a una distancia de 24 metros del primer vértice, en lugares fáciles de localizar y fijos, así como sus respectivas coordenadas. La ubicación y coordenadas de estos bancos se indican en el plano topográfico y en el plano de bancos de nivel respectivo. Estos datos topográficos, nos permiten establecer las condiciones actuales en las que se

encuentra el terreno. En las figuras 3y 4, se observa el Banco de Nivel utilizado para el kilómetro 62+000, y sus respectivas coordenadas.



Figura 3.- Banco de nivel para el Tramo Km. 62+000.



Figura 4.- Detalle del Banco de nivel, Tramo Km. 62+000.

En el plano MITT-01, denominado PLANTA TOPOGRÁFICA, se presenta el cadenamiento en planta a cada veinte metros del tramo de la Autopista México-Puebla iniciando en el Kilómetro 61+220 y concluyendo en el Kilómetro 62+680.

En los planos MITT-02a y MITT-02b, denominados PERFIL TOPOGRÁFICO 1 y 2, se muestra el Perfil Topográfico de la carpeta de la Autopista en cadenamiento a cada veinte metros iniciando en el Kilómetro 61+420 con elevación de 3,031.02 MSNM y terminando en el Kilómetro 62+571.49 con elevación de 2,981.67 MSNM, observándose una pendiente de $S=4.29\%$.

En el plano MITT-03, denominado BANCOS DE NIVEL Y COORDENADAS, se indican las ubicaciones de los vértices utilizados V-1 y V-3, así como el Banco de nivel BN-1 utilizado para este tramo y las Coordenadas UTM.

I.2.- Estudios de Geotecnia.

a).- Introducción.

Con la finalidad de mejorar e incrementar los niveles de seguridad en la operación de la Autopista se realiza el presente estudio, cuyo propósito principal radica en conocer las características, disposición y propiedades del terreno natural, para poder determinar la mejor alternativa en la construcción de las rampas así como la ubicación del acceso y del carril de servicio considerados en el proyecto, en función de las propiedades de resistencia del suelo y las solicitaciones de carga que se generan en el tramo estudiado, para así consolidar la seguridad de dicha estructura, la cual estará conformada por un acceso, una cama de frenado y un carril de servicio señalado con pavimento flexible. También se indicarán las recomendaciones necesarias para la ejecución de los trabajos de construcción de la cama y de la estructura del pavimento, aprovechando al máximo los materiales naturales más cercanos para realizar la conformación de las capas de

terracerías, para el soporte de la dichas estructuras aplicando los tratamientos necesarios para cada caso, cumpliendo con la Normativa de la SCT vigente.

b).- Datos del sitio.

La zona en estudio se aloja en la parte Este del Estado de México y la ubicación de la rampa de acuerdo a las coordenadas UTM, se muestra en el plano del levantamiento topográfico correspondiente. La clasificación topográfica de la zona en estudio es de tipo montañoso siendo necesario realizar las ampliaciones que implica el presente estudio, para alojar la estructura de la rampa de frenado así como del carril de servicio por construir. Actualmente la zona analizada destinada para el proyecto se encuentra a nivel de terreno natural, constituido por rocas sedimentarias empacadas en arenas y los materiales que conforman el terreno natural, son rocas sedimentarias del cenozoico, periodo terciario del tipo brecha sedimentaria.

El clima de la región, de acuerdo con el sistema Kopen Gader, modificado por García, se clasifica como semifrío subhúmedo, con lluvias en verano y un porcentaje de precipitación invernal menor de 5.0, la precipitación pluvial anual es de 660 mm y la temperatura media anual es de 11.1°C, con una extrema mínima de 8 grados centígrados bajo cero y aproximadamente 24 días al año se presentan heladas, recomendándose mantener las precauciones necesarias durante la época de lluvias, para evitar la saturación de las capas en proceso y con ello atrasos en el cumplimiento del programa de obra.

c).-Trabajos de campo y laboratorio.

Como parte de los trabajos de campo, se realizó un recorrido de inspección en la zona de estudio por personal técnico especializado en Geotecnia, para poder plantear la estrategia más adecuada en la ejecución de la exploración del terreno natural, así como de los bancos de materiales que se encuentren más cercanos a la obra. La exploración y

muestreo se desarrolló mediante la ejecución de un sondeo del tipo pozo a cielo abierto ubicado de manera estratégica en el tramo de estudio, para así obtener información representativa de los materiales existentes en el terreno natural.

De forma simultánea a la apertura del sondeo, se tomaron muestras alteradas e inalteradas representativas de los materiales encontrados para su posterior ensaye en el laboratorio con la finalidad de proponer su uso o tratamiento previo a la construcción de la rampa y del carril de servicio proyectados. Además, se llevó a cabo la localización y muestreo de los bancos de materiales que serán empleados en la construcción de la cama de frenado así como de las capas de terracerías y pavimento ubicándolos a la menor distancia posible de la obra y que además reúnen los requisitos de calidad que establece la SCT para cada caso.

Una vez obtenidas las muestras de los materiales descritas en lo relacionado a los trabajos de campo, se etiquetaron y protegieron para su traslado al laboratorio, en donde se les realizaron las pruebas de calidad que indican las normas de la SCT para cada uso propuesto y que se describen a continuación: Preparación de la muestra, peso volumétrico seco suelto, peso volumétrico seco máximo, humedad óptima, análisis granulométrico por mallas, límites de consistencia líquido y plástico, VRS estándar saturado, expansión, equivalente de arena, absorción y densidad, así como la clasificación SUCS.

De los resultados obtenidos se puede concluir que en la zona donde se ubicará la rampa, el terreno natural está constituido por roca del tipo brecha sedimentaria empacada en arenas arcillosas (SC) color café con compacidad compactada y que al ensayar en el laboratorio, el suelo explorado presento una humedad natural del 12.56% con CBR 29.8 %, limite líquido de 27.3 e índice plástico de 8.8%.Con respecto al terreno natural que conforma la zona de estudio en esta zona, se detectó el afloramiento de roca del tipo brecha sedimentaria alterada.

d).- Diseño de la estructura del pavimento.

Conforme a lo ya escrito se consideraron para el diseño de la estructura del pavimento, para el acceso y el carril de servicio, los Valores Relativos de Soporte siguientes: Para el caso de las terracerías, se consideró como el VRS crítico, el valor mínimo que establece el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM dado que las zonas de estudio rebasan dicho valor mientras que para las capas del pavimento así como para la capa subrasante, se tomaron los valores mínimos que establecen las normas de calidad de la SCT vigentes para cada caso, quedando de la siguiente manera:

Terracerías	20.0% (calculado UNAM)
subrasante	20.0% (mínimo Norma SCT)
Sub-base	50.0% (mínimo norma SCT)
Base	100.0% (mínimo Normas SCT)

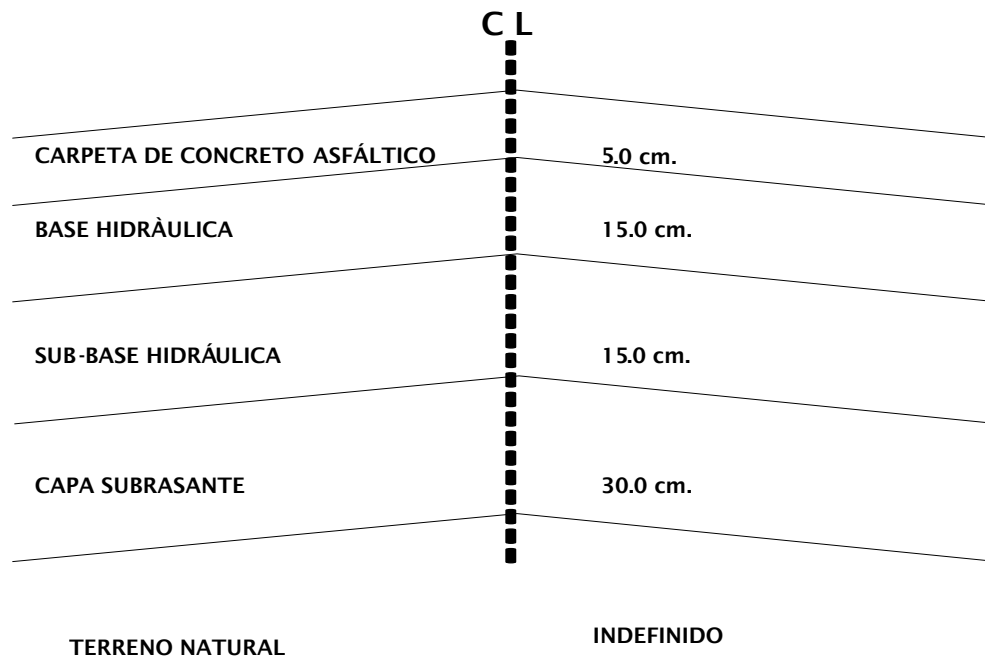
Por cuestiones de diseño y tomando en cuenta los métodos de cálculo, se consideró un Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) de 250 vehículos, con una tasa de crecimiento anual del 30%, con un horizonte de proyecto de 15 años y un porcentaje de vehículos en el carril de diseño del 100 % por tratarse de un tramo compuesto solo de un carril. Considerando los parámetros descritos anteriormente, se procedió al cálculo de la estructura del pavimento aplicado para ello el Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM, de donde se obtuvo en primera instancia el tránsito acumulado en ejes equivalentes de 8.2 toneladas, para caminos tipo "A", aplicando un nivel de confianza del 90 % ($Q_u = 0.9$), el cual se enlista a continuación:

Para Z = 0.0 cm	1,096,027 ejes
Para Z = 15.0 cm	756,732 ejes
Para Z = 30.0 cm	802, 376 ejes
Para Z = 60.0 cm	953,503 ejes

Una vez obtenidos los ejes equivalentes para cada profundidad, se procedió a la determinación de los espesores sobre cada una de las capas involucradas. Realizando la estructuración en espesores de Grava Equivalente (G.E.), se obtiene la siguiente estructura de pavimento:

Carpeta de concreto asfáltico	5.0 cm. = 10.0 cm. de G.E.
Base hidráulica	15.0 cm. = 15.0 cm. de G.E.
Sub-base hidráulica	15.0 cm. = 15.0 cm de G.E.
Subrasante	30.0 cm. = 30.0 cm. de G.E.
Suma	65.0 cm. = 70.0 cm. de G.E.

La estructura propuesta rebasa con mucho, el espesor en grava equivalente a la estructura requerida por el análisis considerando los espesores sobre las terracerías, es decir hasta la capa subrasante. Como resultado del cálculo, la estructura recomendada del pavimento será la siguiente:



e).- Proceso constructivo.

En las terracerías, por tratarse de un tramo que se encuentra sin apertura alguna y que se tendrá que ampliar para poder dar secciones de proyecto, se desarrollarán en todos los casos, cortes para la construcción del acceso de la rampa y del carril de servicio, cuyo procedimiento constructivo se describe en los siguientes pasos: para la cama de frenado y una vez definidos los niveles de proyecto considerando la longitud y el ancho necesario para alojarla, se realizará el corte del terreno natural, con taludes de 2/3:1 tomando en cuenta que en el punto de entrada a la cama se tendrá un espesor de 10 cm. y que se incrementara de manera uniforme hasta alcanzar su espesor de diseño, el cual será de un metro por especificación.

Enseguida y sobre la cama de corte descubierta, se aplicará la compactación necesaria hasta alcanzar el 95 % mínimo de su P.V.S.M. calculado con la prueba AASHTO estándar, en un espesor de 20 cm. o en caso de encontrar roca únicamente se perfilará el corte para conseguir una superficie regular a la capa por construir, dotando a

esta capa de una pendiente transversal del 2% como mínimo y con una pendiente longitudinal mínima de 1.5 % garantizando con esto, un buen funcionamiento del sistema de subdrenaje.

Una vez compactado el terreno natural o perfilado el corte de la roca, se construirá la cama de frenado utilizando el material óptimo para la construcción de la misma, colocando dicho material a volteo procedente del banco que más adelante se indica.

Para los carriles de acceso y de servicio una vez definidos los niveles de proyecto y la ubicación del carril de servicio, se procederá a realizar el corte correspondiente del terreno natural, abarcando la longitud y el ancho necesario así como la totalidad de las capas por construir cuyo talud estará en función de las mismas. Sobre la superficie cortada y el material de corte retirado, comprendido entre el nivel actual y la elevación de 30 centímetros abajo del nivel subrasante de proyecto, se procederá a aplicar la compactación necesaria a la superficie de corte, hasta alcanzar el 95 % +/- 2 % de su P.V.S.M. calculado con la prueba AASHTO estándar (Norma N-CMT.1.02/02) o en caso de encontrar roca, únicamente se perfilará el corte para dotar de una superficie regular a las capas por construir.

Sobre la cama de corte debidamente compactada o perfilada como se indicó en el párrafo anterior, se construirá la capa subrasante utilizando material del banco más cercano que cuente con la calidad especificada, con un espesor final de 30 centímetros y compactación del 100 % +/- 2 % de su peso volumétrico seco máximo calculado con la prueba AASHTO estándar (Norma N-CMT.1.03/02).

Sobre la subrasante debidamente terminada, se construirá la capa de sub-base de 15 cm. de espesor de material compactado al 100 % de su P.V.S.M. calculado con la

prueba AASHTO modificada. Una vez terminada la sub-base, se construirá la capa de base hidráulica de 15 cm. de espesor de material compactado al 100 % de su P.V.S.M. calculado con la prueba AASHTO modificada.

Posteriormente se construirá la capa de base hidráulica y estando superficialmente húmeda y barrida, se aplicará un riego de impregnación con emulsión asfáltica del tipo ECI-60, a razón de 1.4 a 1.6 litros/m², dejándolo en reposo por lo menos 24 horas para que el producto logre su objetivo, antes de continuar con la siguiente etapa del proceso. Terminada la capa de base hidráulica, se aplicará un barrido profundo con equipo mecánico para eliminar todo tipo de material suelto o contaminante y de inmediato se procederá a la construcción de la carpeta de concreto asfáltico con mezcla en caliente, iniciando el proceso con la aplicación del riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido del tipo ECR-65, a razón de 0.5 a 0.7 litros/m², dejándolo en reposo hasta que la emulsión alcance su rompimiento. Sobre el riego de liga en condiciones de soportar la operación del equipo de construcción, se construirá la carpeta con mezcla asfáltica elaborada en caliente en planta estacionaria con agregado pétreo a tamaño máximo de ¾", cuyo espesor final será de 5 centímetros con una compactación del 95 % (mínimo) de su peso volumétrico máximo calculado con la prueba Marshall.

Será necesaria la construcción de un sistema de drenaje y sub-drenaje que pueda captar el agua de lluvia, los escurrimientos superficiales, así como toda el agua que se infiltre en la cama de frenado con la finalidad de desalojarla adecuadamente y evitar con esto, el eventual congelamiento de esta agua y la acumulación de partículas finas que puedan ocasionar la compactación de la cama y que anule la eficiencia de la misma. Es importante que la construcción de las obras menores de drenaje que se indiquen en el proyecto geométrico, tales como bordillos, lavaderos y cunetas, se realicen de forma paralela a las terracerías y al finalizar las pavimentaciones, utilizando para éstas concreto hidráulico simple de $f'c = 150 \text{ Kg./cm}^2$.

f).- Control de calidad y especificaciones.

Para que el proceso se lleve a cabo en los tiempos proyectados y dentro de los parámetros de calidad especificados, será necesario que se cuente en todo momento con un laboratorio de control de calidad que garantice la terminación de cada una de las etapas constructivas con el estricto apego a las especificaciones del proyecto.

g).- Bancos de materiales.

La localización de los bancos de materiales que se utilizarán en la construcción de esta obra es la siguiente:

Para la Capa Subrasante, se utilizará el Banco No. 1, “sin nombre” ubicado en el km 39+450, con desviación de 100 metros a la izquierda de la Carretera Federal México-Puebla, que es una arena limosa mal graduada (tezontle), el cual requiere un tratamiento de disgregado y cribado por malla de 3”, con régimen de propiedad particular.

Para la Base y Sub-base hidráulica, se utilizará el Banco No. 2 denominado “PINFRA” ubicado en el km 28+000, a la izquierda de la Carretera Federal México-Puebla, que es una roca andesita que requiere tratamiento de trituración total y cribado por malla de 1 ½” y 2”, con régimen de propiedad particular.

Para la grava y arena para concreto, se utilizará el Banco No. 3 denominado “VAROSA”, ubicado en el km 37+000, con desviación de 3,020 metros a la izquierda de la Carretera Federal México-Puebla, el cual contiene un conglomerado arenoso que requiere tratamiento de trituración parcial, con régimen de propiedad particular.

I.3.-Estudios de Impacto Ambiental.

Se realiza el estudio de impacto ambiental de la rampa ubicada en el kilómetro 62 + 000.

a).- Ubicación del estudio.

La construcción de la rampa de frenado se ubicará en la Autopista México-Puebla sobre el cuerpo “A”, muy próxima a la población de Río Frío de Juárez que pertenece al Municipio de Ixtapaluca, Estado de México. Río Frío de Juárez se localiza en el extremo este del Estado de México y casi en los límites con el estado de Puebla, en las coordenadas geográficas 19°21'09"N, 98°40'11"O y a una altitud de 3,000 metros sobre el nivel del mar exactamente en el kilómetro 63+400, siendo sus principales vías de comunicación la Carretera Federal 150 o carretera libre México-Puebla y la Carretera Federal 190 o Autopista México-Puebla.

En la figura 5 se presenta la ubicación del área del proyecto localizándose la Autopista México-Puebla y la Carretera Federal México-Puebla.

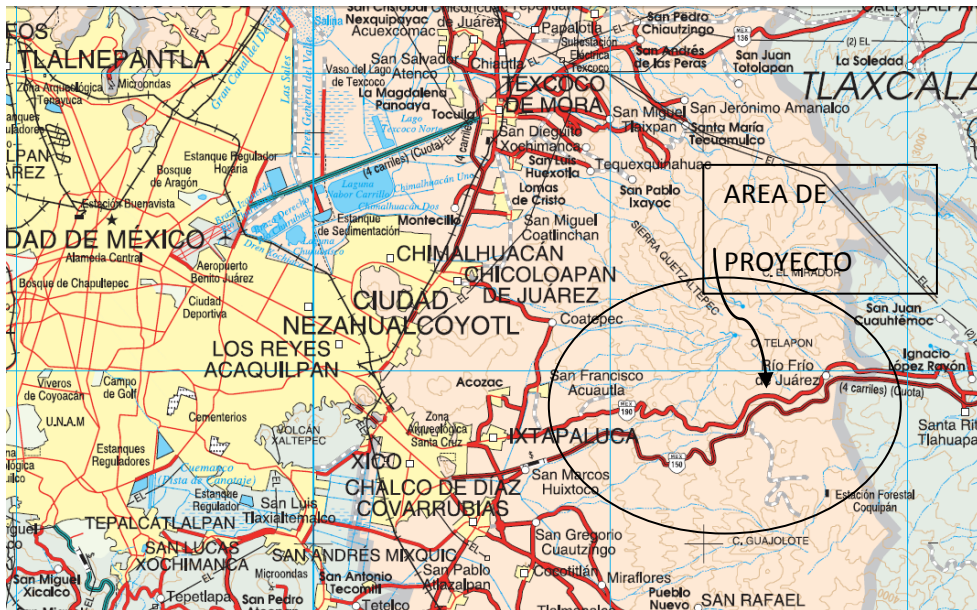


Figura 5.- Ubicación de la Autopista y la Carretera Federal en el tramo en estudio.

El predio en donde se pretende desarrollar el proyecto de construcción de la rampa de frenado forma parte del derecho de vía de la mencionada carretera y es jurisdicción de CAPUFE y de la SCT, ya que se trata de una carretera de cuota.

b).- Selección del sitio.

El presente estudio se desarrolla en el tramo comprendido entre los kilómetros 56+000 al 65+000, sobre el cuerpo "A" en sentido México-Puebla, este tramo presenta una pendiente sostenida descendente del 5% que ha sido causa de varios accidentes automovilísticos debidos a fallas mecánicas principalmente del sistema de frenos, por lo que es necesario construir rampas de frenado en dicho tramo que servirán para abatir el índice de accidentes ocurridos e incrementar el nivel de servicio y la seguridad para esta autopista.

Se analizaron 6 alternativas para la ubicación de las rampas, de las cuales resultaron las más convenientes técnicamente la del km 58+000 y la del km.62+000 ya que no se afectan tanto el ecosistema del lugar ni se compromete demasiada área del derecho de vía, otro punto importante para escoger la ubicación de éstas rampas fue el análisis de accidentes ocurridos en esas zonas para cada alternativa.

c).-Estudio del medio físico natural.

La identificación de las especies florísticas de interés se realizó mediante inspecciones visuales en el lugar, datos bibliográficos y también con información de los habitantes del lugar. Como ya mencionamos, el área en estudio se encuentra dentro de un parque Nacional denominado Zoquiapan por lo que su vegetación es característica de esta área natural, el parque nacional es el remanente más importante de bosques de coníferas y praderas de alta montaña en el centro del país. Su importancia radica no sólo en la extensión de bosques en buen estado de conservación ya que cuenta con más de 21,000

hectáreas de bosque conservado que representan el 52.72% de la superficie total del parque, sino en la diversidad de su flora y fauna.

La distribución de la vegetación en esta zona depende de la altitud del lugar, de manera que la vegetación típica de la zona es la siguiente: en la zona del Volcán Popocatepetl se encuentra vegetación boscosa hasta los 3,100 metros de altitud mientras que en Zoquiapan, en la distribución del bosque de pino, se establecen asociaciones vegetales de transición de pinos y arbustos. La especie dominante de los bosques de oyamel tiene un rango de altura entre 2,400 a 3,500 msnm, en donde los suelos son típicamente profundos, bien drenados pero húmedos todo el año. En muchos sitios se presentan cañadas o barrancas más o menos profundas que ofrecen un microclima especial.

La identificación de la fauna en la zona de estudio se realizó mediante inspecciones en el sitio, investigando material bibliográfico del municipio, de la SEMARNAT y de la información suministrada por los lugareños. La fauna presente en el área de proyecto es escasa, seguramente debido a su cercanía con la carretera y a la actividad humana, en las visitas de campo realizadas solo se pudieron observar ratones y algunas aves, se considera por ello que no habrá un impacto significativo en la fauna.

d).- Programa general de trabajo.

En lo referente al personal y a los equipos requeridos en cada etapa del proceso constructivo, depende de la logística y organización de la contratista a cargo de la ejecución de la obra, estimándose lo siguiente: durante todo el tiempo que dure el proceso constructivo se deberá contar con un residente de obra, un sobrestante, un administrador, una secretaria, un chofer, un vigilante, una brigada de topografía, un mecánico, un operador por cada equipo de maquinaria y seis cuadrillas de albañilería, adicionalmente se contará con el personal de supervisión asignado por CAPUFE. La

mayor parte de la maquinaria es autopropulsada y cada equipo contará con fuente de poder propia o conectada a otras máquinas que les proveen energía, en su mayoría, el equipo utiliza como combustible diesel y el resto consume gasolina.

La maquinaria y equipo requerido para la etapa de preparación del sitio y construcción de la rampa de frenado del km 62+000, es la siguiente: una revolvedora, una vibro-compactadora, una retroexcavadora, una compactadora, una pistola neumática y tres camiones de volteo. Es necesario aclarar que toda la maquinaria y equipo utilizado debe cumplir con lo siguiente: Será responsabilidad del contratista que la maquinaria y el equipo a utilizar, se encuentren en buen estado por lo que se les deberán realizar las verificaciones de emisiones que sean necesarias para cumplir con la normatividad vigente. La contratista deberá suministrar oportunamente de combustible a su maquinaria, dado que no existirá almacenamiento de combustible dentro de los límites del área de proyecto. Se prohíbe a la contratista dar mantenimiento a la maquinaria dentro de los límites del área de proyecto. Los problemas laborales del personal de la contratista son responsabilidad de ésta, así como su respectiva atención y resolución.

e).- Preparación del Sitio.

La limpieza, trazo, nivelación y cortes del terreno, son las actividades que se realizarán para eliminar la cubierta vegetal y los árboles que se encuentren en el área de proyecto, así como la realización de los cortes necesarios para la preparación de las etapas posteriores a la preparación del sitio. No será necesaria la construcción de obras provisionales ya que los servicios de bodega o almacén de materiales se realizarán en el área del proyecto, dejando únicamente dos veladores por parte de la empresa constructora, por otra parte no serán instalados campamentos o dormitorios ya que estos servicios en caso de ser necesarios serán empleados en las localidades cercanas al proyecto.

f).- Etapa de Construcción.

De acuerdo con las características de los materiales que más adelante se recomiendan para la construcción de la capa subrasante, así como las características del sitio actual y a futuro del camino para la construcción de la rampa de frenado, el procedimiento de construcción está indicado en los estudios de Geotecnia.

Para proteger el pavimento del agua pluvial y que ésta se desaloje con rapidez, evitando provocar erosiones o se encharque sobre o a los lados de la rampa, es necesario que el drenaje sea suficiente en cuanto a cantidad de obras y área hidráulica de las mismas, así también en la zona que lo requieran, construir el drenaje subterráneo.

g).- Etapa de Operación y Mantenimiento.

Una vez que se ha probado en el laboratorio la calidad del pavimento tendido, es posible su apertura al tránsito para su operación, esperando únicamente que se enfríe hasta la temperatura ambiente o que endurezca lo suficiente para evitar deformaciones. Algunas acciones tradicionales para la rehabilitación de pavimentos flexibles, consisten en el bacheo y riegos de sello así como la reconstrucción de la carpeta asfáltica.

De manera general, los tratamientos de conservación, rehabilitación y reconstrucción se realizan bajo tránsito, lo que reduce la capacidad del camino y origina pérdidas de tiempo para los usuarios, congestionamientos y aumento en las emisiones a la atmósfera, por lo cual es necesario que se minimicen estos inconvenientes, a través de una correcta información y coordinación de los trabajos y que se haga la adecuada selección de las técnicas de ejecución, buscando rendimientos elevados y técnicas bien dominadas que además, eviten los imprevistos.

La carpeta puede ser abierta al tránsito tan pronto como la temperatura de la mezcla sea la misma que la del ambiente. Es importante sacar provecho de nuevas técnicas como las emulsiones asfálticas, el reciclado y carpetas asfálticas delgadas, que permiten reparar los daños que puede presentar una carpeta asfáltica, en un tiempo menor que el empleado cuando se aplican procedimientos tradicionales que muchas veces resultan poco efectivos.

Es importante considerar los horarios y días en los que se realizan las operaciones de mantenimiento, procurando que sean en los que se registra el menor tránsito vehicular, minimizando los congestionamientos y accidentes viales.

Las materias primas empleadas para la construcción de superficies de rodamiento de pavimentos flexibles no implican un riesgo alto a la salud de los trabajadores, debido a sus bajas concentraciones, así como los tiempos de exposición reducidos y el factor de dilución al desarrollar los trabajos a la intemperie. Por otro lado, el reemplazo de sustancias potencialmente contaminantes como son los solventes orgánicos, el etilvinil acetato, el estireno y el butadieno, por otras menos agresivas como las emulsiones, minimiza aún más los riesgos a la salud.

Los materiales pétreos empleados para la construcción de superficies de rodamiento de pavimentos flexible no implican un riesgo a la salud por sus características tóxicas, únicamente una acumulación de partículas en los pulmones puede causar alguna enfermedad pero gracias al factor de dilución debido a que el trabajo se desarrolla al aire libre, y a que los materiales se mantienen húmedos, no se tienen reportes de enfermedades en esta actividad.

h).-Etapa de abandono del sitio.

Una vez que la rampa de frenado se haya construido, de manera inmediata empezará a funcionar e iniciará operaciones considerando los tiempos para el mantenimiento respectivo de la rampa, como consecuencia prácticamente no se puede considerar un abandono del sitio del proyecto con el tiempo. De acuerdo a la naturaleza del proyecto, el abandono es poco probable que se presente, más bien se puede considerar una ampliación de la carretera de acuerdo a las necesidades que se presenten en estos municipios que con el tiempo pueden detonar como polos de desarrollo.

Los pavimentos flexibles no implican riesgos a la salud por sus características tóxicas, únicamente una acumulación de partículas en los pulmones puede causar alguna enfermedad pero gracias al factor de dilución debido a que el trabajo se desarrolla al aire libre y también a que los materiales se mantienen húmedos, no se tienen reportes de enfermedades por esta actividad.

i).- Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera.

Debido a la naturaleza del proyecto y las actividades que implica en sus diferentes etapas, no existirá generación de residuos sólidos peligrosos de conformidad con lo que establece la normatividad vigente, ya que no se tiene contemplada la utilización de explosivos. Durante la etapa de preparación del sitio y como producto de las actividades de despalme y desmonte se obtendrán residuos que serán reutilizados en su mayor parte, para dar estabilidad a los taludes y para la reforestación de los mismos. Estos impactos son mitigables ya que en caso de no utilizar todos los materiales producto del desmonte, deberán ser llevados a algún banco de desperdicios con vehículos adecuados tapados con lona para evitar la emisión de partículas. Para el caso de los residuos sólidos generados en el sitio en donde se desarrolla el proceso de obra, éstos serán solo por producto de la ingesta de alimentos de los trabajadores, aunque no existe un parámetro o factor de generación por este concepto, se estima que se generan 250 gramos por trabajador por

día, aplicando este factor y considerando que existirá un promedio de 25 trabajadores por día en el sitio de la obra, se proyecta una generación de 6.25 Kg/día de residuos sólidos municipales durante la etapa de preparación del sitio y construcción.

Los residuos generados deberán ser dispuestos en tambos metálicos con tapa, localizados en los sitios destinados para la ingesta de alimentos de los trabajadores, garantizando con ello una adecuada disposición de los mismos para que no sean sujetos de dispersión por acción del viento o accesibles a cualquier tipo de fauna. Todos los residuos sólidos generados en estas etapas serán dispuestos en los sitios que indique la autoridad local responsable. El agua potable que se utilizará solo será para el consumo de los trabajadores, y se abastecerá mediante garrafones. Así mismo se contará con el servicio de sanitarios portátiles que serán rentados a razón de 1 sanitario por cada 25 trabajadores y será responsabilidad del contratista que preste el servicio la adecuada disposición de las aguas residuales, conforme lo señale la normatividad correspondiente.

Por la magnitud y naturaleza del proyecto que corresponde a infraestructura vial, no se requiere de servicios de infraestructura especializados para el manejo y disposición final de los residuos que básicamente se producirán durante la etapa de preparación del sitio y durante la construcción. En la tabla 1 se presenta un resumen para la Rampa del Km. 62+000, en donde se especifican los residuos generados, la etapa en donde se generan, así como su manejo y disposición final:

Residuos no peligrosos	Etapas	Manejo	Generación total	Disposición Final
Residuos sólidos(basura)	Preparación del sitio y construcción	Contenedores con tapa etiquetados	750 Kg	Relleno sanitario municipal
Aguas residuales	Duración de la obra	Baños portátiles	1.3 m³	Prestador del servicio
Gases motores de combustión	Preparación del sitio y construcción	Maquinaria debe cumplir norma	40 kg/día	Dispersión por vientos dominantes

Tabla 1.- Residuos Generados.

j).- Evaluación global de los impactos ambientales encontrados.

Para realizar la evaluación global de los impactos identificados, se consideraron todos los parámetros de evaluación de los impactos ambientales conjuntándolos en un carácter genérico establecido como: adverso, benéfico, mitigable e inevitable. Se consideró un impacto mitigable, como aquél que cuenta con medidas efectivas que tienden a reducir la magnitud del mismo o compensar el daño causado, un impacto inevitable es aquél que no cuenta con medida de mitigación o que es inherente a la naturaleza del proyecto.

En los casos donde el efecto observado es adverso, la componente ambiental impactada cuenta con medidas de mitigación capaces de reducir la magnitud esperada. Los únicos impactos ambientales que no cuentan con medida de mitigación son aquellos que tienen incidencia en las características edafológicas y de uso del suelo, los cuales son inevitables pero que además es necesaria su ocurrencia para poder llevar a cabo el proyecto motivo de este estudio.

La colocación de la carpeta asfáltica en la zona de transición y en el camino de acceso, tendrá un impacto adverso contra el suelo, ya que se modifican sus características físicas, al cambiar definitivamente la superficie al construir la carpeta, siendo este impacto permanente y significativo además de no ser mitigable, sin embargo es necesario debido a que va a resolver en gran medida la disminución de accidentes.

Por otra parte, el incremento en el nivel de ruido ambiente existe en cualquier sitio de obra por el simple hecho de la realización de los trabajos, sin embargo, por las dimensiones del proyecto y el nivel de ruido actual existente en las cercanías del mismo, el incremento en este nivel que ocasionaría el proyecto no se considera significativo y por lo tanto desaparecerá cuando se concluyan los trabajos por lo que no es necesario aplicar medidas de mitigación. Como resultado de trabajos como excavaciones, cortes,

demoliciones, manejo de materiales de construcción etc. se presentarán polvos que provocan impactos adversos temporales no significativos que son mitigables.

Los resultados de dicha evaluación nos muestran que no existen impactos ambientales relevantes o críticos por el desarrollo del proyecto, por lo que se considera un proyecto que puede ser realizado sin problemas ya que no genera impactos significativos.

k).- Medidas de mitigación.

Con base en el inciso anterior, en donde se han identificado y evaluado los impactos ambientales que cada una de las actividades del proyecto generará, se proponen las medidas y acciones necesarias para evitar, minimizar o compensar los efectos adversos

Para reducir los impactos sobre la calidad del aire, producidos por las actividades de desmonte, despalle y limpieza, se recomienda que éstas se realicen en medios húmedos, cuando la naturaleza del material así lo permita, para no levantar polvaredas que afecten considerablemente al medio ambiente. Con el fin de disminuir los efectos en la calidad del aire por la explotación de los bancos de materiales, evitar la localización de los bancos de materiales cercanos al proyecto carretero y evaluar la conveniencia tanto técnica como económica de obtener los agregados que se necesitan para la construcción de la carpeta asfáltica.

En caso que la evaluación no sea favorable para abastecerse de bancos comerciales, los bancos de materiales requeridos para la carpeta asfáltica, se deberán ubicar involucrando otros criterios además de los técnicos para su explotación, realizando estudios precisos sobre geología, climas, factores bióticos y socio-económicos, que permitan plantear acciones para disminuir la erosión, minimizar la alteración del medio a través del transporte de partículas por viento, afectaciones a comunidades animales o vegetales frágiles o bajo protección, así como considerar las

distancias con respecto a las poblaciones evitando afectaciones a la misma y minimizar los gastos de transporte. Toda la maquinaria que se utilice para llevar a cabo las actividades relativas al proyecto deberá encontrarse en buen estado con la finalidad de reducir las emisiones atmosféricas de cada fuente fija. Se deberá evitar en todo momento el uso de fuego para realizar las actividades de limpieza del predio y remoción de la vegetación.

El material producto del despalme, será utilizado para las actividades de construcción de la rampa de frenado. En caso de que los materiales mencionados no sean utilizados en su totalidad, deberán ser enviados a los sitios destinados para este fin y determinando los lugares de tiro las autoridades competentes. Los residuos sólidos generados deberán ser almacenados temporalmente en tambos metálicos con tapa con el fin de evitar la proliferación de fauna nociva y la dispersión de los mismos para que posteriormente sean depositados en los lugares que para ello determine la autoridad competente.

En relación al incremento de ruido laboral y ambiental, sólo el mantenimiento de la maquinaria y de los vehículos es el único medio para minimizar la generación de niveles altos de ruido y proveer a los trabajadores de equipo de seguridad adecuado, específicamente tapones para los oídos si se requiere.

Respecto a la modificación de la topografía, aunque este impacto no es mitigable, es posible realizar acciones compensatorias como favorecer el establecimiento de la cubierta vegetal en la zona y la inmigración de las especies faunísticas. Dentro del programa de recuperación de sitio debe considerarse la conservación en la medida de lo posible, del material removido tanto vegetal como del horizonte agrícola superficial del suelo para que sea reutilizado posteriormente al final de la obra, sirviendo como medio de sostén y material biológico necesario para el establecimiento de una cubierta vegetal en la zona respetando la composición florística original del sitio.

La modificación del patrón de drenaje es un impacto no mitigable debido a que es inevitable el efecto barrera de la carpeta asfáltica, pero es posible elaborar un programa de restauración de las áreas colindantes con el derecho de vía de la carretera para favorecer el desarrollo de la vegetación y la inmigración de algunas especies faunísticas.

Para evitar la disminución de las poblaciones de animales en la zona, se deberán impulsar campañas de concientización dirigidas al personal que labora en la construcción y al público en general, durante la operación de la carretera para evitar el maltrato o caza de cualquier animal con el que se encuentre, a menos que represente una amenaza directa.

Los impactos residuales suelen definirse como aquellos impactos que pese a la aplicación de medidas de mitigación, no pueden ser eliminados en su totalidad debido a limitaciones propias del proyecto, incompatibilidad o limitaciones biológicas. Una vez construida la rampa de frenado, no se pronostican eventos negativos adicionales o residuales a los ya mencionados en el apartado anterior.

1).- Conclusiones del Estudio de Impacto Ambiental.

Con base en el estudio que aquí se presenta y en virtud de que el balance de los impactos ambientales generados es favorable, se considera que la ejecución del proyecto para la construcción de una rampa de emergencia ubicada en el km 62+000, sobre el cuerpo "A" de la autopista México-Puebla, es viable y compatible con el medioambiente en donde pretende llevarse a cabo dicha construcción.

I.4.- Estudios de Ingeniería de Tránsito.

a).- Antecedentes.

Se realiza el presente documento que corresponde a los estudios de ingeniería de tránsito para el diseño y la ubicación de las dos rampas de emergencia, que tiene como objetivo particular, conocer las condiciones operativas actuales del tránsito y generar una serie de opciones geométricas que mejoren su funcionamiento en beneficio de la comodidad y seguridad de los usuarios.

En las figuras 6 y 7 se señalan las ubicaciones de las rampas de frenado de los kilómetros 58+000 y 62+000.



Figura 6.- Ubicación de Rampa de Frenado Km. 58+000.



Figura 7.- Ubicación de Rampa de Frenado Km. 62+000.

Este documento contiene el análisis de los aforos registrados por el organismo CAPUFE en su caseta de peaje de San Marcos ubicado en el kilómetro 32+000, del análisis de la información se pudieron conocer las condiciones operativas actuales en la zona de estudio. El segundo estudio corresponde a la velocidad de punto, el cual presenta las características de la velocidad específica de los vehículos bajo las condiciones prevalecientes de tránsito y ambientales de la vialidad analizada. El tercer estudio está relacionado con la estimación del nivel de servicio de la autopista en los tramos estudiados de la autopista con el propósito de evaluar la calidad del movimiento de tránsito y para determinar la ubicación adecuada para la colocación de las dos rampas de frenado. El cuarto estudio se relaciona con el análisis de los reportes de accidentes proporcionados por el organismo CAPUFE y la información obtenida en el centro SCT Puebla para el programa SAADA correspondiente a los años del 2003 al 2009. Por último, se indica el tipo de señalamiento actual en ambos cuerpos de la autopista.

b).- **Ámbito geográfico.**

Las poblaciones o ciudades que influyen en la generación del tránsito en la autopista México-Puebla son principalmente: La ciudad de Puebla, el valle de Chalco, la ciudad de San Martín Texmelucan y la ciudad de México, Distrito federal; por lo que a continuación se describen de una forma somera y simplificada, sus principales características.

El estado de Puebla se encuentra ubicado al Sureste del altiplano de la República Mexicana entre la Sierra Nevada y al Oeste de la Sierra Madre Oriental, entre los paralelos 17°52'30" y los 20°50'39" de Latitud Norte y los meridianos 96°43'00" y 99°04'10" de Longitud Oeste. Esta limitado al Norte por Veracruz, al Sur por Oaxaca y Guerrero, al Oeste con Morelos, Estado de México, Tlaxcala e Hidalgo y al Este con Veracruz.

La situación geográfica de Puebla le favorece al estar ubicada en la meseta central del país, lugar que constituye un paso obligado entre la ciudad de México y el puerto de Veracruz, pero además porque estas dos ciudades son mercados muy atractivos para la venta de sus productos, el Distrito Federal por la magnitud de su población y el Puerto por facilitar la exportación a otros países.

c).- **Características de la infraestructura vial.**

Actualmente el estado cuenta con una infraestructura de comunicaciones y transportes que la vincula con todo el país. A nivel estatal, la ciudad de Puebla es la que mantiene mayor comunicación con el resto de la entidad. La longitud de carreteras en el estado es de 8,343.42 kilómetros de los cuales 1,116.85 kilómetros corresponden a carreteras federales libres; 252.30 kilómetros a carreteras federales de cuota; 12,257.87 kilómetros son carreteras estatales libres; 21.60 kilómetros, carreteras estatales de cuota; 4,489.4 kilómetros, son carreteras rurales; 154.40 kilómetros, de brechas. Para fines de esta tesis

se considera la red troncal libre. La cercanía de Puebla con la capital del país ha hecho de esta entidad, un importante polo de desarrollo económico e industrial, de ahí que cuente con una extensa red de carreteras que permitan comunicar a las principales localidades.

d).- Análisis de aforos vehiculares.

Los estudios sobre volúmenes de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial.

Se define al volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo de tiempo determinado y se expresa como:

$$Q = N/T$$

Donde:

Q = vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/periodo)

N = número total de vehículos que pasan (vehículos)

T = período determinado (unidades de tiempo)

e).- Determinación de condiciones operativas.

En este apartado se resume la información proporcionada por el organismo CAPUFE y la obtenida en el libro de datos viales que publica el Centro SCT del Estado de Puebla. A continuación se muestra en la Tabla 2, el cálculo del volumen del tránsito (TDPA) obtenido para la caseta No. 8 de San Marcos en su tramo México-Puebla en ambos sentidos de circulación para los años 2009 y 2010; así mismo el TDPA para los años

2008 al 2009 obtenido de los libros de datos viales en el acceso a la población de Río Frio. Cabe aclarar que se consideró el punto de Río Frio en el km 63+400, por ser el punto cercano a la ubicación de la rampa de emergencia que se propone construir en el km 62+000 y porque sus enlaces con la autopista están diseñados para efectuar maniobras de convergencia y divergencia a alta velocidad, minimizando los efectos del tránsito directo para los estudios de velocidad de punto que se realizaron. Para la rampa ubicada en el km 58+000 se hizo una consideración semejante ya que la población comercial turística cercana es la de Llano Grande donde existe un retorno vehicular en ese punto.

Con el fin de calcular la tasa de crecimiento para ambos sentidos de circulación se utilizó el método de mínimos cuadrados, obteniéndose la Tabla 3

TDPA PROPORCIONADO POR CAPUFE Y SCT

AÑO	SENTIDO	TDPA CAPUFE CASETA SAN MARCOS Km 32+300	TDPA SCT ENTRONQUE RÍO FRIO Km 63+400
2008	1		19226
2008	2		19767
2009	1	27973	19951
2009	2	35829	20102
2010	1	38384	
2010	2	54460	

Tabla 2.- TDPA en la Caseta de San Marcos y en el Entronque con Río Frío.

SENTIDO 1**SENTIDO 2**

AÑO	TDPA SENTIDO 1	TASA CRECIMIENTO “I”	AÑO	TDPA SENTIDO 2	TASA CRECIMIENTO “I”
2006	15798		2006	18949	
2007	20599		2007	21152	
2008	19767		2008	19226	
2009	20102		2009	19951	
		0.07			0.0055

Tabla 3.- Tasa de Crecimiento para los dos sentidos de circulación.

Como se puede apreciar la tasa de crecimiento vehicular es superior en el sentido de circulación México - Rio Frio que en el inverso y eso probablemente se debe a que los volúmenes publicados por la SCT en su libro de datos viales tienen un crecimiento positivo con decrementos anuales que afectan los valores obtenidos en el acceso a la población de Rio Frio, aunque también puede influir cuando en la obtención de las muestras de aforo semanal el tránsito se vea afectado por un incidente que modifique los valores del TDPA durante ese tiempo. La clasificación vehicular obtenida del libro de datos viales de la SCT en el acceso a la población de Rio Frío, es la mostrada en la Tabla 4.

CLASIFICACIÓN VEHICULAR

AÑO	TDPA	SC	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4
2006	18949	S1	73.6	8.5	7.1	4.7	2.6	2.2	0.3
2006	15798	S2	71.8	8.0	5.8	6.1	3.2	2.6	0.3
2007	21152	S1	73.6	9.0	6.8	4.6	2.6	2.2	0.3
2007	20599	S2	71.7	9.0	5.3	5.8	3.2	2.6	0.3
2008	19226	S1	72.8	9.1	6.5	4.7	2.8	2.3	0.6
2008	19767	S2	73.1	8.8	6.3	4.4	3.1	2.4	0.8
2009	19951	S1	75.0	7.2	8.6	3.4	3.5	0.4	1.6
2009	20102	S2	74.8	6.9	8.8	4.4	3.0	0.4	1.4

Tabla 4.- Clasificación Vehicular para Río Frío.

CUADRO COMPARATIVO TASAS DE CRECIMIENTO		
TDPA	SENTIDO CIRCULACION 1	0.07
TDPA	SENTIDO CIRCULACION 2	0.0055
INEGI	CONSTRUCCION	0.0322

Calculando la tasa promedio del cuadro comparativo de tasas de crecimiento se obtuvo el valor de 3.59 % para el pronóstico del tránsito para el 2010, por lo que aplicándola para un horizonte de proyecto de 15 años, obtenemos:

Horizonte de proyecto año 2030

AÑO	TDPA S1
2009	19951
2010	21409
2011	22178
2015	25538
2020	30463
2025	36339
2030	43347

Los cuadros anteriores se manejaron en ambos sentidos de circulación para que la estadística existente nos arroje resultados coherentes a la hora de aplicar los valores en los estudios de velocidad.

Como se puede observar el volumen de tránsito en la rampa de emergencia para el año 2025 es de 36,339 en el sentido 1, con la clasificación vehicular indicada en la tabla que se indica para el acceso a Rio Frío.

Clasificación vehicular

RAMPA	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4
58+000	73.6	8.5	7.1	4.7	2.6	2.2	0.3
61+000	71.8	8.0	5.8	6.1	3.2	2.6	0.3

f).- Estudios de velocidad de punto.

Los estudios de velocidad son diseñados para medir las características de la velocidad en ubicaciones específicas bajo las condiciones prevalecientes de tránsito y ambientales durante el estudio, tomando una muestra representativa del tamaño de la población. Existen dos tipos de velocidades para expresar la tasa de movimiento: El primer tipo es la velocidad media de punto, que es la media de las velocidades instantáneas de un grupo de vehículos en un lugar determinado de la vía. El segundo tipo es la velocidad de viaje, que está sujeta a los tiempos de viaje y demoras de los vehículos.

Para este estudio, se realizaron seis estudios de velocidad de punto a flujo libre para el km 58+000 y en igual número en el km 61+000 del cuerpo "A" en el sentido México-Puebla, donde en la topografía predomina una zona de curvas con pendiente descendiente y su influencia en la operación del tramo se ve afectada. Dos de los estudios se realizaron en las tangentes ubicadas a 500 metros antes y después de los kilómetros 58+000 y 61+000. En la figura 8, se ubican las estaciones de medición a lo largo del tramo analizado para obtener las velocidades de punto.



Figura 8.-Ubicación de las Estaciones de medición para Velocidad de punto.

Los dos estudios de velocidad restante se hicieron en los km 58+000 y 61+000 donde se consideró la separación de muestras para los carriles de baja, central y alta velocidad, graficando una combinación de las tres muestras en la Autopista, todo esto con el propósito de conocer la velocidad de operación actual del tramo en su área de aproximación a donde se pretende construir la rampa de emergencia para frenado, así como para obtener los parámetros para el diseño geométrico adecuado a la velocidad de operación. Más adelante se muestra el resultado del estudio de la velocidad de punto en promedio a 500 metros antes y después del sitio donde se pretende la colocación de las dos nuevas rampas de frenado, el tamaño de la muestra fue realizada para los diferentes tipos de vehículos que circulan en forma aleatoria, sin embargo se dio preferencia a los vehículos de carga unitarios y articulados, tomando en cuenta las condiciones del clima cuando se realizó el estudio de velocidad de punto, el cual fue un clima soleado con buena visibilidad durante los días 20 y 21 de Agosto del 2010. Cabe aclarar que la cercanía con el entronque de acceso a la población de Rio Frio no afecta la velocidad del tránsito directo por tener enlaces diseñados para efectuar maniobras de convergencia y divergencia a alta velocidad, minimizando los efectos de frenaje de los vehículos. La realización de este estudio nos servirá para analizar la distancia de aproximación y visibilidad adecuada para la rampa de emergencia.

Por otro lado, el estudio de velocidad en la zona de influencia donde se pretende ubicar las rampas de emergencia requiere un tamaño de muestra adecuado para satisfacer consideraciones estadísticas. Para el presente estudio, se utilizará la siguiente ecuación del Manual Normativo de Estudios de Ingeniería de Tránsito:

$$N = (SK/E)^2$$

En donde:

N = tamaño mínimo de la muestra

S = desviación estándar estimada de la muestra (Km/hora)

K = constante que corresponde al nivel de confianza deseado

E = error permitido en el estimado de la velocidad

En la Tabla 5, se presentan los valores de Desviación Estándar Media de velocidades para poder determinar el tamaño de la muestra a utilizar.

Área de Tránsito	Tipo de Carretera	Desviación Estándar Media
		KPH
Rural	2 carriles	8.5
Rural	4-6 carriles	6.8
Intermedio	2 carriles	8.5
Intermedio	4-6 carriles	8.5
Urbana	2 carriles	7.7
Urbana	4-6 carriles	7.9
Valor redondeado		8.0

Tabla 5.-Cuadro de Desviaciones Estándar de Velocidades para determinar el tamaño de la muestra.

Se sugiere tomar un valor de $S = 8$ Km/hora para cualquier tipo de carretera y área de tránsito. El error permitido "E" en el estimado de la velocidad depende de la precisión requerida en el estimado de la velocidad media. Esta medida es una tolerancia absoluta, esto quiere decir que el error absoluto se especifica como $+ / -$ un valor seleccionado. La ecuación anterior determina el número mínimo de observaciones necesarias, sin embargo, bajo ninguna circunstancia, el tamaño de la muestra puede ser menor que 200.

En la recopilación de datos, se deben tener en cuenta los siguientes factores: Todas las medidas de velocidad en el campo deben ser aleatorias y representativas de las condiciones de flujo libre en el torrente de tránsito. Se recomiendan los siguientes procedimientos para el muestreo: Observar siempre el primer vehículo de la fila en el carril de aproximación, ya que los vehículos que siguen pueden estar viajando a la misma velocidad del primer vehículo. Seleccionar en mayor número los vehículos pesados del torrente de tránsito. Evitar el muestreo de una proporción muy alta de vehículos que viajen a altas velocidades. Por lo general se usa la velocidad promedio y la 85 percentil. En los seis estudios para el presente estudio de velocidad de punto, se registraron las velocidades de 300 vehículos por sentido mínimo, a 500 metros antes y 500 metros después de la zona de estudio.

Considerándose una desviación estándar promedio para este tipo de estudios igual a 8, un factor K de 2 y para lograr que con todas las velocidades que se midieron se obtenga un error menor de 1.5 Km. /h entre las medias de la muestra y la población con un nivel de confiabilidad del 95.5%, se tiene:

$$N = (SK/E)^2 = (8 \times 2/1.5)^2 = 114 \text{ vehículos}$$

De acuerdo a lo indicado en los manuales de Ingeniería de Tránsito y de lo indicado en los procedimientos de la SCT, el valor representativo de la muestra no debe de ser menor de 200 vehículos por lo que se decidió que la muestra para tener una curva más representativa del caso deberá ser mayor de 300 vehículos por estudio. Las velocidades de más de 300 vehículos redondeadas al kilómetro por hora más próximo, fueron escogidas al azar y dichas velocidades se muestran en el siguiente resumen de hojas de campo para el estudio de velocidad de punto en los kilómetros 58+000 y 62+000, desde la Tabla 6 hasta la Tabla 25.

A continuación se presenta en la Tabla 6, el vaciado de las hojas de campo para los tres carriles de circulación con que cuenta la autopista, ubicado en la tangente a 500 metros aproximadamente cuerpo “A” antes del km 58+000, sin dar prioridad en la muestra a los camiones de carga.

VELOCIDAD EN Km./hr	A	B	C2	C3	C4	T3S2	T3S3	T3S3R4	TOTAL
36 – 40		0							0
41 – 45			2						2
46 – 50									0
51 – 55						3			3
56 – 60			5	1		3	2		11
61 – 65	3		0	1		5	3		12
66 – 70	4		3			7	5		19
71 – 75	7	8	4			6	6	7	38
76 – 80	17	9	3			4	2	8	43
81 – 85	26	19	14			6		4	69
86 – 90	31	16	23	5		3		6	84
91 – 95	31	22	15				2	6	76
96 – 100	33	2	9			2	1		47
101 – 105	30		7			1			38
106 – 110	23		3			1			27
111 – 115	34		6	2					42
116 – 120	18								18
121 – 125	8								8
126 – 130	8								8
131 – 135	5								5
136 – 140	0								0
141 – 145	5								5
146-150	1								1
151-155	1								1
156-160	2								2
161-165									0
166-170	1								1
171-175									0
176-180									0
TOTAL	288	76	94	9	0	41	21	31	560

Tabla 6.- Muestra para los tres carriles de la autopista.

En la Tabla 7 se presenta la gráfica de velocidades de punto con los datos obtenidos de la Tabla 4, donde se muestra la velocidad del 85%.

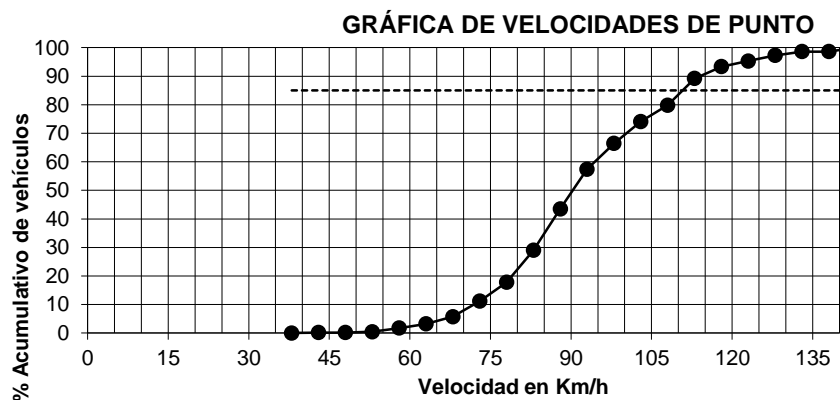


Tabla 7.- Gráfica de Velocidades de Punto para la Tabla 4.

En la Tabla 8 se muestra el vaciado de las hojas de campo para el carril de bajavelocidad (derecho), ubicado en el km 58+000 cuerpo “A”, dando prioridad a los vehículos de carga.

VELOCIDAD EN Km./hr	A	B	C2	C3	C4	T3S2	T3S3	T3S3R4	TOTAL
36 – 40									0
41 – 45			2						2
46 – 50									0
51 – 55							3		3
56 – 60			5	1		1	2	6	15
61 – 65	10			1			5	6	22
66 – 70	4		3			6	4	5	22
71 – 75	5	4	2	2		5	3	5	26
76 – 80	7			2		1		4	14
81 – 85	8		21	2			5		36
86 – 90	4		15			1	4	1	25
91 – 95	7		8	2			4	2	23
96 – 100	8		14				3	2	27
101 – 105	8						2		10
106 – 110	4							2	6
111 – 115	4						2		6
116 – 120									0
121 – 125									0
126 – 130									0
131 – 135									0
136 – 140									0
141 – 145									0
146 – 150									0
151 – 155									0
156 – 160									0
161 – 165									0
166 – 170									0
171 – 175									0
176 – 180									0
TOTAL	69	4	70	10	0	14	37	33	237

Tabla 8.- Carril de baja velocidad (derecho).

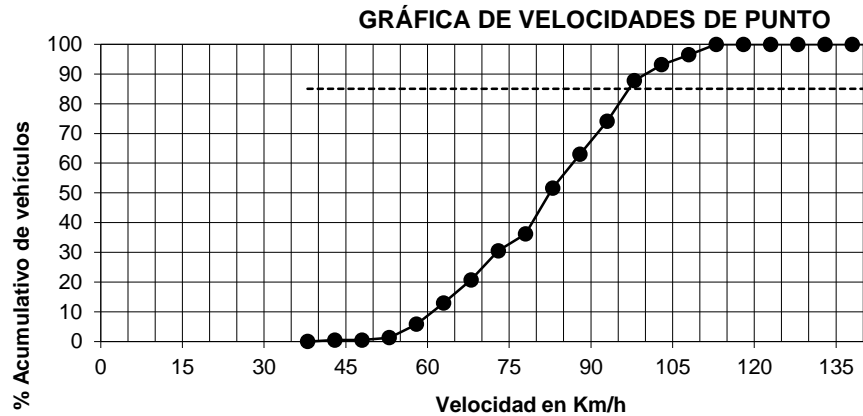


Tabla 9.- Gráfica de Velocidades de Punto para la Tabla 8.

En la Tabla 10 se muestra el vaciado de las hojas de campo para el carril central de baja velocidad, ubicado en el km 58+000 cuerpo “A”, dando prioridad a los vehículos de carga.

VELOCIDAD EN Km./hr	A	B	C2	C3	C4	T3S2	T3S3	T3S3R4	TOTAL
36 – 40									0
41 – 45									0
46 – 50									0
51 – 55									0
56 – 60									0
61 – 65							3		3
66 – 70						1	2	2	5
71 – 75	2	1	1				2	2	8
76 – 80	8	5		1		2		4	20
81 – 85	14	12	3	4		1	5	2	41
86 – 90	28	18	2	2		3		4	57
91 – 95	22	14	4	1			2	2	45
96 – 100	15		4	2		2		3	26
101 – 105	12		4	1				1	18
106 – 110	15		2						17
111 – 115	21		4	2					27
116 – 120	22								22
121 – 125	8								8
126 – 130	8								8
131 – 135									0
136 – 140									0
141 - 145									0
146-150									0
151-155									0
156-160									0
161-165									0
166-170									0
171-175									0
176-180									0
TOTAL	175	50	24	13	0	9	14	20	305

Tabla 10.- Carril central de baja velocidad.

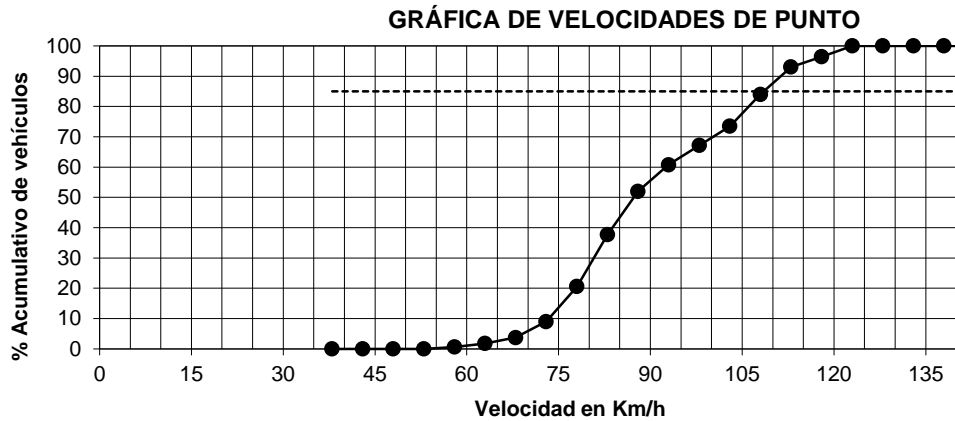


Tabla 11.-Gráfica de Velocidades de Punto para la Tabla 10.

En la Tabla 12 se muestra el vaciado de las hojas de campo para el carril de alta velocidad (izquierdo), ubicado en el km 58+000 cuerpo “A”, dando prioridad a los vehículos de carga.

VELOCIDAD EN Km./hr	A	B	C2	C3	C4	T3S2	T3S3	T3S3R4	TOTAL
36 – 40									0
41 – 45									0
46 – 50									0
51 – 55									0
56 – 60									0
61 – 65									0
66 – 70									0
71 – 75		3	1	2		1	4		11
76 – 80	2	4	3	1		1	3		14
81 – 85	8	7	6	2		3	3	2	31
86 – 90	8	11	6	3			2	1	31
91 – 95	11	8	5	1		2		2	29
96 – 100	10	6	8				2	1	27
101 – 105	10	1	3			2	2	1	19
106 – 110	9		1	1				2	13
111 – 115	9		2						11
116 – 120	7		2						9
121 – 125									0
126 – 130									0
131 – 135	5								5
136 – 140									0
141 - 145	5								5
146-150									0
151-155	4								4
156-160									0
161-165	5								5
166-170									0
171-175									0
176-180									0
TOTAL	93	40	37	10	0	9	16	9	214

Tabla 12.- Carril de alta velocidad (izquierdo).

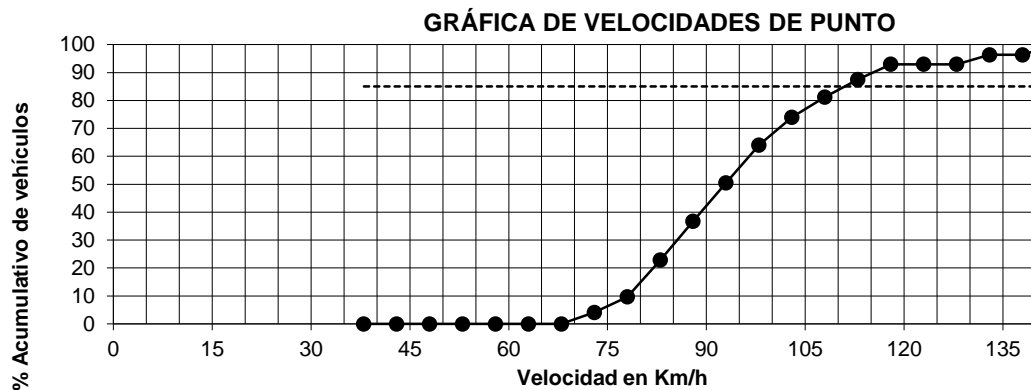


Tabla 13.- Gráfica de Velocidades de Punto para la Tabla 12.

En la Tabla 14 se muestra el vaciado de las hojas de campo para los tres carriles de circulación con que cuenta la autopista, ubicado en la tangente a 500 metros aproximadamente cuerpo “A” después del km 58+000, sin dar prioridad en la muestra a los camiones de carga.

VELOCIDAD EN Km./hr	A	B	C2	C3	C4	T3S2	T3S3	T3S3R4	TOTAL
36 – 40									0
41 – 45			2						2
46 – 50	3		2						5
51 – 55	4					2			6
56 – 60	3		2	1		2	2	2	12
61 – 65	2		3	1		1	4	3	14
66 – 70	5		3			2	5	4	19
71 – 75	6	1	4	2		3	6	6	28
76 – 80	14		4	1		4	6	6	35
81 – 85	20	10	11	4		6	2	3	56
86 – 90	22	19	14	5		5	1	6	72
91 – 95	22	22	15			2			61
96 – 100	21	6	9	3		2	1	5	47
101 – 105	20		7				1		28
106 – 110	20		7			1			28
111 – 115	19		6	2					27
116 – 120	18								18
121 – 125	7								7
126 – 130	6								6
131 – 135	5								5
136 – 140	2								2
141 - 145	1								1
146-150									0
151-155	1								1
156-160									0
161-165	2								2
166-170	1								1
171-175	1								1
176-180									0
TOTAL	225	58	89	19	0	30	28	35	484

Tabla 14.- Muestra para los tres carriles de la autopista

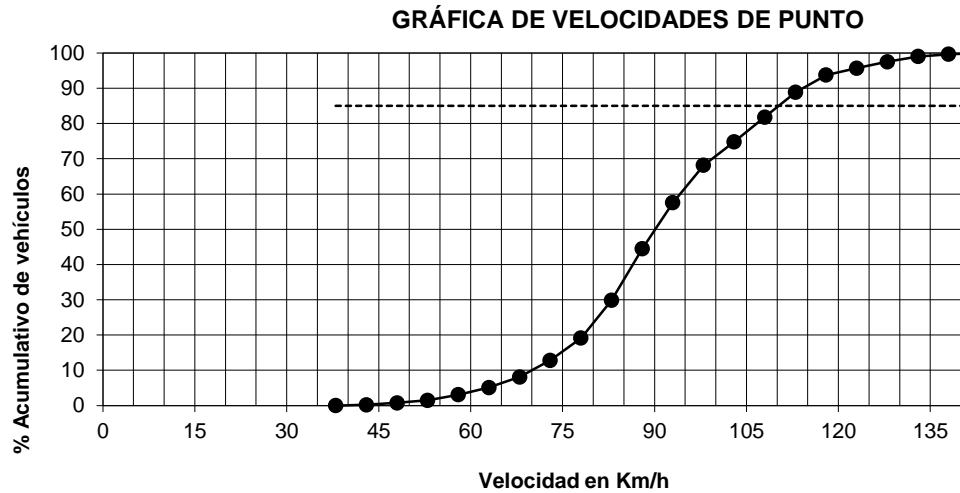


Tabla 15.- Gráfica de Velocidades de Punto para la Tabla 14.

En la Tabla 16 se muestra el vaciado de las hojas de campo para los tres carriles de circulación con que cuenta la autopista, ubicado en la tangente a 500 metros aproximadamente cuerpo “A” antes del km 62+000, sin dar prioridad en la muestra a los camiones de carga.

VELOCIDAD EN Km./hr	A	B	C2	C3	C4	T3S2	T3S3	T3S3R4	TOTAL
36 – 40									0
41 – 45								1	1
46 – 50								1	1
51 – 55			1				1		2
56 – 60			3	3			2	3	11
61 – 65			5	3				4	12
66 – 70	5		8	2		7		7	29
71 – 75	6		8				7	3	24
76 – 80	5		9			2	10		26
81 – 85	15	8	15	6		5		4	53
86 – 90	21	15	11		1	8	6		62
91 – 95	27	16	13	4		3		6	69
96 – 100	21	21	13	3	1		6	4	69
101 – 105	30	6	15	4		2	2		59
106 – 110	25	3	5				3	1	37
111 – 115	25		5	1		2	3		36
116 – 120	26	0	5		1	2		1	35
121 – 125	22		1						23
126 – 130	5								5
131 –135	5								5
136 – 140	4								4
141 - 145	5								5
146-150	3								3
151-155									0
156-160	2								2
161-165	1								1
166-170	1								1
171-175									0
176-180									0
TOTAL	254	69	117	26	3	31	40	35	575

Tabla 16.- Muestra para los tres carriles de la autopista.

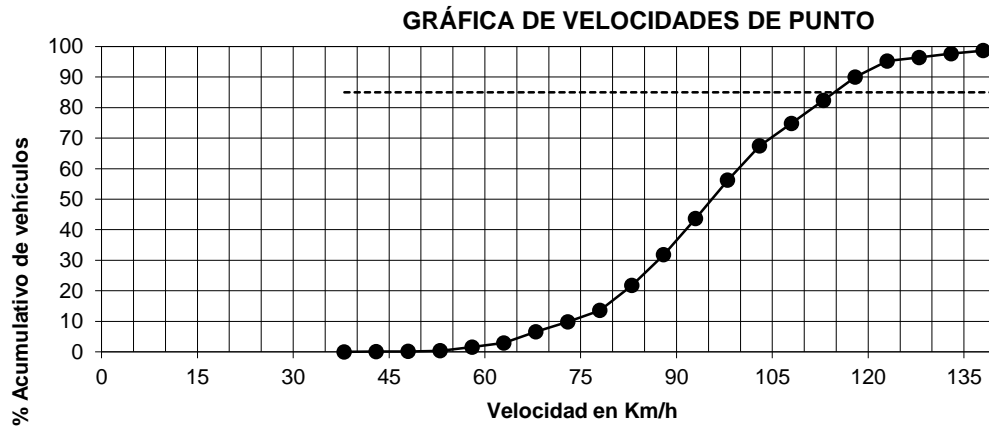


Tabla 17.- Gráfica de Velocidades de Punto para la Tabla 16.

En la Tabla 18 se muestra el vaciado de las hojas de campo para el carril de baja velocidad (derecho), ubicado en el km 62+000 cuerpo “A”, dando prioridad a los vehículos de carga.

VELOCIDAD EN Km./hr	A	B	C2	C3	C4	T3S2	T3S3	T3S3R4	TOTAL
36 – 40									0
41 – 45								1	1
46 – 50								1	1
51 – 55			1				1		2
56 – 60			3	3			2	3	11
61 – 65			5	3				4	12
66 – 70	10		8	2		7	5	3	35
71 – 75	9		8	3			2		22
76 – 80	5		4	3			6	5	23
81 – 85	4		9	1		3	5	3	25
86 – 90	11		3	4		4	2	2	26
91 – 95	8						1		9
96 – 100	6						1		7
101 – 105	15								15
106 – 110	10								10
111 – 115	9								9
116 – 120	6								6
121 – 125									0
126 – 130									0
131 – 135									0
136 – 140									0
141 - 145									0
146-150									0
151-155									0
156-160									0
161-165									0
166-170									0
171-175									0
176-180									0
TOTAL	93	0	41	19	0	14	25	22	214

Tabla 18.- Carril de baja velocidad (carril derecho).

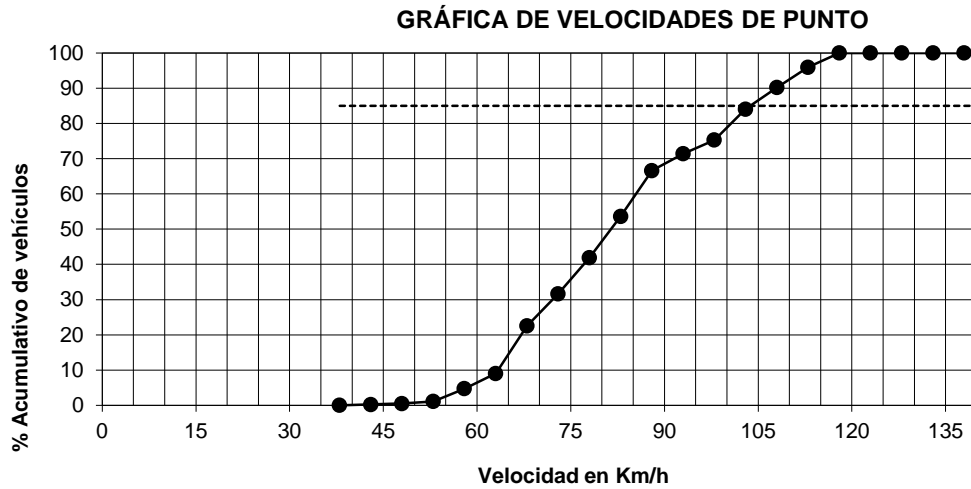


Tabla 19.- Gráfica de Velocidades de Punto para la Tabla 18.

En la Tabla 20 se muestra el vaciado de las hojas de campo para el carril central de baja velocidad, ubicado en el km 62+000 cuerpo “A”, dando prioridad a los vehículos de carga.

VELOCIDAD EN Km./hr	A	B	C2	C3	C4	T3S2	T3S3	T3S3R4	TOTAL
36 – 40									0
41 – 45									0
46 – 50									0
51 – 55									0
56 – 60									0
61 – 65									0
66 – 70								4	4
71 – 75							5	3	8
76 – 80			5	3		2	4	2	16
81 – 85	9	8	3	5		2	4	4	35
86 – 90	15	9	4	3	1	4	6	2	44
91 – 95	23	18	5	4		2	3	5	60
96 – 100	11	15	8	2			2	7	45
101 – 105	11	11	11	4		2	1	3	43
106 – 110	10	6	2	4			3	1	26
111 – 115	9	1	4			2	3	0	19
116 – 120	9		4		1	2		1	17
121 – 125	6								6
126 – 130									0
131 – 135									0
136 – 140									0
141 - 145									0
146-150	1								1
151-155									0
156-160	2								2
161-165	3								3
166-170									0
171-175	4								4
176-180									0
TOTAL	113	68	46	25	2	16	31	32	333

Tabla 20.- Carril central de baja velocidad.

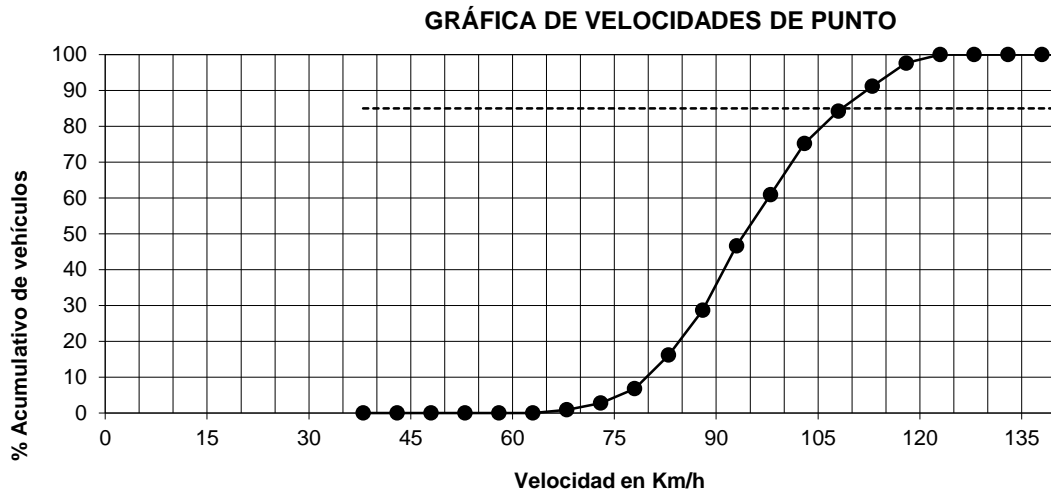


Tabla 21.-Gráfica de Velocidades de Punto para la Tabla 20.

En la Tabla 22 se muestra el vaciado de las hojas de campo para el carril de alta velocidad (izquierdo), ubicado en el km 62+000 cuerpo “A”, dando prioridad a los vehículos de carga.

VELOCIDAD EN Km./hr	A	B	C2	C3	C4	T3S2	T3S3	T3S3R4	TOTAL
36 – 40									0
41 – 45									0
46 – 50									0
51 – 55									0
56 – 60									0
61 – 65									0
66 – 70									0
71 – 75									0
76 – 80									0
81 – 85	6		3						9
86 – 90		10	4	2			5		21
91 – 95	8	33	8			1	2	1	53
96 – 100	7	19	5	1	1		3	1	37
101 – 105	7	10	4				1	1	23
106 – 110	12	2	3	2					19
111 – 115	12	1	1	1					15
116 – 120	33		1						34
121 – 125	16		1						17
126 – 130	9								9
131 –135	5								5
136 – 140	4								4
141 - 145	6								6
146-150	2								2
151-155									0
156-160	2								2
161-165	1								1
166-170									0
171-175									0
176-180									0
TOTAL	130	75	30	6	1	1	11	3	257

Tabla 22.- Carril de alta velocidad (carril izquierdo).

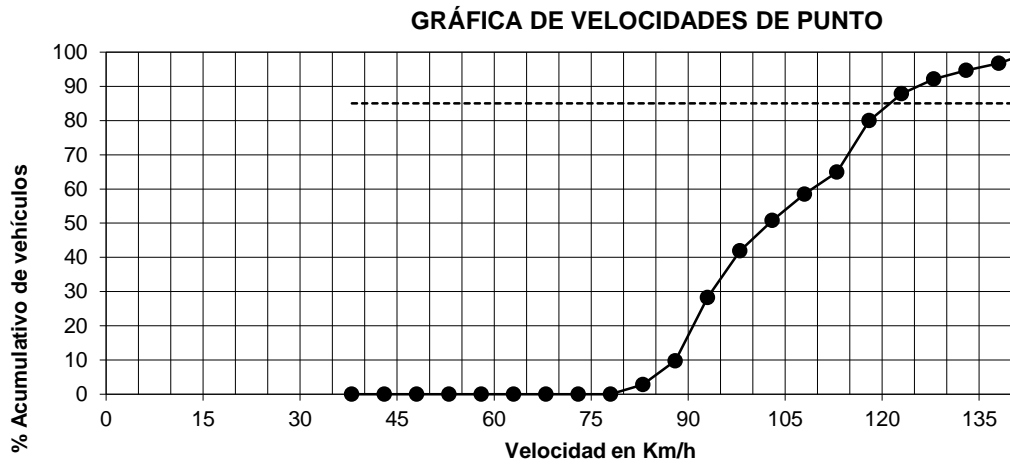


Tabla 23.- Gráfica de Velocidades de Punto para la Tabla 22.

En la Tabla 24 se muestra el vaciado de las hojas de campo para los tres carriles de circulación con que cuenta la autopista, ubicado en la tangente a 500 metros aproximadamente cuerpo “A” después del km 62+000, sin dar prioridad en la muestra a los camiones de carga.

VELOCIDAD EN Km./hr	A	B	C2	C3	C4	T3S2	T3S3	T3S3R4	TOTAL
36 – 40									0
41 – 45									0
46 – 50								1	1
51 – 55									0
56 – 60									0
61 – 65			2						2
66 – 70	5		8	2		5	2	3	25
71 – 75	6		8	3			2		19
76 – 80	5	5	4	3				2	19
81 – 85	15	11	9	1		3		3	42
86 – 90	18	15	3	4		4	4	1	49
91 – 95	22	16	17			3	3	2	63
96 – 100	23	19	19	3	1		3	2	70
101 – 105	26	9	13			1	1	4	54
106 – 110	32	7	5	3		1	2	1	51
111 – 115	25	1	5	1			1	1	34
116 – 120	24	0	5		1	1		1	32
121 – 125	22		1						23
126 – 130	5								5
131 – 135	2								2
136 – 140	3								3
141 - 145	2								2
146-150	1								1
151-155	1								1
156-160	1								1
161-165	2								2
166-170	1								1
171-175									0
176-180									0
TOTAL	241	83	99	20	2	18	18	21	502

Tabla 24.- Muestra para los tres carriles de la autopista.

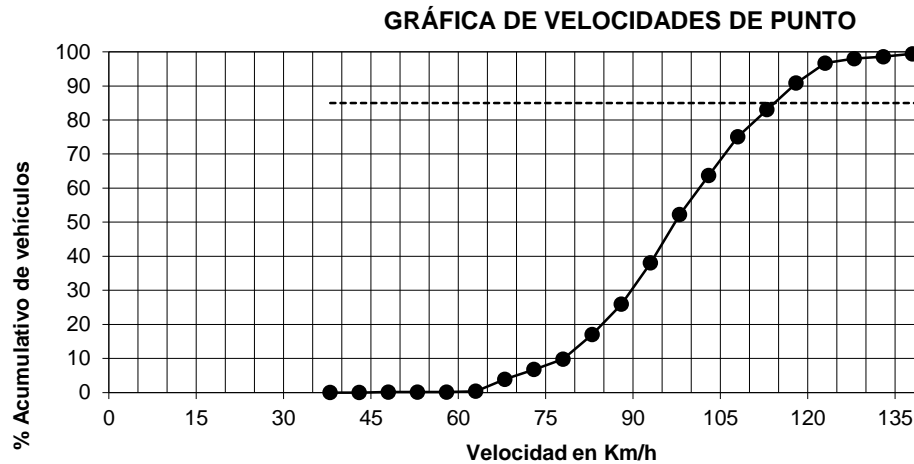


Tabla 25.- Gráfica de Velocidades de Punto para la Tabla 24.

En las gráficas de velocidades de punto, se muestran las velocidades del valor 85 porcentual que es aquella velocidad debajo de la cual viaja el 85 % de los conductores y arriba del cual viaja el 15 % de los conductores, generalmente rebasando la velocidad permitida así como las velocidades máximas observadas. El 85 % ha gozado de amplia aceptación como la velocidad aproximada a la cual deben ser establecidos los límites de velocidad, en conexión con los dispositivos de control del tránsito que la deben restringir.

En la curva acumulativa de frecuencia de velocidades, el punto de inflexión en la parte alta de la curva normalmente ocurre entre el 75 y el 95 porcentual, estas velocidades reflejan mejor la zonificación de velocidades, por lo que para incluir un pequeño porcentaje adicional de conductores sería necesario incrementar sustancialmente la velocidad permisible. Las dispersiones bajas entre vehículos indican pocas maniobras de alcance y rebase y las dispersiones altas indican una fluctuación amplia entre las velocidades de los vehículos que indican una situación potencialmente peligrosa.

Por lo anterior, en todas las gráficas anteriores se observa que para las velocidades registradas cuando no se da prioridad a la muestra de los camiones de carga se vuelven las fluctuaciones menores y por lo tanto el punto de inflexión cae dentro del rango de 75 porcentual y 95 porcentual; si se hacen más amplias las fluctuaciones las muestras se incrementarían demasiado para poder aminorar esas variaciones.

En la Tabla 26 se presentan a manera de resumen comparativo, las muestras tomadas donde se observa que en el carril central circula el mayor volumen del tránsito de acuerdo a las preferencias del usuario y además, el volumen por tipo de vehículo de acuerdo a su clasificación en el km 58+000 y km 62+000 sentido 1 de circulación vehicular.

En la Tabla 27, se indica el tamaño de la muestra para cada carril de circulación, observándose que el usuario en general prefiere circular por el carril central, dejando los carriles de alta para realizar la maniobra de rebase y el de baja velocidad para que circulen los vehículos de carga con menor velocidad.

Se observa también el número de muestras obtenidas para los vehículos en el Sentido 1 de circulación (dirección México – Puebla), separados por los diferentes tipos de carril que tiene la autopista en ese tramo.

KM 62+000 EN RAMPA (SENTIDO 1)

KM 58+000 EN RAMPA (SENTIDO 1)

	CARRIL BAJA	CARRIL CENTRAL	CARRIL ALTA	TOTAL		CARRIL BAJA	CARRIL CENTRAL	CARRIL ALTA	TOTAL
Vel (km/h)	No. vehobser v	No. vehobserv	No. vehobser v		Vel (km/h)	No. vehobser v	No. vehobserv	No. vehobser rv	
40	1			1	40				0
43	6			6	43	11			11
46	5			5	46	8			8
49	9			9	49	15			15
52	6	1		7	52	6			6
55	8			8	55	6			6
58	13		1	14	58	9			9
61	11			11	61	12	4		16
64	8			8	64	12	4		16
67	11		1	12	67	13	28		41
70	19			19	70	6	12		18
73	15		1	16	73	7	9		16
76	11			11	76	4	8		12
79	20			20	79	9	12	5	26
82	15	3	1	19	82	5	22	5	32
85	8	4	3	15	85	10	19	11	40
88	14	21	8	43	88	13	31	36	80
91	5	23	4	32	91	9	20	13	42
94	4	25	10	39	94	8	9	11	28
97	4	25	9	38	97	7	24	11	42
100		49	15	64	100	12	29	25	66
103		21	8	29	103	5	24	12	41
106		17	9	26	106	2	2	10	14
109				0	109				0
112		16	20	36	112	4	15	8	27
115		24	14	38	115	3	6	10	19
118		14	20	34	118	3	10	6	19
121		12	16	28	121		8	9	17
124				0	124				0
127		6	8	14	127		8	2	10
130		3	7	10	130		3		3
133				0	133				0
136		2	6	8	136		1	3	4
139		2	6	8	139		4		4
141				0	141				0
144		2	5	7	144			1	1
147				0	147				0
150		1	4	5	150		4		4
153				0	153				0
156				0	156				0
159		1	4	5	159		1		1
161		1	4	5	161		2		2
164				0	164				0
167				0	167				0
170				0	170				0
173		1	3	4	173			1	1
176				0	176				0

SENTIDO 1

SENTIDO 1

KM 61+500

KM 61+500

	TIPO A	TIPO B	TIPO C	TOTAL		TIPO A	TIPO B	TIPO C	TOTAL
Vel (km/h)	No vehobs erv	No vehobserv	No vehobse rv		Vel (km/h)	No vehobs erv	No vehobs erv	No vehobs erv	
40			1	1	112	16	12	8	36
43			6	6	115	21	11	6	38
46			5	5	118	20	6	8	34
49			9	9	121	17	7	4	28
52			7	7	124				0
55			8	8	127	14			14
58			14	14	130	10			10
61			11	11	133				0
64			8	8	136	8			8
67		2	10	12	139	8			8
70	4		15	19	141				0
73	4	1	10	15	144	7			7
76	4		7	11	147				0
79	5	3	12	20	150	5			5
82	13		7	20	153				0
85	9		6	15	156				0
88	29		14	43	159	5			5
91	15	9	8	32	161	5			5
94	15	13	11	39	164				0
97	14	10	14	38	167				0
100	17	20	27	64	170				0
103	10	7	12	29	173	4			4
106	9	7	10	26	176				0
109				0					

Tabla 26.- Resumen de velocidades por tipo de carril y por tipo de vehículo.

CARRIL KM 58+000 Y 62+000	SENTIDO 1 CIRCULACION	TAMAÑO DE LA MUESTRA
DERECHO BAJA VELOCIDAD (carril derecho)	MEXICO - PUEBLA	237
CENTRAL BAJA VELOCIDAD (carril central)	MEXICO - PUEBLA	305
IZQUIERDO ALTA VELOCIDAD (carril izquierdo)	MEXICO - PUEBLA	214
DERECHO BAJA VELOCIDAD (carril derecho)	MEXICO - PUEBLA	214
CENTRAL BAJA VELOCIDAD (carril central)	MEXICO - PUEBLA	333
IZQUIERDO ALTA VELOCIDAD (carril izquierdo)	MEXICO - PUEBLA	257

Tabla 27- Tamaño de la Muestra.

En la Tabla 28 se muestran las velocidades del 85 por ciento por carril izquierdo, medio y derecho y por km (58+000 y 62+000) obtenidas de las gráficas de velocidades de punto, en donde se ubicarán las rampas de emergencia.

RAMPA EMERGENCIA 58+000	VELOCIDAD 85 PORCENTUAL	RAMPA EMERGENCIA 62+000	VELOCIDAD 85 PORCENTUAL
TANGENTE ANTES DEL KM 58+000 SIN PRIORIDAD CAMIONES DE CARGA	101 KM/HORA	TANGENTE ANTES DEL KM 61+000 SIN PRIORIDAD CAMIONES DE CARGA	114 KM/HORA
CARRIL DERECHO PRIORIDAD CAMIONES DE CARGA	96 KM/HORA	CARRIL DERECHO PRIORIDAD CAMIONES DE CARGA	102 KM/HORA
CARRIL CENTRAL PRIORIDAD CAMIONES DE CARGA	107 KM/HORA	CARRIL CENTRAL PRIORIDAD CAMIONES DE CARGA	108 KM/HORA
CARRIL IZQUIERDO PRIORIDAD CAMIONES DE CARGA	111 KM/HORA	CARRIL IZQUIERDO PRIORIDAD CAMIONES DE CARGA	120 KM/HORA
TANGENTE DESPUES DEL KM 58+000 SIN PRIORIDAD CAMIONES DE CARGA	110 KM/HORA	TANGENTE DESPUES DEL KM 61+000 SIN PRIORIDAD CAMIONES DE CARGA	115 KM/HORA

Tabla 28.- Velocidad del 85% en ambas rampas.

En la Tabla 29 se muestra la distribución de frecuencias de las velocidades de punto registradas antes, en la rampa y después de ella, determinando las velocidades del 95%.

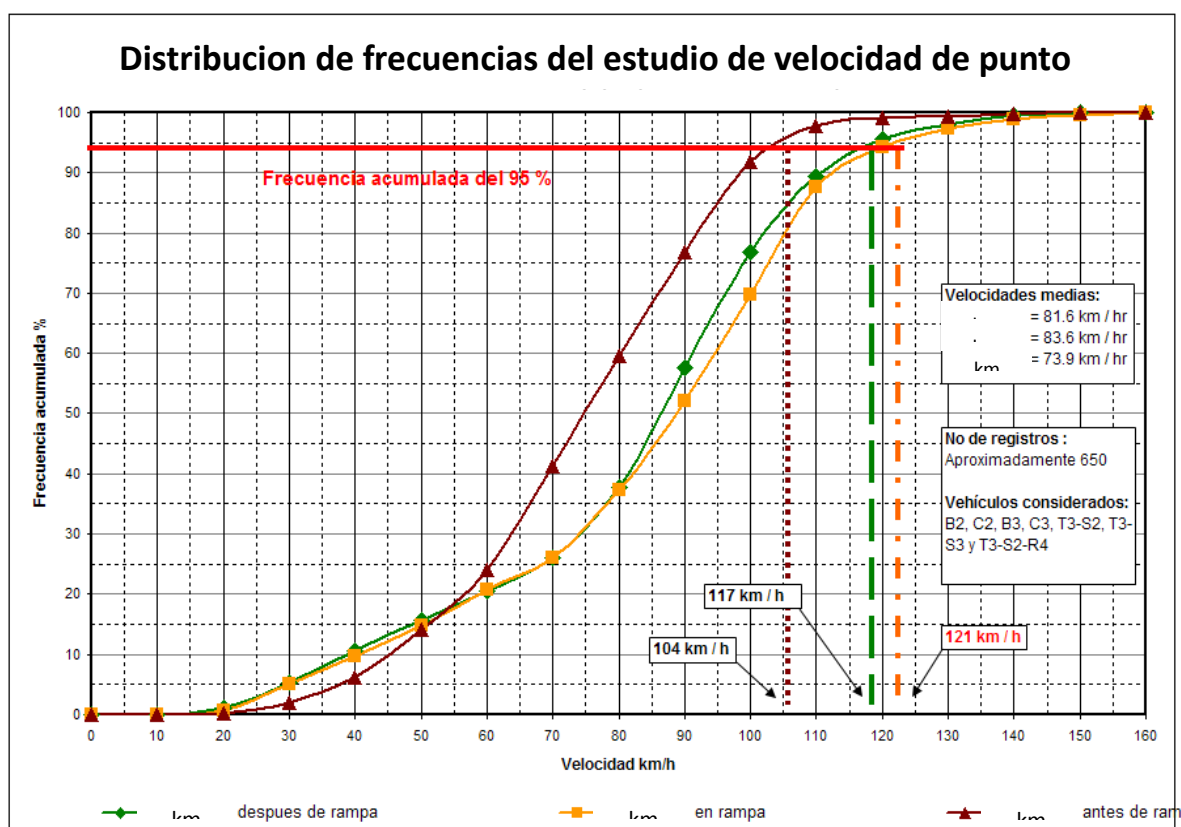


Tabla 29.-Distribución de Frecuencias de Velocidades de Punto.

Como observación general de acuerdo a los resultados obtenidos de los estudios de velocidad de punto, se detecta que la velocidad registrada al 85% de la muestra en todos los casos, rebasa la velocidad máxima permitida en la autopista que es de 90 Km/hr., en todo el tramo de curvas peligrosas, motivo por el cual se registran muchos accidentes al quedarse sin frenos y en pendiente prolongada.

g).- Capacidad y Niveles de Servicio.

En las obras viales, los análisis de Capacidad juegan un papel importante para estimar las magnitudes de tránsito, mientras se mantengan las características de calidad del flujo vehicular. En general la capacidad de una estructura se define como la máxima razón horaria en la cual los vehículos pueden pasar por un punto, una sección uniforme o un carril de un camino durante un período de tiempo dado, bajo condiciones prevalecientes de tránsito, de camino y de control.

Los Niveles de Servicio, son una medida cualitativa que caracteriza las condiciones de operación del tránsito, se han establecido seis niveles denominados: A, B, C, D, E y F que van del mejor al peor, las medidas que definen estos niveles dependen del tipo de camino. Las medidas básicas que caracterizan al flujo de tránsito son las siguientes:

La velocidad V que se define como una razón de movilidad, expresada en distancia por unidad de tiempo. Como en el tránsito intervienen varios vehículos para fines de capacidad se considera la velocidad media de viaje, definida como:

$$V = n \times L / t_i.$$

En donde L es la distancia recorrida, t_i es el tiempo empleado por el vehículo i para recorrerla, incluyendo demoras y n es el número de vehículos considerados en la muestra que debe ser estadísticamente representativa.

El Volumen (V) y el Volumen de Demanda Máximo (VD), que son dos medidas para cuantificar el tránsito que pasa por un punto, el de un carril o camino durante un intervalo de tiempo determinado, se definen como sigue:

Volumen es número total de vehículos que pasan por un punto dado o una sección ó carril de un camino durante un intervalo de tiempo dado, éste se puede expresar en términos anuales, diarios, horarios o períodos menores de una hora.

El Volumen de Demanda Máximo es la razón horaria equivalente de los vehículos que pasan por un punto dado o sección de un carril o camino durante un intervalo de tiempo dado menor que una hora.

KM	KM	Long(Lpi)	Pendiente(P1)
55+800	56+600	800	-5.47
56+600	57+100	500	-5.47
57+100	57+960	860	-5.1
57+960	58+400	440	-4.73
58+400	59+900	1,500	-3.67
59+900	60+300	400	-2.6
60+300	60+900	600	-3.93
60+900	61+300	400	-5.26
61+300	62+300	1,000	-5.11
62+300	64+000	1,700	-4.33
64+000	64+300	300	-3.55
64+300	65+000	700	-4.28
65+000	65+500	500	-5.01

Tabla 30.- Tabla de Pendientes y Longitud de Tramo

En la Tabla 31 se observa que el nivel de servicio actual es de “A” para los km 58+000 y 62+000 para las pendientes de -4.73 % y - 5.26 % y tres carriles de circulación por cuerpo, este nivel de servicio corresponde a una condición de flujo libre, con volúmenes de tránsito bajos y velocidades altas, en donde se observa que la velocidad de los transportes de carga superan por mucho la permitida que es de 90 km/ hora, lo cual es una de las causas principales de los accidentes. La densidad es baja y la velocidad depende del deseo de los conductores de rebasar los límites impuestos por la misma vialidad y bajo las condiciones físicas de la carretera.

KM	N.S	PENDIENTE	VEL KM/HORA
58+000	A	• -4.73 %	107 KM/HR
62+000	A	• -5.26 %	120 KM/HR

Tabla 31.- Tabla de Pendientes y Velocidades en ubicación de rampas.

h).- Análisis de accidentes.

Los accidentes se producen por circunstancias atribuibles al camino, al vehículo y al conductor. Para deducir la falla operacional y la magnitud de los accidentes se deben analizar las estadísticas de los mismos y seleccionar los lugares de alta frecuencia de accidentes en función de las estadísticas que realizan con los reportes de accidentes de los Centros SCT del país. Para una carretera existente con una determinada vida de servicio que consiste en identificar todas aquellas situaciones que representen un riesgo para la seguridad de los usuarios, es importante conseguir la homogeneidad del camino para lo cual se deberá tomar en cuenta la información sobre accidentes que en él ocurre.

En el diseño de carreteras seguras se deben tener en cuenta las características propias de los usuarios, en particular se debe de analizar las condiciones de circulación de cada uno de los tipos de vehículos, principalmente los pesados. La velocidad de operación es la clave para definir las características geométricas de un camino y tiene una importancia relevante en la seguridad de circulación.

Para el análisis de los accidentes en la autopista México-Puebla se realizó un resumen de la información proporcionada por el Organismo CAPUFE y por el centro SCT Puebla del programa SAADA para determinar el kilómetro y el tipo de accidente, el número de muertos, heridos, tipo de accidente, el número y tipo de vehículo en el periodo del 2003 al 2009 con el fin de determinar la frecuencia distribuida a lo largo del año. Como ejemplo se presenta la Tabla 32, que corresponde al mes de junio de 2009 y la Tabla 33, que corresponde al mes de mayo de 2010 así como las Tablas 34 y 35 que resumen los accidentes ocurridos en 2009 y 2010.

Sentido México-Puebla

CONS	MES	FECHA	KM	SENTIDO	TIPO ACCIDENTE	N2TIPOACC	Victimas	Lesionados	Muertos
43	Junio	16/06/2009	58	21	X.8	X.13	1-Sin Victimas	0	0
44	Junio	01/06/2009	59.1	21	X.13	X.11.1	1-Sin Victimas	0	0
45	Junio	18/06/2009	60.9	21	X.10.2		1-Sin Victimas	0	0
46	Junio	06/06/2009	61.5	21	X.1		1-Sin Victimas	0	0
47	Junio	19/06/2009	61.9	21	X.17		1-Sin Victimas	0	0
48	Junio	02/06/2009	62	21	X.8	X.17	1-Sin Victimas	0	0
49	Junio	02/06/2009	62	21	X.2		2-Con Lesionados	2	0
50	Junio	06/06/2009	62	21	X.10.7		1-Sin Victimas	0	0
51	Junio	20/06/2009	62	21	X.13	X.11.2	2-Con Lesionados	1	0
52	Junio	22/06/2009	62	21	X.13	X.11.2	1-Sin Victimas	0	0
53	Junio	21/06/2009	63.3	21	X.5	X.8	1-Sin Victimas	0	0
54	Junio	30/06/2009	63.3	21	X.8	X.18	1-Sin Victimas	0	0
55	Junio	25/06/2009	63.5	21	X.13	X.11.2	1-Sin Victimas	0	0
56	Junio	06/06/2009	64.5	21	X.2		2-Con Lesionados	2	0
57	Junio	06/06/2009	64.8	21	X.2	X.8	2-Con Lesionados	7	0
58	Junio	06/06/2009	65.5	21	X.1	X.16	2-Con Lesionados	2	0

Clasificación del accidente

1	CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL Y SALIDA DEL CAMINO
2	SALIDA DEL CAMINO Y BARRAS METALICAS
3	PIEDRA
4	CHOQUE POR ALCANCE
5	VOLCADURA SOBRE CARPETA ASFALTICA
6	CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL Y VOLCADURA SOBRE CARPETA ASFALTICA
7	CHOQUE POR ALCANCE MULTIPLE
8	OTROS
9	SALIDA DEL CAMINO Y TALUD
10	SALIDA DEL CAMINO Y TALUD
11	CHOQUE DE COSTADO Y CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL
12	CHOQUE CONTRA MURO CENTRL Y VOLCADURA FUERA DE CARPETA ASFALTICA
13	SALIDA DEL CAMINO Y TALUD
14	CHOQUE POR ALCANCE MULTIPLE
15	CHOQUE POR ALCANCE MULTIPLE Y CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL
16	CHOQUE POR ALCANCE Y SALIDA DEL CAMINO Y DESBARRANCAMIENTO

Tabla 32.- Mes de junio 2009.

Sentido México-Puebla

CONS	MES	FECHA	KM	SENTIDO	TIPO ACCIDENTE	N2TIPOACC	Lesionados	Muertos
43	Mayo	15/05/2010	57.500	21	X.8	X.17	1	0
44	Mayo	15/05/2010	58.200	21	X.8	X.13	3	0
45	Mayo	17/05/2010	58.800	21	X.13	X.18	1	0
46	Mayo	24/05/2010	59.000	21	X.5		0	0
47	Mayo	15/05/2010	61.500	21	X.13	X.18	1	1
48	Mayo	18/05/2010	61.700	21	X.8	X.13	0	0
49	Mayo	15/05/2010	61.800	21	X.13	X.18	0	0
50	Mayo	15/05/2010	61.900	21	X.8		0	0
51	Mayo	30/05/2010	62.600	21	X.8	X.17	0	0
52	Mayo	14/05/2010	63.200	21	X.8		0	0
53	Mayo	15/05/2010	63.250	21	X.13	X.11.2	2	0

Clasificación del accidente

1	CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL Y VOLCADURA SOBRE CARPETA ASFALTICA		
2	CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL Y SALIDA DEL CAMINO		
3	SALIDA DEL CAMINO Y VOLCADURA FUERA DE LA CARPETA ASFALTICA		
4	CHOQUE DE COSTADO		
5	SALIDA DEL CAMINO Y VOLCADURA FUERA DE LA CARPETA ASFALTICA		
6	CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL Y SALIDA DEL CAMINO		
7	SALIDA DEL CAMINO Y VOLCADURA FUERA DE LA CARPETA ASFALTICA		
8	CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL		
9	CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL Y VOLCADURA SOBRE CARPETA ASFALTICA		
10	CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL		
11	SALIDA DEL CAMINO Y TALUD		

Tabla 33.- Mes de Mayo 2010.

<i>RESUMEN DE ACCIDENTES DE TRANSITO 2009</i>							
MES	TOTAL SENTIDO 1	TOTAL SENTIDO 2	TOTAL ACCIDENTES	TOTAL SENTIDO 1 DEL KM 68 - 57	TOTAL SENTIDO 2 DEL KM 68 - 57	TOTAL ACCIDENTES DEL KM 68 - 57	TIPO DE ACCIDENTE MAS COMUN KM 68-57
ENERO	119	138	257	12	1	13	CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL Y LLANTA
FEBRERO	73	119	192	3	6	9	SALIDA DEL CAMINO Y CHOQUE POR ALCANCE
MARZO	103	113	216	5	8	13	CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL Y SALIDA DEL CAMINO
ABRIL	64	106	170	1	4	5	SALIDA DEL CAMINO Y OTROS
MAYO	95	157	252	11	7	18	CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL Y SALIDA DEL CAMINO
JUNIO	109	135	244	16	13	29	CHOQUE POR ALCANCE Y CHOQUE CONTRA SEMOVIENTE

Tabla 34.- Resumen de Accidentes de Tránsito 2009.

<i>RESUMEN DE ACCIDENTES DE TRANSITO 2010</i>							
MES	TOTAL SENTIDO 1	TOTAL SENTIDO 2	TOTAL ACCIDENTES	TOTAL SENTIDO 1 DEL KM 68 - 57	TOTAL SENTIDO 2 DEL KM 68 - 57	TOTAL ACCIDENTES DEL KM 68 - 57	TIPO DE ACCIDENTE MAS COMUN KM 68-57
ENERO	78	98	176	8	4	12	SALIDA DEL CAMINO Y CHOQUE POR ALCANCE CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL
FEBRERO	78	91	169	23	7	30	SALIDA DEL CAMINO Y CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL
MARZO	61	89	150	2	2	4	CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL Y OTROS
ABRIL	104	111	215	11	0	11	SALIDA DEL CAMINO Y CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL
MAYO	102	109	211	14	3	17	SALIDA DEL CAMINO Y CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL
JUNIO	87	112	199	12	4	16	SALIDA DEL CAMINO Y CHOQUE CONTRA MURO CENTRAL

Tabla 35.- Resumen de Accidentes de Tránsito 2010.

Según la estadística de CAPUFE para los años 2009 y 2010 en su primer semestre, la causa predominante de los accidentes es la salida del camino o choque con la barrera central por exceso de velocidad o por no guardar la distancia de seguridad, no se indica un mes en especial donde predominen los accidentes viales.

En el resumen de la estadísticas “SAADA” realizadas por la SCT, en la Autopista México - Puebla (cuota), que a continuación se muestran, aunque nos presentan más claramente los eventos ocurridos del 2003 al 2009, no nos indican el kilómetro donde ocurrieron por lo que es difícil establecer una comparación con los presentados por CAPUFE, sin embargo nos da una idea de los accidentes que ocurrieron en pendientes y por fallas en los frenos de los vehículos.

AÑO	CARRETERA	# ACCID	MUERTOS	HERIDOS
2003	MEXICO-PUEBLA	199	15	199
2005	MEXICO-PUEBLA	152	6	184
2006	MEXICO-PUEBLA	117	17	131
2007	MEXICO-PUEBLA	103	14	155
2008	MEXICO-PUEBLA	61	22	106
2009	MEXICO-PUEBLA	87	49	84

Tabla 36.- Número de Accidentes por Año, Muertos y Heridos.

CARRETERA	SALDOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MEXICO - PUEBLA	# ACCIDENTES	15	12	22	8	12	10	13	20	27	18	15	27
	# MUERTOS	2	3	2	0	1	0	1	0	2	1	0	3
2003	# HERIDOS	16	12	14	2	28	6	21	14	20	17	5	44
	DAÑOS MAT	0.5262	0.5142	0.737	0.2425	0.4485	0.3295	0.536	0.4912	1.1188	0.462	0.558	0.9525
MEXICO - PUEBLA	# ACCIDENTES	10	17	12	16	12	13	13	18	8	16	11	6
	# MUERTOS	11	22	6	16	9	13	17	31	12	18	20	9
2005	# HERIDOS	1	0	0	2	1	1	0	0	1	0	0	0
	DAÑOS MAT	0.190	1.1291	0.360	1.1262	0.486	0.5035	1.132	0.482	0.1695	0.420	0.440	0.558
MEXICO - PUEBLA	# ACCIDENTES	7	5	10	9	8	10	10	7	13	9	12	17
	# MUERTOS	1	2	1	5	1	2	1	1	0	1	1	1
2006	# HERIDOS	9	2	6	9	18	13	8	6	16	7	14	23
	DAÑOS MAT	0.2337	0.144	0.346	0.264	0.255	0.439	0.430	0.340	0.3952	1.090	0.764	0.4313
MEXICO - PUEBLA	# ACCIDENTES	14	4	8	13	5	5	7	4	11	11	13	8
	# MUERTOS	3	0	2	1	1	0	1	0	3	1	2	0
2007	# HERIDOS	18	2	15	20	5	13	40	6	9	10	12	5
	DAÑOS MAT	0.5565	0.094	0.305	0.255	0.135	0.110	0.433	0.116	0.492	0.4225	1.017	0.2334
MEXICO - PUEBLA	# ACCIDENTES	4	8	4	4	5	5	5	8	6	4	5	3
	# MUERTOS	3	4	4	0	2	1	0	4	2	0	1	1
2008	# HERIDOS	1	10	4	9	9	8	13	15	2	2	28	5
	DAÑOS MAT	0.7335	0.291	0.119	0.22	0.488	0.369	0.603	0.281	0.0711	0.1520	0.190	0.085
MEXICO - PUEBLA	# ACCIDENTES	4	8	8	7	11	8	10	4	11	16	0	0
	# MUERTOS	3	1	2	4	2	0	2	1	0	4	0	0
2009	# HERIDOS	6	6	11	5	11	8	11	6	8	12	0	0
	DAÑOS MAT	0.1402	0.3915	0.232	0.353	3.048	0.453	0.449	0.061	0.2475	0.551	0.000	0

Tabla 37.- Número de Accidentes por Mes, Muertos, Heridos y Daños materiales.

AÑO	MEXICO-PUEBLA	ALINEAMIENTO VERTIC				ALINEAMIENTO HORIZONTAL										CONTROL DE TRANSITO EXISTENTE														
		PENDIENTE	CIMA	COLUMPIO	A NIVEL	TANGENTE	CURVA ABIERTA	CURVA CERRADA	ENTRONQUE	PUENTE O TUNEL	INTERSECCION	CALLEJON	ACCESO PRIVADO	CRUCE FFCC	ZONA PORTUARIA	TRAMO EN CONSTRUCCION	OTRO	SEÑAL INFORMATIVA	SEÑAL PREVENTIVA	SEÑAL RESTRICTIVA	SEMAFORO	AGENTE O GUARDAVIA	BARRERA O ISLETA	RAYAS LATERALES	RAYA CENTRAL	VIBRADORES	ABANDERAMIENTO	BANDEROS	OTRO CONTROL	SIN CONTROL
2003	MEXICO-PUEBLA	78	1	0	120	171	22	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	194	196	194	1	0	68	194	194	0	2	0	1	0
2005	MEXICO-PUEBLA	73	2	0	77	129	19	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	150	150	151	0	0	53	136	137	0	9	6	9	0
2006	MEXICO-PUEBLA	27	1	12	136	158	12	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	174	173	176	0	0	23	175	158	0	1	0	5	0
2007	MEXICO-PUEBLA	55	0	0	48	92	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103	101	101	0	0	26	102	102	0	2	1	1	0
2008	MEXICO-PUEBLA	18	0	0	43	57	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	61	60	0	0	0	61	61	1	0	0	0	0
2009	MEXICO-PUEBLA	43	0	0	44	76	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	87	87	0	0	2	84	81	0	1	1	1	0

Tabla 38.- Número y Lugar de Accidentes por Año.

AÑO		IMPRUDENCIA O INTENCION	VELOCIDAD EXCESIVA	INVADIO CARRIL CONTRARIO	REBASO INDEBIDAMENTE	NO RESPETO LA SENAL DE ALTO	NO RESPETO SEMAFORO	NO CEDIO EL PASO	NO GUARDO DISTANCIA	VIRO INDEBIDAMENTE	MAL ESTACIONADO	ESTADO DE EBRIEDAD	BAJO EFECTOS DE DROGA	DORMITANDO	DESLUMBRAMIENTO	LLANTAS	FRENOS	DIRECCION	SUSPENSION	LUCES	EJES	TRANSMISION	MOTOR	SOBRECARGO O SOBRECARGA	EXCESO DE DIMENSIONES	IRRUPCION DE GANADO	DESPERFECTOS	FALTA DE SEÑALES	OBJETOS EN EL CAMINO	MOJADO	RESBALOSO	OTROS	LLUVIA	NIEVE O GRANIZO	NIEBLA O HUMO	TOLVANERA	VIENTOS FUERTES	OTROS			
		2003	MEXICO-PUEBLA	8	114	5	0	0	0	2	40	6	0	0	0	1	0	11	0	1	1	0	2	2	0	0	0	0	1	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	MEXICO-PUEBLA	8	100	3	2	0	2	3	26	5	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2006	MEXICO-PUEBLA	5	74	2	0	0	0	2	12	4	1	0	0	4	0	6	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2007	MEXICO-PUEBLA	6	70	0	0	0	0	0	11	5	2	0	0	0	0	3	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2008	MEXICO-PUEBLA	5	40	2	1	0	0	1	6	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2009	MEXICO-PUEBLA	4	63	2	1	0	0	1	6	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 39.- Número y causas (circunstancias) de Accidentes por Año.

AÑO	CARR	# DE	ACCIDENTES POR TIPO DE VEHICULO																							
			ACC.	A	A-A	A-B	A-C	A-B-C	B	B-B	B-C	C	C-C	A-M	A-O	A-B-O	A-C-O	A-M-O	B-M	B-O	C-M	C-O	M	M-M	M-O	O
2003	MEXICO-PUEBLA	199	64	31	9	31	2	1	0	8	16	10	4	16	0	3	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0
2005	MEXICO-PUEBLA	152	51	18	4	23	4	3	0	5	12	6	1	18	0	3	0	0	0	0	2	2	0	0	0	
2006	MEXICO-PUEBLA	117	51	6	1	15	3	2	1	5	15	5	0	12	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
2007	MEXICO-PUEBLA	103	39	17	1	11	0	2	1	5	7	3	0	14	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
2008	MEXICO-PUEBLA	61	17	9	0	8	1	4	0	2	3	3	1	6	0	3	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0
2009	MEXICO-PUEBLA	87	32	7	2	14	0	2	0	1	10	3	1	7	1	2	0	0	0	1	1	0	3	0	0	

Tabla 40.- Número de Accidentes por Tipo de Vehículo.

Análisis de la estadística SAADA.- Según la información proporcionada por la SCT, el número de accidentes en los últimos siete años está descendiendo de forma rápida, encontrándose que las causas predominantes de los accidentes en la autopista México-Puebla (cuota) para los años 2003 al 2009 son las siguientes:

- La velocidad excesiva, siguiendo el choque por alcance al no guardar la distancia de seguridad y la falla mecánica para los camiones principalmente, en zonas con pendiente.
- El lugar predominante de los accidentes, es donde existe el alineamiento con pendiente y le siguen las tangentes a nivel principalmente por exceso de velocidad.
- Los meses más peligrosos son entre agosto y octubre, en época de lluvias.
- Los vehículos involucrados predominantes, son los choques entre vehículos ligeros o con camión o también solos por fallas en los frenos en pendientes.

i).- Análisis de señalamiento vial.

Con el fin de proponer un proyecto eficiente para las rampas de frenado, se evaluó el señalamiento vial en ambos sentidos de circulación, inventariándolo y clasificándolo de acuerdo a las recomendaciones de la Normativa de la SCT, N-PRY-CAR-10-04-007/07. De acuerdo al señalamiento vial existente para la dirección México-Puebla, la velocidad permitida en este tramo de Autopista es de 90 Km/Hora, la cual es superada frecuentemente por los camiones de carga pesados, razón por la cual ocurren muchos accidentes en este tramo. El señalamiento actual se deberá modificar o complementar con el indicado para la ubicación de la rampa de frenado de emergencia.

En el plano MITT-04, denominado SEÑALAMIENTO EXISTENTE, se muestra el señalamiento vertical existente en el tramo que corresponde a la rampa del kilómetro 62+000, localizándose tres señales preventivas, una señal informativa de identificación y una señal informativa de recomendación.

j).-Conclusiones y Recomendaciones del Estudio de Ingeniería de Tránsito.

Por indicaciones del Organismo CAPUFE, se propuso la construcción de dos rampas de emergencia en la autopista México- Puebla sobre el cuerpo "A". Una rampa estará ubicada en el km 62+000, cercana a la población de Rio Frio, en donde sus enlaces con la autopista están diseñados para efectuar maniobras de convergencia y divergencia a alta velocidad, minimizando los efectos del tránsito directo para los estudios de velocidad de punto que se realizaron. Para la segunda rampa ubicada en el km 58+000 se hizo una consideración semejante ya que la población comercial turística cercana es la de Llano Grande donde existe un retorno vehicular en el puerto, observándose como tendencia natural que el usuario prefiere circular por el carril central, por lo que el mayor volumen del tránsito es en este carril.

De acuerdo al resultado de los estudios de Ingeniería de Tránsito como son: velocidad de punto, análisis del volumen vehicular, accidentes, capacidad e inventario del señalamiento vertical actual; la operación de la autopista México-Puebla en su tramo caseta San Marcos-Rio Frio, tiene no obstante su topografía tipo montaña, las condiciones de operación de altas velocidades, por lo que se requiere un proceso de cambio para mejorar el servicio al usuario dándole una mayor seguridad.

Con la información que proporcionó el organismo CAPUFE y las altas velocidades registradas, se realizaron y fueron aceptados por esa Dependencia, los estudios de ingeniería de tránsito para la ubicación de dos rampas de frenado de emergencia, una en el kilómetro 58+000 y la otra en el km 62+000 del cuerpo "A" de la autopista México-Puebla, donde las velocidades superan el máximo de 90 km/hora permitidos en ese tramo de autopista. Con el resultado de los estudios de ingeniería de tránsito, se puede concluir que la construcción de la rampa de emergencia mejorara la seguridad de los vehículos que por diferentes circunstancias se quedaron sin frenos y tengan que hacer uso de esos dispositivos de seguridad.

En las gráficas obtenidas, se muestra las velocidades del valor 85 porcentual que es aquella velocidad debajo de la cual viaja el 85 % de los conductores así como las velocidades máximas observadas. El 85 % de las velocidades registradas en una vialidad, ha gozado de amplia aceptación como la velocidad aproximada a la cual deben ser establecidos los límites de velocidad, en conexión con los dispositivos de control del tránsito que la deben restringir. En la curva acumulativa de frecuencia de velocidades, el punto de inflexión en la parte alta de la curva normalmente ocurre entre el 75 y el 95 porcentual, estas velocidades reflejan mejor la zonificación de velocidades, por lo que para incluir un pequeño porcentaje adicional de conductores sería necesario incrementar sustancialmente la velocidad permisible.

Las dispersiones bajas entre vehículos indican pocas maniobras de alcance y rebasemientras que las dispersiones altas indican una fluctuación amplia entre las velocidades de los vehículos que indican una situación potencialmente peligrosa. Por lo anterior, en las gráficas anteriores se observa que para las velocidades registradas cuando no se da prioridad a la muestra de los camiones de carga se vuelven las fluctuaciones menores y por lo tanto el punto de inflexión cae dentro del rango de 75 porcentual y 95 porcentual, por lo que si se hacen más amplias las fluctuaciones, entonces las muestras se incrementarían demasiado para poder aminorar esas variaciones.

En el resultado obtenido para el estudio de capacidad y nivel de servicio para los Kilómetros 58+000 y 61+000, con pendientes del -4.73 % y - 5.26 % y considerando los tres carriles de circulación por cuerpo, se observó que la velocidad de los transportes de carga superan por mucho la permitida que es de 90 km/ hora, siendo esta la razón principal por la que ocurren los accidentes en esta zona. No obstante que con la reciente ampliación a los tres carriles de circulación por sentido se mejoró la autopista a un nivel de servicio “A” para ambos kilómetros, el presente estudio nos indica que el nivel de servicio por la topografía tiende a ser nivel “B” sobre todo en fin de semana feriado ya

que el número de automóviles se incrementa y la tasa de crecimiento siempre está en ascenso, ocasionando la saturación de la vialidad.

Las causas más frecuentes de los accidentes según las estadísticas de CAPUFE y de la SCT, son las siguientes: La velocidad excesiva, siguiendo el choque por alcance al no guardar la distancia de seguridad y la falla mecánica para los camiones principalmente, al no poder controlar su vehículo en pendientes prolongadas. El lugar predominante de los accidentes, es donde existe el alineamiento con pendiente y le sigue las tangentes a nivel principalmente por exceso de velocidad. Los meses más peligrosos son entre agosto y octubre en la época de lluvias. Los choques entre vehículos ligeros o con camión, o también solos cada uno de ellos, por fallas en los frenos principalmente en pendientes. Estas causas provocan que los vehículos se salgan del camino o choquen con la barrera central por exceso de velocidad o por no guardar la distancia de seguridad entre ellos.

En cuanto a las recomendaciones para la mejor operación del sistema, se sugiere tomar en cuenta las siguientes observaciones:

- Es necesario que la Policía Federal Preventiva vigile de forma permanente la autopista, para desalentar las altas velocidades del 15% al 20 % de los usuarios que superan la velocidad permitida.
- Reforzar el señalamiento vertical donde se indique que al rebasar la velocidad permitida, el seguro de la autopista no opera.
- Reforzar la colocación de indicadores de alineamiento vertical en curvas, con señales de disminución de velocidad en la zona de curvas peligrosas principalmente para los vehículos pesados.

- Dar a conocer al usuario por medio de folletos informativos de las modificaciones geométricas que se llevarán a cabo en la autopista para su beneficio.
- Ampliar los carriles de cobro en las casetas, generando carriles especiales para los vehículos de carga, así como promover con mayor publicidad el uso de la tarjeta IAVE principalmente con las empresas de autotransporte de carga, con el fin de reducir el tiempo que se pierde en las casetas de cobro y no fomentar ansiedad al usuario, con esta medida se puede reducir la velocidad y aumentar la seguridad.
- Generar un programa de mantenimiento intensivo y permanente para la autopista, con el fin de evitar los accidentes por causa del camino.

CAPÍTULO II.- ALTERNATIVAS DEL PROYECTO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA.

II.1 Alternativas del Proyecto.

Una rampa para frenado de emergencia es una franja auxiliar conectada al arroyo vial especialmente acondicionada para disipar la energía cinética de los vehículos que queden fuera de control por fallas mecánicas principalmente en su sistema de frenos, desacelerándolos en forma controlada y segura, mediante el uso de materiales granulares sueltos y aprovechando en su caso, la acción de la gravedad. Las rampas de frenado se calcularán en función de la velocidad, de la gravedad del vehículo y de los materiales de la cama que servirá de amortiguador para el frenado del mismo.

Una rampa de frenado se debe ubicar en un tramo de Autopista, cuando se presenten los siguientes indicadores: Que se presenten tramos con una pendiente sostenida superior al 5% en longitudes mayores a los 3 kilómetros así como la participación permanente de vehículos pesados, en el tránsito de la vialidad. Que se presenten fallas en los vehículos con cierta frecuencia, por el concepto de "Frenos Humeantes" que ocurre debido a las malas condiciones en el sistema de frenos de un vehículo al ser constantemente utilizados. Que se presenten accidentes causados por impactos contra los taludes en zonas de corte, en tangentes, en salidas del camino de los vehículos, en alcance de los vehículos o en cualquier otro tipo de accidente cuya causa principal sea la falla en el sistema de frenos.

A continuación se presenta la Tabla 41 en donde se comparan las seis rampas presentando su ubicación, el grado de curvatura (Gc), el Radio, la Velocidad promedio obtenida de los estudios de velocidad de punto, la pendiente que se presenta en cada una de ellas así como el número de accidentes ocurridos en esos puntos, durante dos años seguidos.

ALTERNATIVA	KILOMETRO (KM)	RADIO (r)	GRADO DE CURVATURA (Gc)	VELOCIDAD PROMEDIO (v)	PENDIENTE (%)	NO. DE ACCIDENTES	
						2009	2010
1	56+600	52.51	21.82°	83.6	5.47	4	2
2	58+100	161.14	7.11°	83.6	4.73	27	8
3	60+000	182,49	6.28°	83.6	3.93	5	7
4	61+000	312.77	3.66°	83.6	5.26	1	0
5	62+000	207.47	5.52°	83.6	4.33	18	18
6	64+000	207.47	2.20°	83.6	3.55	10	11

Tabla 41.- Análisis de las seis propuestas de rampas de acceso.

Como resultado de los estudios realizados, se han analizado seis alternativas de ubicación de rampas de emergencias desde el km 56+600 hasta el km 65+000, buscando encontrar las partes en tangente para poder realizar su trazo en el ancho de vía que le corresponde a la autopista para no invadir los predios ajenos a la vialidad. Después de analizar detalladamente cada una de las alternativas propuestas, se identificó que la alternativa uno que corresponde al km. 56+600, presenta un radio de curvatura muy grande indicándonos una curva en la autopista muy cerrada por lo que la colocación de la rampa en ese punto podría generar el volteo de los vehículos cargados y sin frenos debido a la acción de la fuerza de inercia.

Las alternativas tres y cuatro, invaden por mucho los predios que se encuentran fuera del derecho de vía, lo que representaría un costo elevado y un retraso considerable en la ejecución de los proyectos y la construcción de la rampa hasta que se resuelva legalmente la invasión del predio ya que además hay que tomar en cuenta que es una Reserva Ecológica. De manera que de las tres alternativas restantes, se han encontrado dos espacios que cumplen con las características de seguridad y funcionalidad pero que además según las estadísticas de accidentes en esta zona es donde más se han presentado éstos, ubicándose estas rampas en el kilómetro 58 + 000 y en el kilómetro 62 + 000 respectivamente quedando la alternativa del kilómetro 64+000 como una alternativa viable pero que se podría utilizar a futuro.



Figura 9.- Ubicación en plano de las seis rampas de emergencia.



Figura 10.-Ubicación fotográfica de las seis rampas de emergencia.



KILOMETRO (km)	RADIO (r)	GRADO DE CURVATURA (Gc)	VELOCIDAD PROMEDIO (v)	PENDIENTE (m)	No. DE ACCIDENTES	
					2009	2010
56+600	52.51	21.82°	83.6	5%	4	2

Figura 11.- Alternativa 1 de rampa de emergencia.



KILOMETRO (km)	RADIO (r)	GRADO DE CURVATURA (Gc)	VELOCIDAD PROMEDIO (v)	PENDIENTE (m)	NO. DE ACCIDENTES	
					2009	2010
58+000	161.14	7.11°	83.6	5%	27	8

Figura 12.- Alternativa 2 de rampa de emergencia.



KILOMETRO (km)	RADIO (r)	GRADO DE CURVATURA (Gc)	VELOCIDAD PROMEDIO (v)	PENDIENTE (m)	NO. DE ACCIDENTES	
					2009	2010
60+000	182.49	6.28°	83.6	5%	5	7

Se compromete con derecho de vía

Figura 13.- Alternativa 3 de rampa de emergencia.



KILOMETRO (km)	RADIO (r)	GRADO DE CURVATURA (Gc)	VELOCIDAD PROMEDIO (v)	PENDIENTE (m)	No. DE ACCIDENTES	
					2009	2010
61+000	312.77	3.66°	83.6	5%	1	0

Se compromete con derecho de vía

Figura 14.- Alternativa 4 de rampa de emergencia.



KILOMETRO (km)	RADIO (r)	GRADO DE CURVATURA (Gc)	VELOCIDAD PROMEDIO (v)	PENDIENTE (m)	No. DE ACCIDENTES	
					2009	2010
62+000	207.47	5.52°	83.6	5%	18	18

Figura 15.- Alternativa 5 de rampa de emergencia.



KILOMETRO (km)	RADIO (r)	GRADO DE CURVATURA (Gc)	VELOCIDAD PROMEDIO (v)	PENDIENTE (m)	No. DE ACCIDENTES	
					2009	2010
64+000	207.47	2.20°	83.6	5%	10	11

Se compromete con derecho de vía

Figura 16.- Alternativa 6 de rampa de emergencia.

II.2 Evaluación Económica.

Desde el punto de vista funcional de la autopista México – Puebla en el tramo Km 56+600 al 65+000 del cuerpo “A”, se requiere como resultado de los estudios de Ingeniería de Transito, la construcción de una rampa de emergencia debido al gran número de accidentes que ocurren en ese lugar. Después de analizar las seis alternativas de las rampas de emergencia propuestas, se ha determinado que la alternativa del km 62+000 es la que mejor cumple con las características de seguridad y funcionalidad. La construcción de la rampa en el mejoramiento de esta vía se traducirá en beneficios al usuario al disminuir los accidentes y la evaluación económica nos determinará el ahorro en los costos de operación vehicular y en los tiempos de recorrido de los usuarios.

Aplicando el volumen del tránsito diario promedio anual registrado para la caseta de San Marcos ubicada en el kilómetro 32+900 de la autopista México- Puebla, más los costos de peaje de los automóviles que es de \$ 83.00, autobuses de pasajeros de \$158.00 y considerando un valor promedio para los camiones de carga de \$ 303.00, se obtuvo la tabla siguiente:

TDPA	LIGERO	\$	PASAJEROS	\$	CARGA	\$	INGRESO CASETA
29630	22305	83	2676	158	4758	303	3' 715 797

Tabla 42.- Ingreso Diario de la Caseta de San Marcos.

Considerando que el ingreso diario estimado de las casetas de peaje de San Marcos es de cerca de cuatro millones según información proporcionada por CAPUFE, el presupuesto a costo directo de la rampa de emergencia del kilómetro 62+000 es de aproximadamente de catorce millones de pesos y el presupuesto a costo directo de la rampa de emergencia del kilómetro 58+000 es de aproximadamente nueve millones de pesos y al sumar los costos de las dos rampas, se obtiene un total de 23 millones de pesos, lo que nos permite hacer la observación de que con el costo de aproximadamente seis días de captación de recursos únicamente en la Caseta de San Marcos, (3' 715, 797 x 6 días = 22'294,782 millones de pesos) se podrían construir las dos rampas de emergencia y el beneficio sería inmediato para los usuarios de la Autopista.

La conclusión de este estudio es la consideración de que la construcción de una rampa es técnicamente factible por que será construida dentro del ancho del derecho de vía con que todavía cuenta la autopista. Por esta razón no se tendría que invertir en la compra de terrenos a propietarios particulares o tramitar la donación de la parte afectada

del terreno al Parque Nacional Izta-Popo para poder realizarla. También se justifica debido al elevado índice de accidentes registrados en este km 62+000 por que existe una pendiente peligrosa en donde se pueden presentar fallas en el sistema de frenos principalmente en los vehículos pesados.

Por lo tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos, se demuestra plenamente que la construcción de la rampa de la autopista es factible para mejorar la capacidad de la vía y por lo tanto la seguridad de los usuarios, además de que se mejorara la operación, por lo que es conveniente invertir en la construcción de la rampa de emergencia para obtener una autopista segura, cómoda y económica para los usuarios, que no invertir buscando ahorros que a la larga repercuten en los altos costos de operación de la autopista.

El beneficio de llevar a cabo la obra es importante para el país por los ahorros que se generan en el transporte y en las horas hombre del usuario de la autopista, al incrementar su seguridad vial y al disminuir las demoras que provocan los accidentes viales.

CAPÍTULO III.-PROYECTOS A REALIZAR

III.1.-Proyecto Geométrico.

Conceptos Básicos.

La rampa de emergencia tiene su origen en la observación de la reacción permanente de los conductores frente a la falla en su sistema de frenos. Obviamente, los operadores de camiones que experimentaban este problema sintieron que era preferible realizar una maniobra controlada para salirse de la autopista, a perder totalmente el control. La literatura menciona que antes de diseñarse y desarrollarse este tipo de dispositivos de seguridad, los conductores de los vehículos en descenso y fuera de control se impactaban contra montículos de arena o grava que se encontraban adyacentes a la autopista, para fines de mantenimiento de los mismos; en otros casos, se salían del camino en dirección a las lomas ascendentes o hacia caminos laterales para atenuar la velocidad del vehículo; también utilizaban el talud del corte para generar mayor fricción y disminuir la velocidad, con el objetivo de frenar al vehículo fuera de control sin causar el mayor daño que se pudiera dar.

Cuando circulan los vehículos pesados por pendientes fuertes longitudinales, las cuales son muy frecuentes en nuestros caminos, se generan condiciones inseguras, principalmente a que estos vehículos están expuestos a constantes cambios de velocidad y a la utilización permanente de los frenos, así como a la acción retardante de los motores al llevarlos embragados o enganchados constantemente a velocidades bajas; esta última medida no es siempre suficiente para mantener a los vehículos bajo control.

Lo anterior se ha traducido en accidentes que ocasionan la pérdida de vidas humanas e impactan en la economía.

En la Figura 17, se observan las fuerzas que actúan en cada vehículo y que afectan la velocidad de éstos e incluyen al motor, frenos y la sumatoria de fuerzas que actúan directamente sobre el móvil. La fuerza del motor y de los frenos pueden ser ignoradas en el diseño de la rampa, puesto que éstas deberán ser diseñadas considerando el caso más desfavorable, el cual es que los vehículos estén completamente fuera de control y que el sistema de frenos haya fallado por completo.

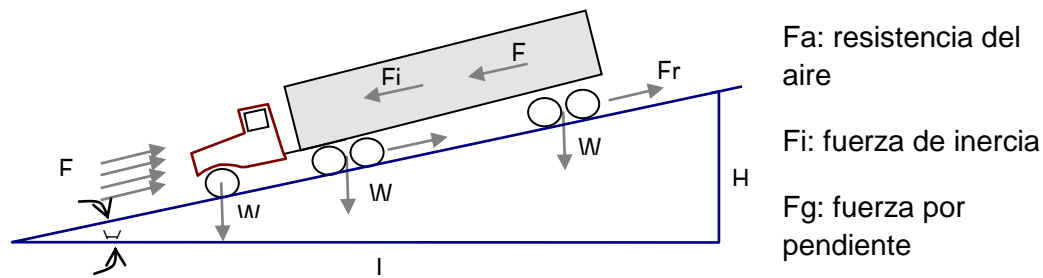


Figura 17.- Fuerzas que actúan sobre un vehículo.

Ahora bien, las fuerzas que actúan sobre el vehículo son :la fuerza de la inercia (F_i), la presión del aire (F_a), la resistencia al rodado de las llantas (F_r), la pendiente del camino y la fuerza de gravedad del vehículo.

La fuerza de inercia es una fuerza que se resiste al movimiento del vehículo o lo mantiene, a menos que sobre el vehículo actúe una fuerza externa. La inercia podría ser superada por un incremento o una disminución de la velocidad del vehículo. La resistencia al rodado y la pendiente ascendente pueden romper la inercia de un vehículo. La resistencia al rodado es la resistencia al movimiento generado por el área de contacto entre los neumáticos de los vehículos y la superficie de rodamiento. Esta resistencia es aplicable solamente cuando el vehículo está en movimiento y su influencia depende del tipo de superficie. La pendiente se debe al efecto de la gravedad, pudiendo ser ésta

positiva (ascendente) o negativa (descendente) y se expresa como la fuerza requerida para mover un vehículo a través de una distancia vertical. La resistencia del aire es una fuerza negativa que retarda el movimiento al estar ésta en contacto con muchas superficies del vehículo. El aire causa una significativa resistencia para velocidades superiores a 80 km/h y es irrelevante a 30 km/h. El efecto de la resistencia del aire ha sido despreciable en el cálculo de la longitud de una rampa de emergencia, debido a que introduce un pequeño factor de seguridad en su diseño.

Una rampa de emergencia para frenado, es una franja auxiliar conectada al arroyo vial especialmente acondicionada para disipar la energía cinética de los vehículos que queden fuera de control por fallas mecánicas, principalmente en sus sistemas de frenos, desacelerándolos en forma controlada y segura, mediante el uso de materiales granulares sueltos y aprovechando, en su caso, la acción de la gravedad. Como se muestra en la figura 18, la rampa de emergencia para frenado consta de: camino de acceso, cama de frenado y camino de servicio.

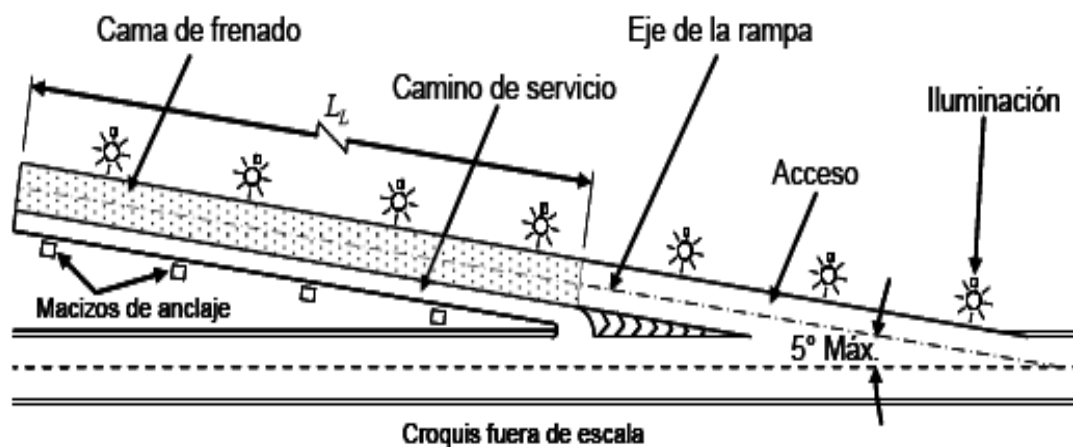


Figura 18.- Elementos que componen una Rampa de emergencia.

En la figura 19, se presentan los diferentes tipos de rampas de emergencia:

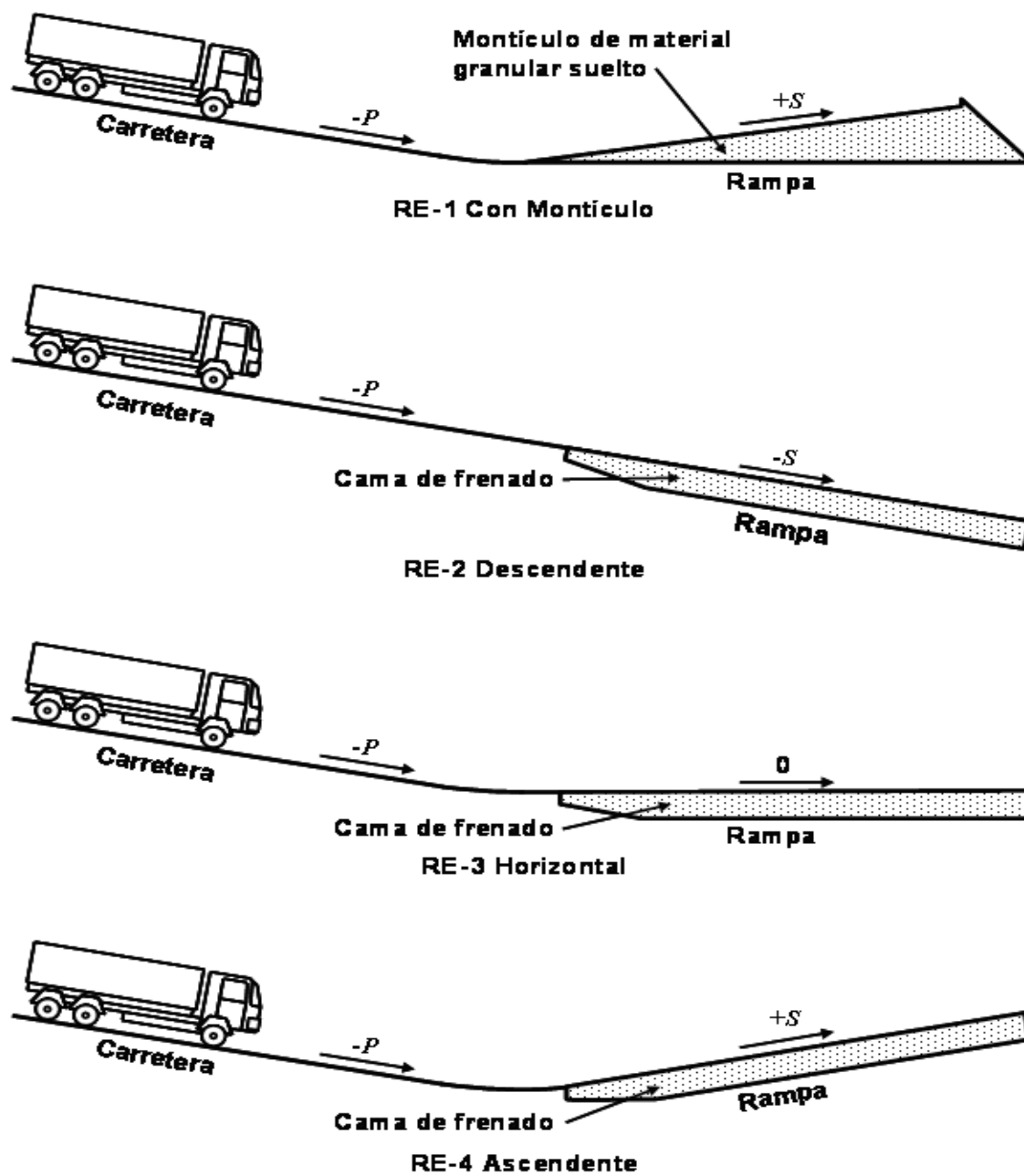


Figura 19.- Tipos de Rampas de Emergencia para frenado (Re).

Rampas con montículo tipo RE-1, son las que tienen una cama de frenado formada por un montículo de material granular suelto y seco con pendiente ascendente y espesor creciente, que funciona como disipador de energía para disminuir y detener la carrera de los vehículos sin frenos por la resistencia a la rodadura de las llantas, la acción de la gravedad por la pendiente longitudinal ascendente del montículo y eventualmente por la fricción entre el material granular y algunas partes del vehículo. Sólo se debe utilizar este tipo de rampas cuando se tengan limitaciones de espacio y su conveniencia esté sustentada en un estudio técnico que la justifique en términos de la disipación de la energía del vehículo.

Rampas descendentes tipo RE-2, son las que tienen una cama de frenado de espesor uniforme con pendiente longitudinal descendente. La acción de detención se limita al aumento de la resistencia a la rodadura, y debido a que la acción de la gravedad tiene un efecto acelerador, estas rampas suelen ser las de mayor longitud dependiendo de la magnitud de su pendiente descendente, de las características del material granular y de la velocidad del vehículo para la que se diseñen.

Rampas horizontales tipo RE-3, son las que tienen cama de frenado horizontal de espesor uniforme, sin pendiente longitudinal. La detención se limita al aumento de la resistencia a la rodadura. Como el efecto de la gravedad en la detención es nulo, estas rampas suelen ser largas dependiendo de las características del material granular y de la velocidad del vehículo para la que se diseñen.

Rampas ascendentes tipo RE-4, son las que tienen una cama de frenado con espesor uniforme y pendiente longitudinal ascendente. Como en la detención se aprovecha la resistencia a la rodadura y la acción de la gravedad por la pendiente longitudinal ascendente, estas rampas suelen ser menos largas que las rampas descendentes y horizontales.

Determinar donde es necesaria una rampa de emergencia involucra una serie de consideraciones, sin embargo, de acuerdo a los textos analizados, no existe aún una definición clara de qué factores o combinación de éstos son los relevantes al momento de la toma de decisiones. Dentro de los factores que más comúnmente son considerados a la hora de proyectar una rampa de emergencia, y que deben ser evaluados por los proyectistas, son principalmente: las tasas de accidentes, ya que éstas generan preocupación en el ámbito local y requieren de acciones; el concepto de frenos humeantes, que tiene relación con la condición que presenta el sistema de frenos de un vehículo al ser constantemente utilizado y conlleva un análisis visual en la ruta; el volumen de tránsito y la participación de los vehículos pesados, el número de carriles en la pendiente, la presencia de curvas horizontales previas a la rampa que ocasionen que la mayoría de los vehículos pesados fuera de control se salgan del camino antes de llegar a una rampa.

El diseño de cada rampa de emergencia para frenado comprende la determinación de su ubicación, tipo y geometría; la selección de los materiales para su construcción y la definición de sus sistemas de drenaje, subdrenaje y señalamiento complementario, según su compatibilidad con la topografía y las características del lugar de su emplazamiento y se debe hacer de tal manera que se generen las condiciones necesarias para que los conductores de vehículos fuera de control conozcan su existencia, entiendan las maniobras que deban realizar, sientan la confianza suficiente para ingresar a las rampas en forma segura y no continúen por la ruta principal, tomando en cuenta que:

- La rampa debe ser claramente visible para evitar la percepción de discontinuidades que desalienten la entrada a las mismas.
- El acceso a la rampa debe ser amplio y suficiente para alojar la cama de frenado y el camino de servicio, con suficiente espacio adicional para poder realizar los trabajos de conservación del área.
- El ángulo de entrada a cada rampa respecto al eje de la carretera, debe ser de cinco grados como máximo, con el fin de asegurar la estabilidad del vehículo durante la

maniobra de ingreso a la rampa y su alineamiento horizontal debe ser recto, de manera que los vehículos que ingresen lo hagan de una forma segura, como se ilustra en la figura 21.

- Cada rampa debe contar con un camino de servicio paralelo, que permita ejecutar su mantenimiento y remover los vehículos que ingresen a ella.
- Los caminos de servicio se deben complementar con macizos de anclaje, de concreto hidráulico, distribuidos convenientemente para que sirvan de apoyo en las maniobras de rescate de los vehículos.
- El pavimento de la carretera se debe extender por el acceso hasta el sitio donde inicie la cama de frenado de cada rampa, con el fin de que los vehículos puedan entrar de manera directa.
- Nunca debe olvidarse que el diseño de las rampas está orientado a salvar vidas y que la persona que conduce un vehículo que está completamente fuera de control, no se encuentra en condiciones de tomar decisiones o realizar acciones complejas.

Es por esto que al diseñar la rampa de emergencia, incluyendo su señalización, el proyectista debe generar las condiciones necesarias para que el conductor de un vehículo con alguna falla en su sistema de frenos conozca de la existencia de la rampa, entienda las maniobras que debe realizar y sienta la confianza suficiente de ingresar a ésta en forma segura y no continuar por el camino principal.

Las condiciones mínimas que se deben cumplir en el diseño de una rampa de emergencia son: contar con un acceso amplio, tener una buena visibilidad de toda la rampa la mayor cantidad de tiempo posible (si el conductor percibe discontinuidades, aunque éstas no existan, no entrará en ésta), tener una longitud suficiente, colocar los materiales adecuados y contar con una pista auxiliar para remover vehículos y permitir su mantenimiento. Otro elemento que favorece la seguridad de las rampas de emergencia es la iluminación nocturna.

La velocidad de entrada a una rampa de emergencia para frenado puede determinarse mediante la siguiente expresión, con un límite máximo de 140 kilómetros por hora:

$$V_e = \left(V_p^2 - 254 \sum_{i=1}^n L_{p_i} (R + P_i) \right)^{1/2}$$

En donde:

- V_e = Velocidad de entrada a la rampa, en kilómetros por hora.
- V_p = Velocidad de operación medida o estimada de la carretera, en el sitio donde inicie el tramo con pendientes descendentes continuas o en el sitio de entrada a una rampa cuando se proyecte otra subsecuente, en kilómetros por hora.
- n = Número de subtramos con pendientes descendentes diferentes, que integran el tramo para el que se proyecta la rampa (adimensional).
- L_{p_i} = Longitud del subtramo i con pendiente descendente P_i , en metros.
- R = Resistencia a la rodadura de la superficie del pavimento, 0,010 cuando la carpeta sea de concreto hidráulico o 0,012 cuando sea asfáltica (adimensional, expresada en términos de pendiente equivalente).
- P_i = Pendiente descendente (negativa) del subtramo i de longitud L_{p_i} , en metro/metro, (adimensional).

La geometría de la rampa de emergencia para frenado se debe determinar considerando lo siguiente:

El ancho de la rampa de emergencia para frenado debe ser el adecuado para permitir el libre ingreso de los vehículos y para facilitar las maniobras para removerlos. Debe comprender el ancho de la cama de frenado, que podrá ser de diez a doce metros, así como el ancho del camino de servicio, que será de tres a cinco metros.

La longitud de una rampa de emergencia para frenado, desde la orilla de la corona de la carretera hasta el término de la rampa, debe comprender la longitud del acceso pavimentado, que debe ser la necesaria para alojar la curva vertical que permita pasar de la pendiente de la carretera a la pendiente inicial de la cama de frenado y la longitud de esta última, que debe ser la necesaria para detener completamente a los vehículos, calculada de acuerdo con lo que se indica a continuación:

Para la determinación de la longitud efectiva de la cama de frenado, si su pendiente es uniforme, se debe aplicar la siguiente expresión:

$$L_e = \frac{V_e^2}{254(R + S)}$$

En donde:

L_e = Longitud efectiva de la cama de frenado, en metros.

V_e = Velocidad de entrada a la rampa, calculada en kilómetros por hora.

R = Resistencia a la rodadura del material con que se formará la cama de frenado, de acuerdo con la Tabla 43 (adimensional, expresada en términos de pendiente equivalente). En el análisis de las rampas RE-1, a partir de los sesenta centímetros de espesor del montículo, la resistencia, se incrementará en seis décimos (0,6) para considerar el efecto de la fricción entre el material de la

cama y el chasis del vehículo.

S_l = Pendiente de la cama de frenado, positiva si es ascendente o negativa si es descendente, (adimensional).

Material de la cama de frenado	Resistencia a la rodadura R
Grava triturada suelta	0,050
Grava de río suelta	0,100
Arena suelta	0,150
Gravilla uniforme suelta	0,250

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (AASHTO, 2001)

Tabla 43.- Valores de Resistencia a la Rodadura R . en diferentes materiales.

Para determinar la longitud efectiva de la cama de frenado, si su pendiente es variable, se debe obtener la velocidad del vehículo en cada cambio de pendiente, hasta una longitud suficiente para detener el vehículo fuera de control. La velocidad final al término de la primera pendiente debe ser calculada y utilizada como la velocidad inicial en la segunda pendiente y así sucesivamente hasta que la velocidad final resulte igual a cero, mediante las siguientes expresiones:

$$VF_j^2 = VI_j^2 - 254 L_j (R \pm S_j)^{1/2}$$

$$Le = \sum_{j=1}^k L_j$$

En donde:

VF_j = Velocidad final al término del subtramo j que se analiza de la cama de frenado, en kilómetros por hora.

- VI_j = Velocidad inicial en el subtramo j que se analiza de la cama de frenado, que corresponde, para el primer subtramo, a la velocidad de entrada (Ve) calculada como se indica anteriormente y para los subtramos subsecuentes, a la velocidad final calculada para el subtramo $j-1$ (VF_{j-1}) inmediato anterior, en kilómetros por hora.
- L_j = Longitud efectiva del subtramo j que se analiza de la cama de frenado, en metros.
- R = Resistencia a la rodadura del material con que se formará la cama de frenado, de acuerdo con la Tabla 43. En el análisis de las rampas RE-1, a partir de los sesenta centímetros de espesor del montículo, la resistencia indicada en dicha Tabla se incrementará en seis décimos (0,6) para considerar el efecto de la fricción entre el material de la cama y el chasis del vehículo.
- S_j = Pendiente del subtramo j que se analiza de la cama de frenado, positiva si es ascendente o negativa si es descendente, en metro/metro (adimensional)
- Le = Longitud efectiva de la cama de frenado, en metros.
- k = Número de subtramos de la cama de frenado, con pendientes diferentes (adimensional).

La longitud total de la cama de frenado, (L_L) debe ser veinticinco por ciento mayor que su longitud efectiva (Le) calculada.

La cama de frenado para rampas descendentes (RE-2), horizontales (RE-3) y ascendentes (RE-4), debe tener un espesor de sesenta centímetros a un metro y debe estar colocada a volteo en una caja en la terracería de la rampa, con taludes de dos tercios a uno y con una profundidad igual que el espesor de la cama. Para evitar desaceleraciones excesivas en el vehículo, la cama se debe construir con un espesor de

cuando menos diez centímetros en el punto de entrada, que aumentará uniformemente hasta alcanzar su espesor de diseño, como se muestra en la figura 20. Cuando la cama de frenado se construya con grava triturada, el espesor de diseño debe ser de un metro como mínimo.

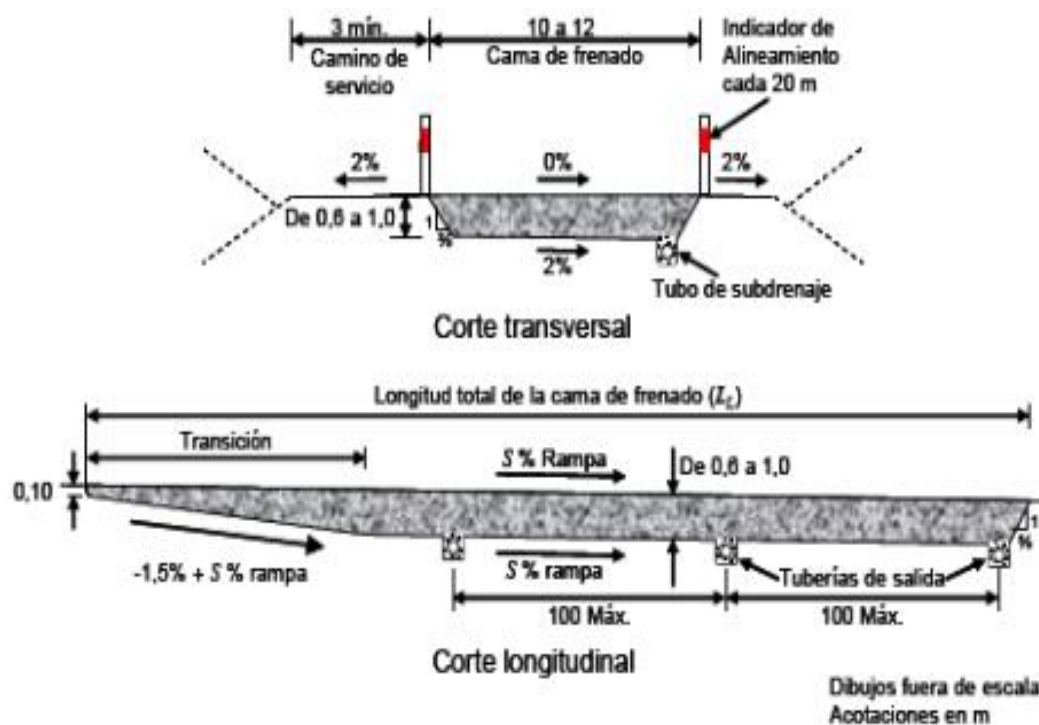


Figura 20.- Disposición en corte de la Cama de Frenado de Rampas de Emergencia para frenado para tipos Re-2, Re-3 y Re-4.

El acceso de la rampa de emergencia para frenado, desde la orilla de la corona de la carretera hasta el inicio de la cama de frenado se debe pavimentar igual que los acotamientos de la carretera. El camino de servicio se puede pavimentar de la misma forma o mediante un tratamiento superficial que permita la operación segura y eficiente

de los equipos para el rescate de los vehículos averiados y para el mantenimiento de la cama de frenado, según se establezca en el proyecto ejecutivo.

Los materiales para formar la cama de frenado deben ser friccionantes, de difícil compactación y deben estar limpios de partículas contaminantes. Pueden ser grava triturada, grava de río, arena o gravilla uniforme, que cumplan con los requisitos de calidad indicados en la Tabla 44.

Granulometría				
Malla		Porcentaje que pasa		
Abertura (mm)	Designación	Grava	Gravilla	Arena
37,5	1½"	100	--	--
25	1"	95 mín	--	--
12,5	½"	35 máx	100	--
9,5	¾"	--	95 mín	100
6,3	¼"	--	--	95 mín
4,75	Nº 4	5 máx	5 máx	--
2	Nº 10	--	--	5 máx
0,075	Nº200	2 máx	2 máx	2 máx
Característica		Valor		
Porcentaje máximo de desgaste por abrasión, usando la máquina de <i>Los Ángeles</i>		30	30	30
Porcentaje máximo de partículas alargadas y lajeadas		25	25	25

Tabla 44.- Requisitos de los materiales que forman la Cama de Frenado.

El sistema de drenaje y subdrenaje de la rampa de emergencia para frenado se debe diseñar con el propósito de captar el agua de lluvia, los escurrimientos superficiales

y principalmente, el agua que se infiltre en la cama de frenado, para desalojarla oportunamente, a fin de evitar la acumulación de partículas en suspensión que llenen los huecos del material de la cama y su posible densificación o compactación, así como el eventual congelamiento del agua, que anule la eficacia de la cama, considerando que:

La rampa de emergencia para frenado descendentes tipo RE-2, horizontales tipo RE-3 y ascendentes tipo RE-4, se deben diseñar con una pendiente transversal del dos por ciento como mínimo en el fondo de la caja que alojará la cama de frenado, para interceptar y recolectar el agua que se infiltre. En el lado más bajo de la caja que alojará la cama de frenado se debe diseñar un subdren con una pendiente longitudinal mínima de 1.5 por ciento.

El subdren debe consistir en tubos perforados de concreto o de policloruro de vinilo (PVC), con diámetro interno (ϕ_i) mínimo de 15 centímetros, dentro de una zanja con las dimensiones que se muestran en la figura 5 y sobre una cama de 15 centímetros de espesor como mínimo, formada con el material de filtro que se utilice para el relleno de la zanja. Los tubos y el material de filtro deben cumplir con los requisitos de calidad que se establezcan en el proyecto ejecutivo.

Para facilitar el rescate de los vehículos detenidos se diseñará el camino de servicio de la rampa para frenado de emergencia y en su caso, los macizos de anclaje que permitan el apoyo adecuado de las grúas de rescate u otros equipos de servicio, de manera que, en conjunto, formen un sistema integral y que los conductores de los vehículos fuera de control no los confundan con la cama de frenado, particularmente durante condiciones de conducción nocturna, considerando que:

Los macizos de anclaje deben ser de concreto hidráulico, con las dimensiones y la resistencia que permitan el anclaje o apoyo firme de los equipos de rescate y deben

estar alojados en el lado del camino de servicio opuesto a la cama de frenado, separados entre sí, en forma equidistante, a no menos de cincuenta metros ni más de cien metros. El primero se debe ubicar lo más próximo posible del sitio donde inicie la cama de frenado, para facilitar el rescate de los vehículos que sólo hayan entrado una corta distancia en ella.

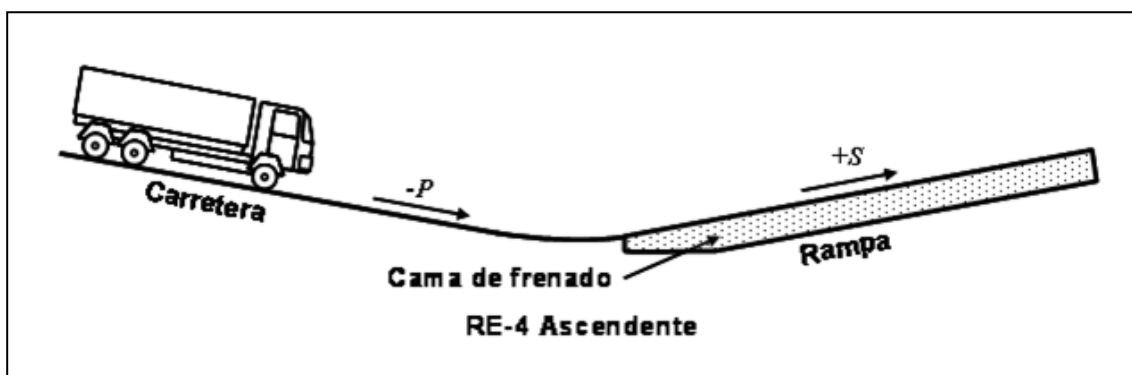
El señalamiento horizontal de rampa de emergencia para frenado se debe hacer mediante marcas especiales pintadas o colocadas en el pavimento, tanto en tangentes como en curvas, denominadas rayas para frenado de emergencia, de quince centímetros de ancho y color rojo. En la entrada a la rampa y diferenciando claramente su camino de servicio para evitar que los vehículos fuera de control entren en él, se deben utilizar rayas canalizadoras conforme a lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2003, Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas.

El mantenimiento de la cama de frenado es esencial para el funcionamiento adecuado de la rampa de emergencia y requiere de un equipo adecuado que asegure que la rampa esté de vuelta en funcionamiento en un período mínimo de tiempo, es por esto que el uso de herramientas manuales no es aceptado ya que con esto también se asegura que los trabajadores que realizan estas tareas, no estén expuestos a la posibilidad de que un vehículo fuera de control necesite utilizar la rampa.

Para evitar su compactación, las rampas deben ser limpiadas de contaminantes, escarificadas y graduadas a intervalos periódicos, incluso si no han sido utilizadas para mantener las características de contención del material del lecho de frenado y el buen drenaje del mismo.

Memoria de Cálculo para determinar la longitud del lecho de frenado para la rampa de emergencia del kilómetro 62+000.

De acuerdo a las condiciones topográficas y aplicando la norma oficial mexicana NOM-036-SCT2-2009, la rampa que mejor se adapta es la del tipo cama de frenado RE-4 Ascendente.



Para calcular la velocidad de entrada V_e utilizamos la fórmula:

$$V_e = [V_p^2 - 254 \sum L_{pi} (R + P)]^{1/2}$$

Con un límite máximo de 140 km/hr.

En donde:

V_e = Velocidad de entrada a la rampa, en kilómetros por hora.

V_p = Velocidad de operación medida o estimada de la carretera, en el sitio donde inicie el tramo con pendientes descendentes continuas o en el sitio de entrada a una rampa cuando se proyecte otra subsecuente, en kilómetros por hora.

Lp_i = Longitud del subtramo i con pendiente descendente P_i , en metros.

R = Resistencia a la rodadura de la superficie del pavimento, 0,010 cuando la carpeta sea de concreto hidráulico o 0,012 cuando sea asfáltica (adimensional), expresada en términos de pendiente equivalente.

P_i = Pendiente descendente (negativa) del subtramo i de longitud Lp_i (adimensional).

Datos:

$$V_p = 120 \text{ km/hr}$$

$$L_{p1} = 220 \text{ m}$$

$$R = 0.012$$

$$P_1 = -4.98\%$$

Realizando el cálculo obtenemos:

$$V_e = \sqrt{120^2 - 254 \times 220(0.012 - 0.049)}$$

$$V_e = 128 \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad \text{Velocidad de entrada a la rampa}$$

Ahora recurrimos a los datos y criterio establecido en la Norma Oficial Mexicana para realizar el cálculo de la longitud del lecho de frenado aplicando la Tabla 43:

En donde:

VF_j = Velocidad final al término del subtramo j que se analiza de la cama de frenado, en kilómetros por hora.

V_{ij} = Velocidad inicial en el subtramo j que se analiza de la cama de frenado, que corresponde, para el primer subtramo, a la velocidad de entrada (V_e) y para los subtramos subsecuentes, a la velocidad final calculada para el subtramo $j-1$ ($V_{F_{j-1}}$) inmediato anterior, en kilómetros por hora.

L_j = Longitud efectiva del subtramo j que se analiza de la cama de frenado, en metros.

R = Resistencia a la rodadura del material con que se formará la cama de frenado, de acuerdo con la Tabla 43 (adimensional, expresada en términos de pendiente equivalente). En el análisis de las rampas RE-1, a partir de los sesenta (60) centímetros de espesor del montículo, la resistencia se incrementará en seis décimos (0,6) para considerar el efecto de la fricción entre el material de la cama y el chasis del vehículo.

S_j = Pendiente del subtramo j que se analiza de la cama de frenado, positiva si es ascendente o negativa si es descendente, (adimensional).

L_e = longitud efectiva de la cama de frenado

K = Numero de subtramos de la cama de frenado con pendientes diferentes, (adimensional).

Aplicamos la fórmula para conocer la velocidad final al término del primer subtramo del lecho de frenado:

Datos:

$V_{11} = 128 \text{ km/hr}$

$L_1 = 60 \text{ m}$

$R = 0.25$

$S_1 = 0.9\%$

$$vf^2 = 128^2 - 254 \times 60(0.25 + 0.009)$$

$$vf = 112 \text{ km/hr}$$

Ahora esta velocidad la utilizamos como velocidad inicial para el segundo subtramo, donde también calculamos la longitud de ese subtramo para la cual $vf = 0$

$$S2 = 2 \%$$

$$0 = 112^2 - 254 \times L \times (0.25 + 0.02)$$

Donde $L = 183 \text{ m}$.

Por lo que la longitud total del lecho de frenado es:

$$Ll = 183 \text{ m}$$

La longitud total de la cama de frenado, (L_L) debe ser veinticinco (25) por ciento mayor que su longitud efectiva Le , en donde aplicando este factor de 1.25 a Ll obtenemos:

$$LT = 229 \text{ m}$$

Que es finalmente la longitud total de la Cama de Frenado a utilizar en este tramo.

En el plano MITT-05, denominado PLANTA GEOMÉTRICA, se ubica la planta geométrica de la propuesta de la rampa de emergencia para el kilómetro 62+000 indicando la zona de transición de la Autopista hacia la cama de frenado, la cama de frenado, el ancho de la rampa incluyendo el carril de servicio, así como la franja de pintura roja que es la guía del automóvil hacia la rampa y los datos topográficos de las dos curvas que se presentan en ese tramo.

En el plano MITT-06, denominado PERFIL DE TERRENO Y DE PROYECTO, se muestra el Perfil Longitudinal tanto del Terreno, como del Proyecto observándose la pendiente del 4.98% en 280 metros, la transición en zona horizontal con 0% de pendiente en 60 metros y la Rampa de Emergencia con una pendiente positiva de 2.59%

en una distancia de 233.20 metros. También se muestran las ordenadas de la Curva Masa, los volúmenes de Corte y Terraplén y las elevaciones del terreno y de la subrasante.

Los planos siguientes muestran las secciones de construcción en cadenamamiento a cada veinte metros en donde se observa claramente las áreas de Corte y las áreas de Terraplén de la rampa del km. 62+000.

MITT-07a (SECCIONES TRANSVERSALES DEL KM 0+000 AL KM. 0+120).

MITT-07b (SECCIONES TRANSVERSALES DEL KM.0+140AL KM. 0+220).

MITT-07c (SECCIONES TRANSVERSALES DEL KM. 0+240AL KM. 0+300).

MITT-07d (SECCIONES TRANSVERSALES DEL KM. 0+320AL KM. 0+420).

MITT-07e (SECCIONES TRANSVERSALES DEL KM. 0+440 AL KM. 0+500).

MITT-07f (SECCIONES TRANSVERSALES DEL KM. 0+520 AL KM. 0+573.20).

III.2.-Proyecto de Obras Inducidas y Afectaciones.

En el plano MITT-08, denominado PLANTA DE AFECTACIONES, se ubican las afectaciones que se realizarán en el derecho de vía, así como las afectaciones de 937.88 m² por Corte y de 1,401.19 m² por Terraplén.

En el plano MITT-09, denominado PLANO DE OBRAS INDUCIDAS, se ubican las cunetas, lavaderos, canaletas así como las cajas de entrada y de salida del agua para poder drenar adecuadamente la rampa.

En el plano MITT-10, denominado PLANTA Y PERFIL DE MURO DE TIERRA ARMADA, se muestra la ubicación del muro de tierra armada así como su perfil que va desde un metro hasta aproximadamente 15 metros de altura.

III.3.-Proyecto de Señalamiento Vertical y Horizontal.

En el plano MITT-11, denominado PLANO DE PROTECCIÓN DE OBRA DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO, se ubica la señalización preventiva de trabajos de obra, señales informativas, señales restrictivas, ubicación de trafitambos, iluminación preventiva, etc. para evitar al máximo los accidentes iniciando la colocación de señales desde 1.7 km. antes de la zona de afectación de la obra y hasta la curva posterior a la ubicación de la rampa.

En el plano MITT-12, denominado PLANTA DE SEÑALAMIENTO, se indica todo el señalamiento vertical que se debe colocar desde señales informativas de recomendación, señales restrictivas, señales de información general, señales de destino hasta las señales horizontales como son las franjas de pintura roja para canalizar los vehículos sin frenos hacia las rampas y las franjas blancas sobre la vialidad para delimitar los carriles de la Autopista.

III.4.-Proyecto de Alumbrado Vial.

En el plano MITT-13, denominado PLANTA DE ALUMBRADO, se indica la colocación y el tipo de lámparas a utilizar a cada veinte metros desde la vialidad antes de entrar a la zona de transición hasta el final de la cama de frenado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1.- Debido a que existe una pendiente muy prolongada y sinuosa en un tramo de la Autopista México-Puebla de aproximadamente nueve kilómetros, con una gobernadora del 5 % en donde frecuentemente ocurren fallas en el sistema de frenos principalmente en vehículos pesados, que son causa de un elevado índice de accidentes, es necesaria la construcción de dos rampas de emergencia en lugares estratégicos dentro de ese tramo carretero.

2.- Estas rampas son técnicamente factibles ya que en el ancho del derecho de vía de la Autopista, pueden ser alojadas perfectamente al clasificarlas dentro del tipo RE-4 con camas de frenado en contrapendiente.

3.- Con la construcción de estas rampas de emergencia, el usuario de la autopista tendrá mayor seguridad vial y confianza durante su trayecto por este tramo carretero ya que en caso de una falla mecánica que presente su automóvil, al hacer uso de una rampa de frenado, tendrá una protección adicional para salvar su vida.

4.- Como parte del mejoramiento vial de esta autopista, la construcción de estas rampas generará beneficios al usuario ya que al disminuir las pérdidas económicas producidas por los accidentes, se reflejará el ahorro en los costos de operación vehicular.

5.- La construcción de estas rampas, mejorará la capacidad de la vía e incrementará la seguridad de los usuarios, por lo que es conveniente realizar una inversión a mediano plazo para obtener una autopista segura, cómoda y económica, que no invertir buscando ahorros que a la larga repercuten en los altos costos de operación de la autopista.

6.- Es muy importante colocar el señalamiento en lugares estratégicos para indicarle al conductor, de manera clara y precisa la existencia de la rampa transmitiéndole confianza para que pueda controlar su vehículo adecuadamente.

7.- Es necesario establecer programas de mantenimiento y conservación de esos tramos para tener en óptimas condiciones tanto la carpeta asfáltica como las cunetas, contracunetas, sistemas de drenaje, barreras metálicas de protección en las curvas, pintura en la carpeta delimitando la vialidad, el señalamiento tanto vertical como horizontal muy clara y precisa, alumbrado eficiente así como la línea roja que marca la guía para desembocar en las rampas de emergencia.

8.- Se deben distribuir en las casetas de cobro de la autopista, trípticos claros, sencillos e ilustrativos dirigidos principalmente a los conductores de los vehículos pesados que transitan en ella con toda la información necesaria para que conozcan la existencia y ubicación de las rampas, asimismo para que sepan que hacer en caso de que su unidad presente una falla mecánica y se puedan dirigir asegurando la estabilidad y el control del mismo durante la maniobra con la confianza suficiente para ingresar a la rampa de frenado correspondiente.

9.- Los estudios y proyectos realizados para este tramo de la autopista, nos permitirán establecer una metodología para diseñar rampas de emergencia en tramos de autopistas similares que presenten pendientes sostenidas y sinuosas.

10.- Por lo anteriormente expuesto concluimos que los Estudios y Proyectos para construir las rampas de emergencia en el tramo ubicado entre los kilómetros 56+000 al 65+000, de la Autopista México-Puebla sobre el cuerpo "A" en el sentido hacia Puebla, serán de gran ayuda para disminuir los accidentes en esta zona ocurridos en los últimos años y para aumentar el nivel de servicio de la autopista ya que con esto se incrementará el nivel de seguridad y de confianza en los usuarios, asimismo permitirá la agilización de bienes, insumos y movimiento de pasajeros que circulan por ella contribuyendo positivamente a la economía de los estados involucrados que la usan a nivel nacional y permitirá además que continúe el progreso de las comunidades que se encuentran en esta región.

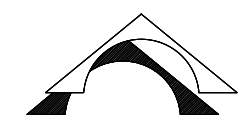
BIBLIOGRAFÍA

1. Flores-Mata, G., J. Jiménez L., X. Madrigal S., F. Moncayo A. y F. Takaki T., "Mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana", SARH. Dirección Agrología.1971.
2. García, E. " Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. Adaptación a las condiciones de la República Mexicana", edición UNAM.1988.
3. Instituto Mexicano del Transporte. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Elementos de Proyecto y costos de operación en Carreteras, Publicación Técnica núm. 20, Apéndice "B".
4. Instituto Mexicano del Transporte (IMT),Evaluación del funcionamiento de acuerdo a las características físicas y operativas actuales y elaboración del proyecto ejecutivo que corresponde a 16 rampas de emergencia ubicadas en las autopistas de la red FARAC de CAPUFE. México.
5. Instituto Mexicano del Transporte. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, "Catalogo de impactos ambientales generados por las carreteras y susmedidas de mitigación". IMT/SCT. Publicación Técnica no. 133. Sanfandila, Qro.1999.
6. INEGI. Cartografía de la Entidad " Estado de México", México.
7. INEGI, Censo Nacional de población y vivienda. 2000, 2003, 2006 y 2010.
8. Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), para señalamiento provisional durante la ejecución de los trabajos y para el señalamiento vertical y horizontal definitivo, México, 1986.
9. Martínez Soto A. y Sergio Damián Hernández, "Catálogo de impactos ambientales generados por las carreteras y sus medidas de mitigación". Instituto











Mexicano del Transporte. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Querétaro, Qro. 1999.

10. Norma oficial mexicana NOM-036-SCT 2-2009, Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), "Rampas de emergencia para frenado en carreteras, ", México, 2009.
11. Norma oficial mexicana NOM-034-SCT 2-2003, Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), "Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas", México, 2003.
12. Norma oficial mexicana N-PRY-CAR-10-04-001/05 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), "Ejecución de Proyectos de dispositivos de seguridad" México, 2005.
13. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Normativa para la infraestructura del transporte, México.
14. SEMARNAT. Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental. "Guía para elaborar la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad regional de proyectos de vías generales de comunicación", México.
15. Secretaría de Ecología. "Programa de ordenamiento ecológico del territorio del Estado de México". México, 1999.
16. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. NOM-059-ECOL-2001. "Especies sujetas a protección especial". México.
17. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Impacto de los caminos en el medio ambiente. Subsecretaría de Infraestructura. SCT. México, 1984.
18. SEMARNAT, Información oficial de las áreas nacionales protegidas, Parque Nacional Izta-Popo Zoquiapan. (última actualización, 26 de julio del 2010).

ANEXOS


CROQUIS
 DE
LOCALIZACION

SIMBOLOGIA

-  ACOTAMIENTO
-  LINEA SEPARADORA DE CARRILES
-  EJE DE PROYECTO
-  CUNETETA
-  CURVA DE NIVEL
-  V-1 VERTICES
-  BN-0-1 BANCO DE NIVEL
-  CERCA
-  CADENAMIENTO
-  COORDENADAS UTM

NOTAS GENERALES


 DELEGACION REGIONAL IV ZONA CENTRO - SUR
 SUBDELEGACION TECNICA

PROYECTO:
 ESTUDIO Y PROYECTO PARA RAMPA DE EMERGENCIA DEL
 KM 62+000 CUERPO "A" DE LA AUTOPISTA MEXICO - PUEBLA

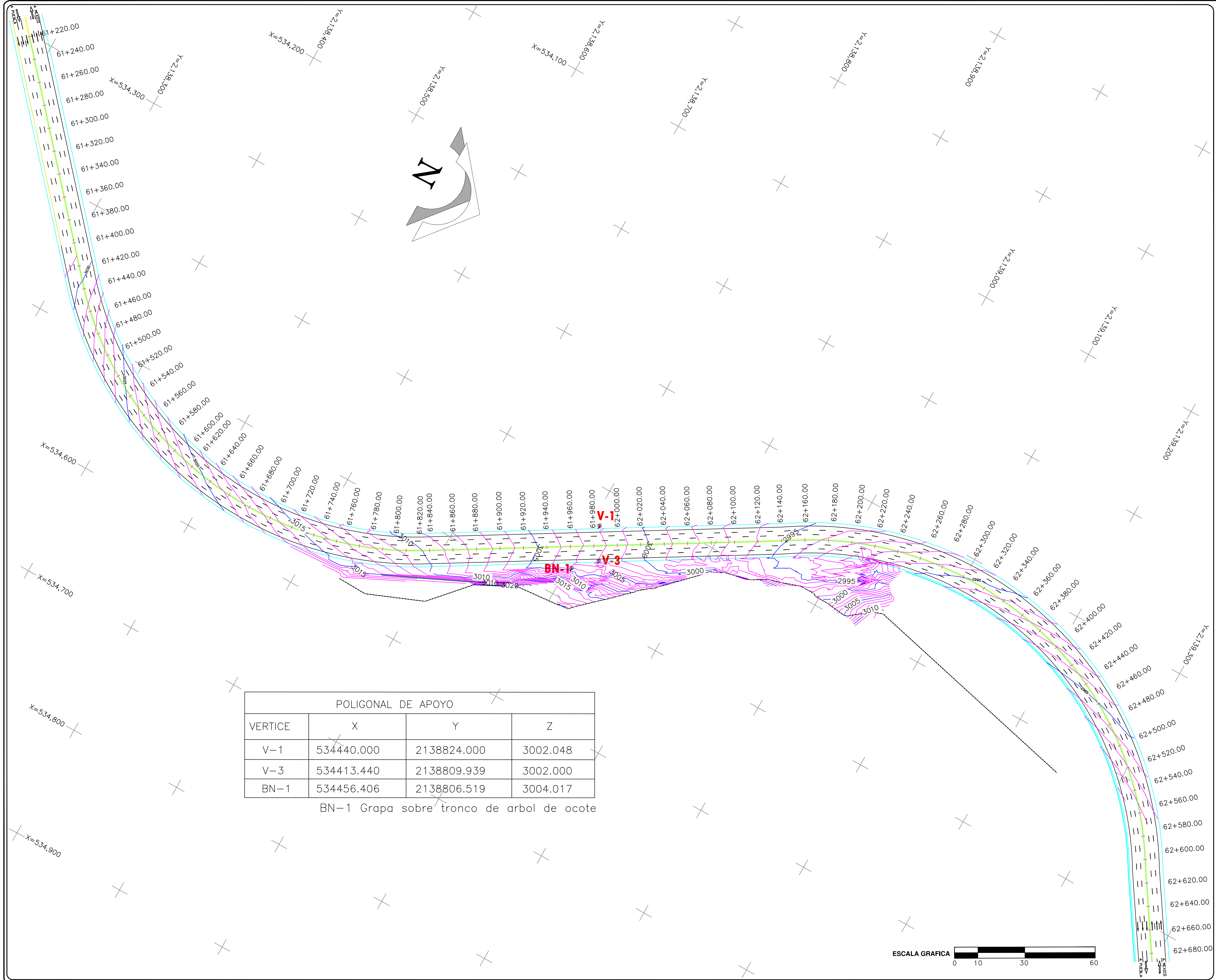
PLANO : PLANTA TOPOGRAFICA

REALIZO:
 PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ANPE S.A. DE C.V.

CARRETERA TRAMO: Km.62 + 000
 AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA ORIGEN: PUEBLA

PLANO MITT-01

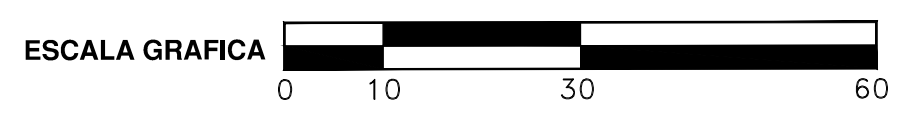
ESCALA GRAFICA 1:1000
 FECHA: JULIO 2012 CUERNAVACA MOR.

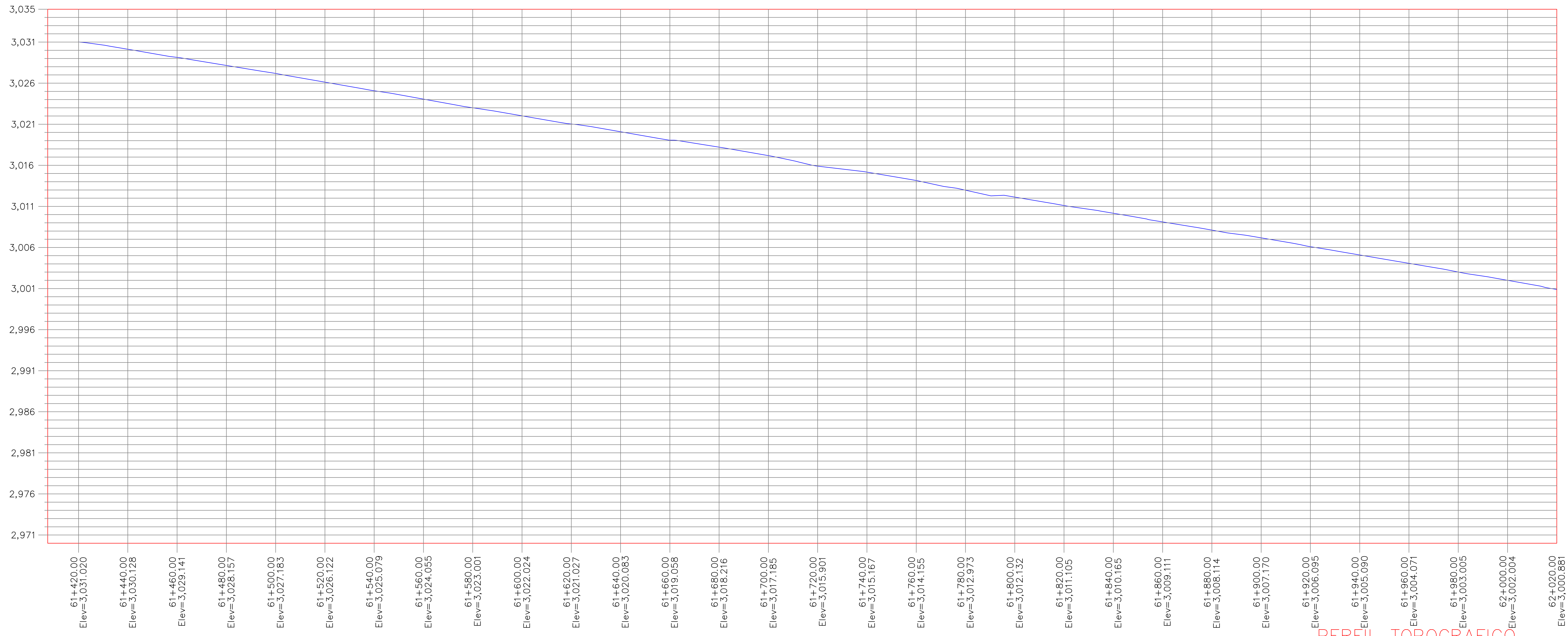


POLIGONAL DE APOYO


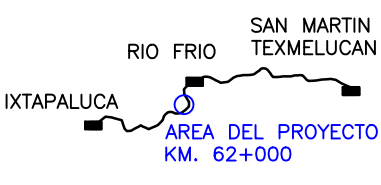


VERTICE	X	Y	Z
V-1	534440.000	2138824.000	3002.048
V-3	534413.440	2138809.939	3002.000
BN-1	534456.406	2138806.519	3004.017

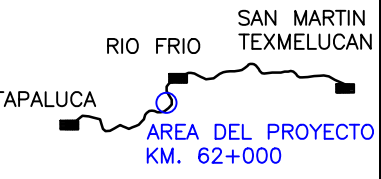
BN-1 Grapa sobre tronco de arbol de ocote





PERFIL TOPOGRAFICO
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 500
 ESCALA VERTICAL 1 : 150

 CROQUIS DE LOCALIZACION	 SAN MARTIN TEXMELUCAN RIO FRIO IXTAPALUCA AREA DEL PROYECTO KM. 62+000
	SIMBOLOGIA  PERFIL TERRENO NATURAL
NOTAS:	
 CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS DELEGACION REGIONAL Y ZONA CENTRO - ORIENTE SUBDELEGACION TECNICA	
PROYECTO: ESTUDIO Y PROYECTO PARA RAMPA DE EMERGENCIA DEL KM62+000 CUERPO "A" DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA	
PLANO : PERFIL TOPOGRAFICO 1	
REALIZO: PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ANPE S.A. DE C.V.	
CARRETERA	TRAMO: Km.62+020 al 61+420
AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA	ORIGEN: PUEBLA
PLANO MITT-02a ESCALA GRAFICA 1:1000 FECHA: JULIO 2012 CUERNAVACA MOR.	

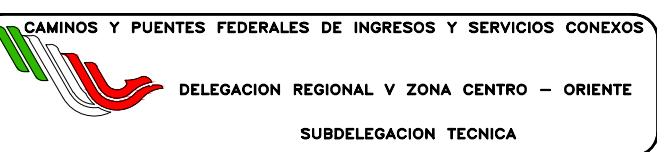


CROQUIS
DE
LOCALIZACION

SIMBOLOGIA

PERFIL TERRENO NATURAL

NOTAS:



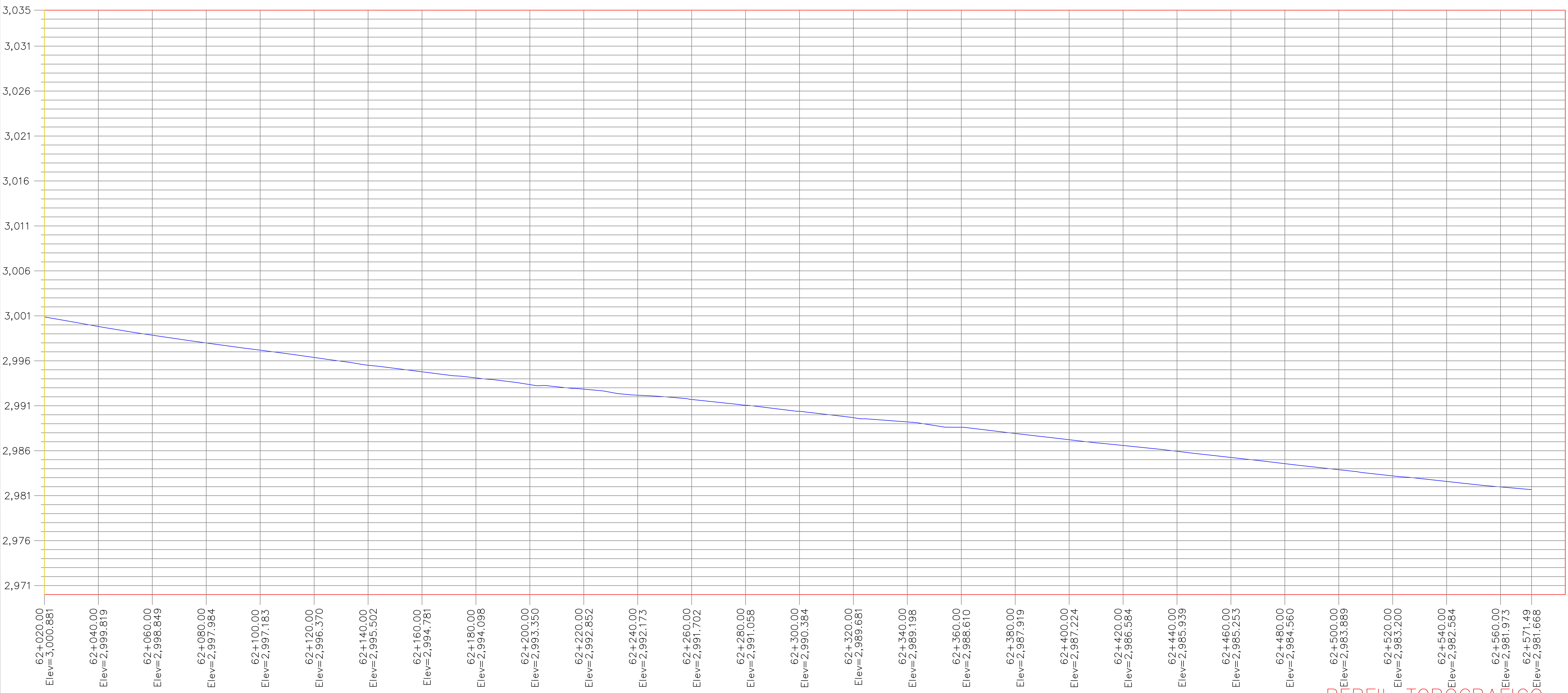
PROYECTO:
ESTUDIO Y PROYECTO PARA RAMPA DE EMERGENCIA DEL
KM62+000 CUERPO "A" DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA

PLANO :
PERFIL TOPOGRÁFICO 2

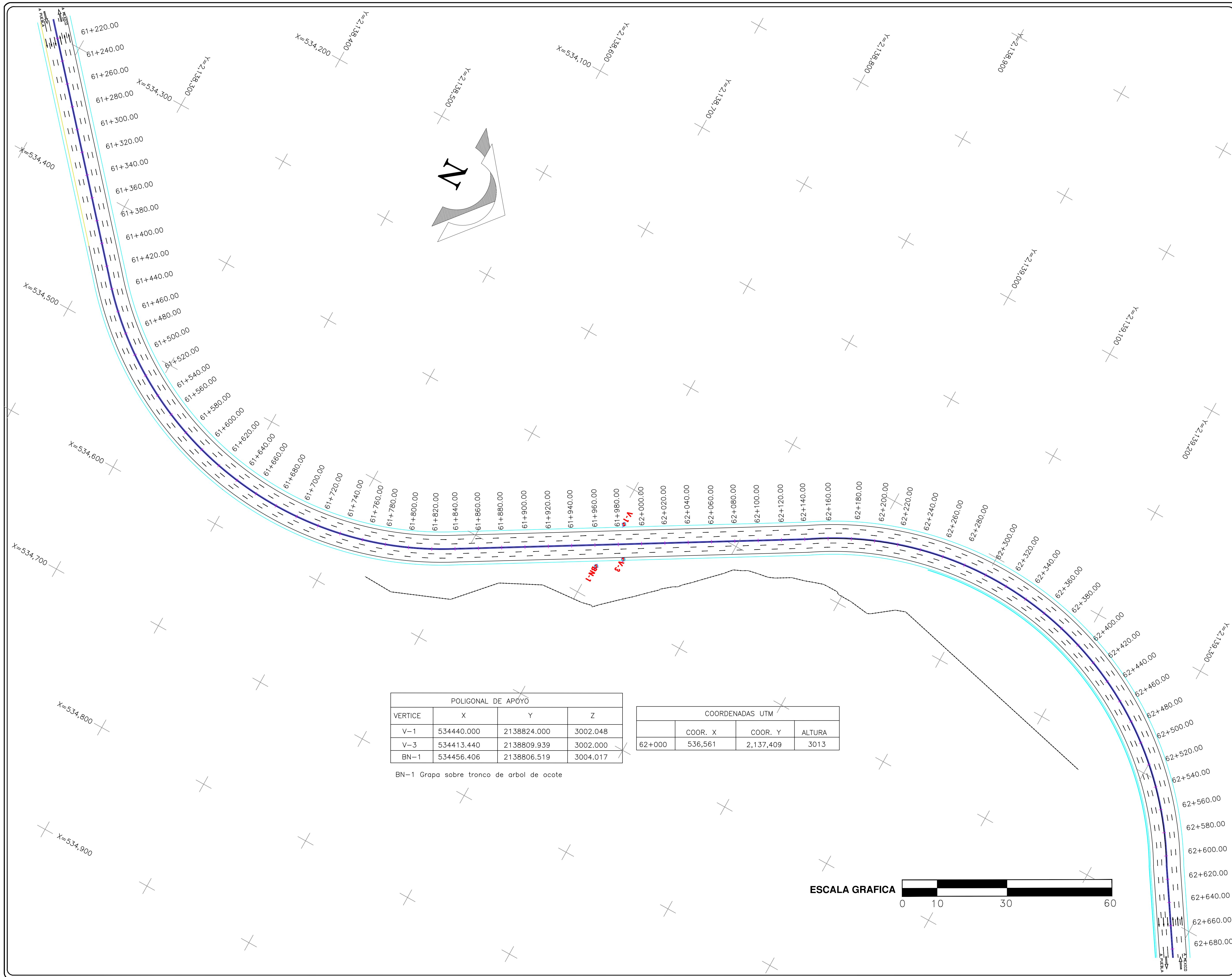
REALIZO:
PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ANPE S.A. DE C.V.

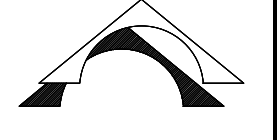
CARRERA TRAMO: Km.62+571.49 al 62+020
AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA ORIGEN: PUEBLA

PLANO MITT-02b
ESCALA GRAFICA 1:1000
FECHA: JULIO 2012 CUERNAVACA MOR.

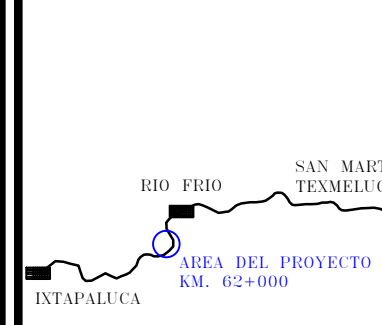


PERFIL TOPOGRAFICO
ESCALA HORIZONTAL 1 : 500
ESCALA VERTICAL 1 : 150





CROQUIS
DE
LOCALIZACION



RIO FRIO SAN MARTIN TENMEHUCA
AREA DEL PROYECTO
KM. 62+000
TAMPALUCA

SIMBOLOGIA

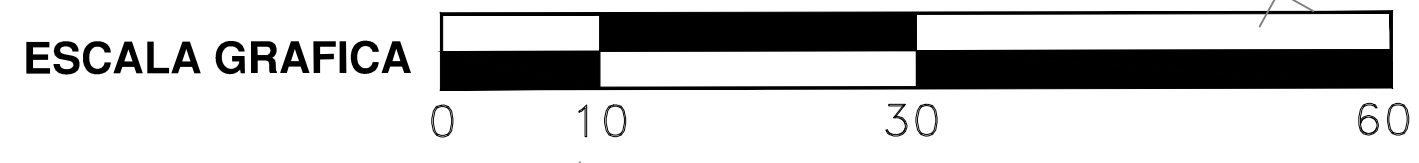
- ACOTAMIENTO
- LINEA SEPARADORA DE CARRILES
- EJE DE PROYECTO
- CUNETA
- V-1 VERTICES
- BN-1 BANCO DE NIVEL
- - - CERCA
- CADENAMIENTO
- +
 COORDENADAS UTM

NOTAS GENERALES

POLIGONAL DE APOYO			
VERTICE	X	Y	Z
V-1	534440.000	2138824.000	3002.048
V-3	534413.440	2138809.939	3002.000
BN-1	534456.406	2138806.519	3004.017

COORDENADAS UTM			
	COOR. X	COOR. Y	ALTURA
62+000	536,561	2,137,409	3013

BN-1 Grapa sobre tronco de arbol de ocote





CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
DELEGACION REGIONAL IV ZONA CENTRO - SUR
SUBDELEGACION TECNICA

PROYECTO:
ESTUDIO Y PROYECTO PARA RAMPA DE EMERGENCIA DEL
KM 62+000 CUERPO "A" DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA

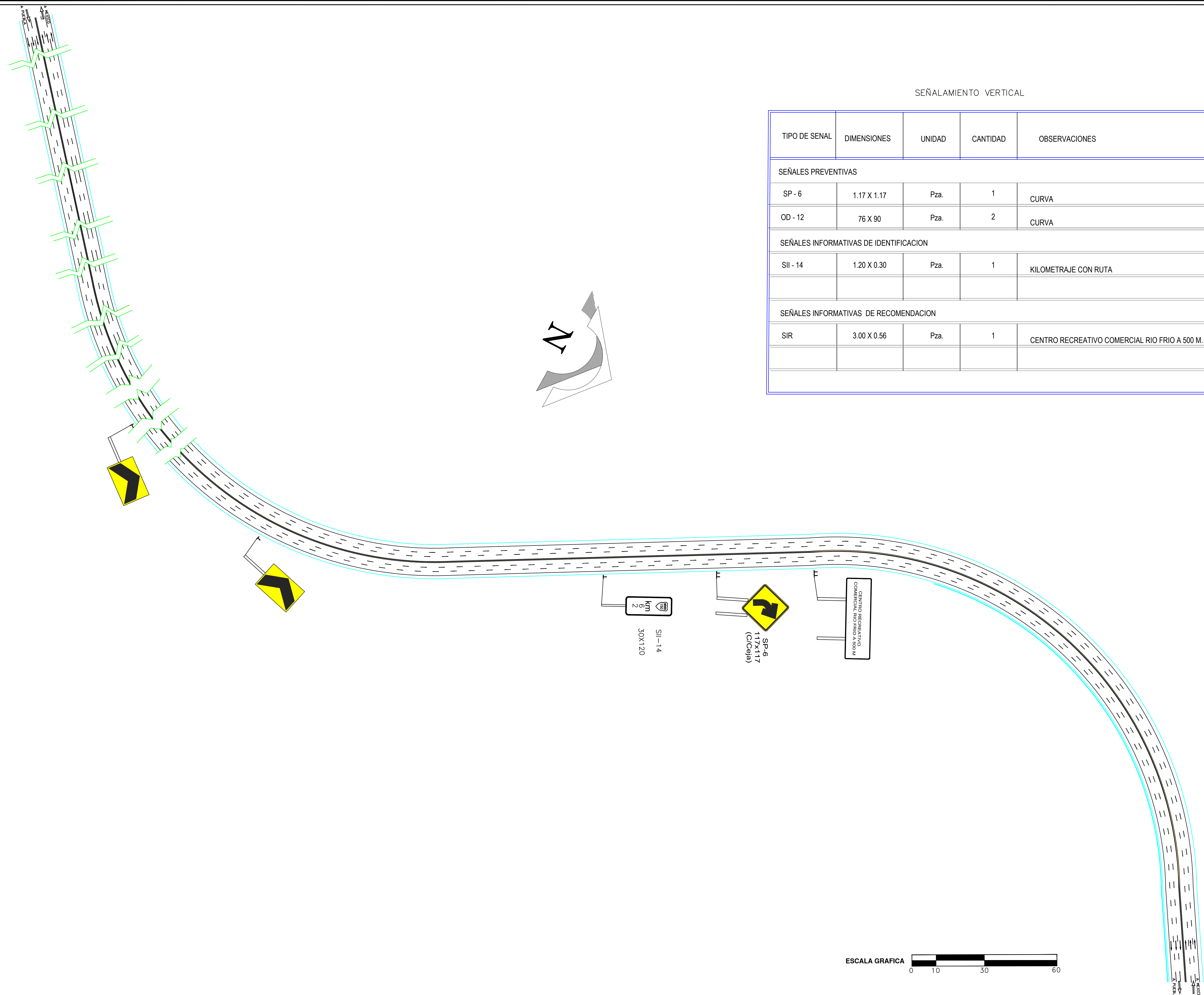
PLANO :
BANCOS DE NIVEL Y COORDENADAS

REALIZO:
PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ANPE S.A. DE C.V.

CARRETERA TRAMO: Km.62 + 000
AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA ORIGEN: PUEBLA

PLANO MITT-03

ESCALA GRAFICA 1:1000
FECHA: JULIO 2012 CUERNAVACA MOR.



SEÑALAMIENTO VERTICAL

TIPO DE SENAL	DIMENSIONES	UNIDAD	CANTIDAD	OBSERVACIONES
SEÑALES PREVENTIVAS				
SP - 6	1.17 X 1.17	Pza.	1	CURVA
OD - 12	76 X 90	Pza.	2	CURVA
SEÑALES INFORMATIVAS DE IDENTIFICACION				
SII - 14	1.20 X 0.30	Pza.	1	KILOMETRAJE CON RUTA
SEÑALES INFORMATIVAS DE RECOMENDACION				
SIR	3.00 X 0.56	Pza.	1	CENTRO RECREATIVO COMERCIAL RIO FRIO A 500 M.

CROQUIS DE LOCALIZACION

SIMBOLOGIA

- ACOTAMIENTO
- - LINEA SEPARADORA DE CARRILES
- CUNETETA
- ➔ SENTIDO DE CIRCULACION
- ⊣ SEÑALES
- ⊣ SEÑAL SOBRE DOS POSTES

NOTAS GENERALES

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
 DELEGACION REGIONAL IV ZONA CENTRO - SUR
 SUBDELEGACION TECNICA

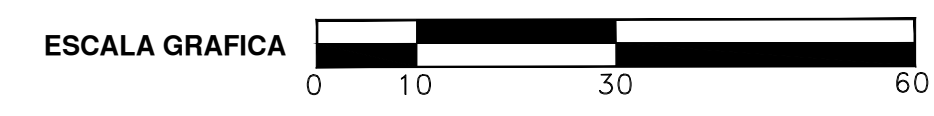
PROYECTO:
 ESTUDIO Y PROYECTO PARA RAMPA DE EMERGENCIA DEL
 KM 62+000 CUERPO "A" DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA

PLANO : SEÑALAMIENTO EXISTENTE

REALIZO:
 PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ANPE S.A. DE C.V

CARRETERA TRAMO: Km.62 + 000
 AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA ORIGEN:PUEBLA

PLANO MITT-04
 ESCALA GRAFICA 1:1000
 FECHA: JULIO 2012 CUERNAVACA MOR.



CROQUIS DE LOCALIZACION

SIMBOLOGIA

- ACOTAMIENTO
- BORDILLO
- LINEA SEPARADORA DE CARRILES
- EJE DE AUTOPISTA
- EJE DE RAMPA
- CADENAMIENTO
- DERECHO DE VIA
- CUNETETA
- ZONA DE TRANSICION
- CAMA DE FRENADO
- SENTIDO DE CIRCULACION
- CARRIL DE SERVICIO
- MACIZO DE ANCLAJE
- LAVADERO
- CANALETA

NOTAS GENERALES

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
 DELEGACION REGIONAL IV ZONA CENTRO - SUR
 SUBDELEGACION TECNICA

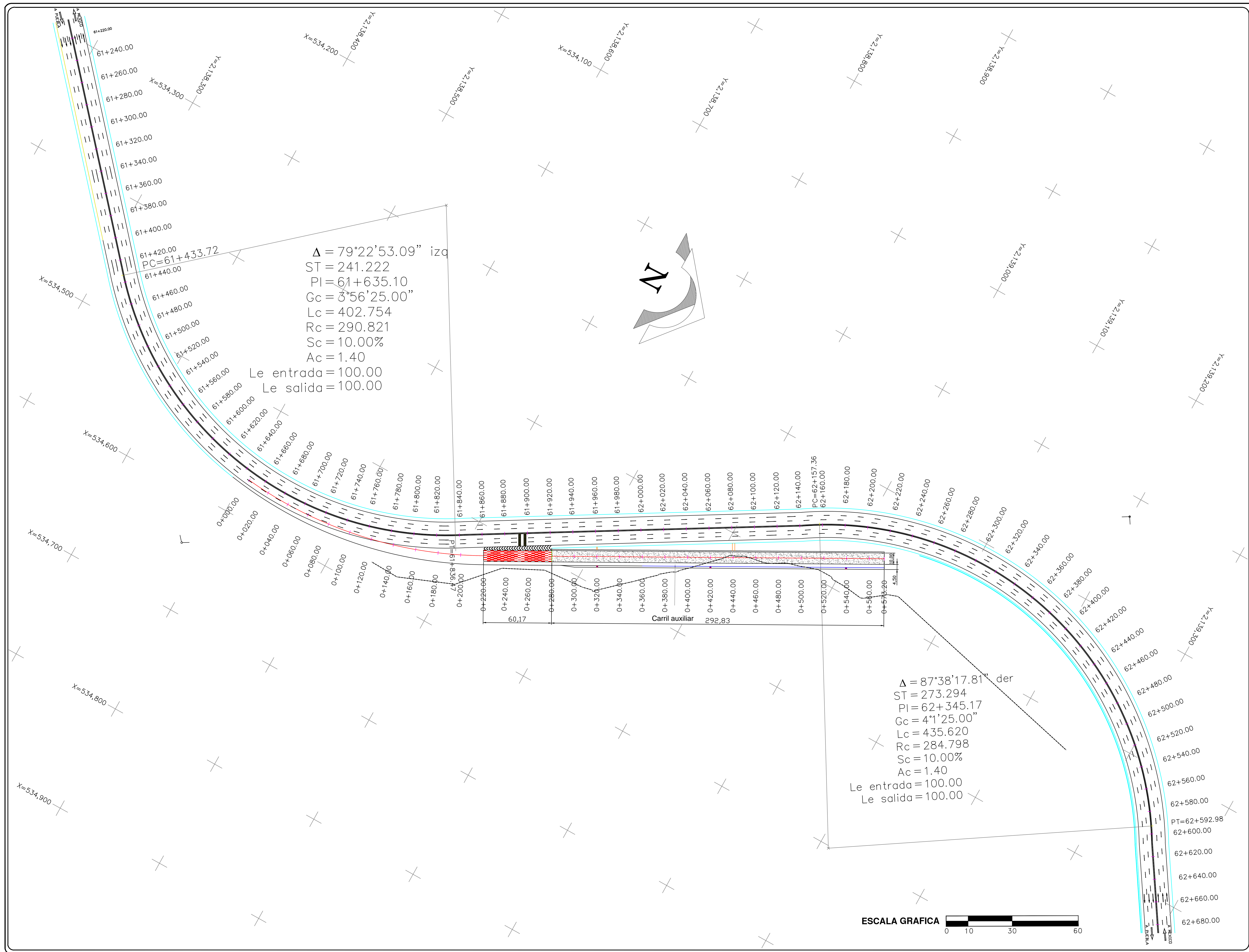
PROYECTO:
 ESTUDIO Y PROYECTO PARA RAMPA DE EMERGENCIA DEL
 KM 62+000 CUERPO "A" DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA

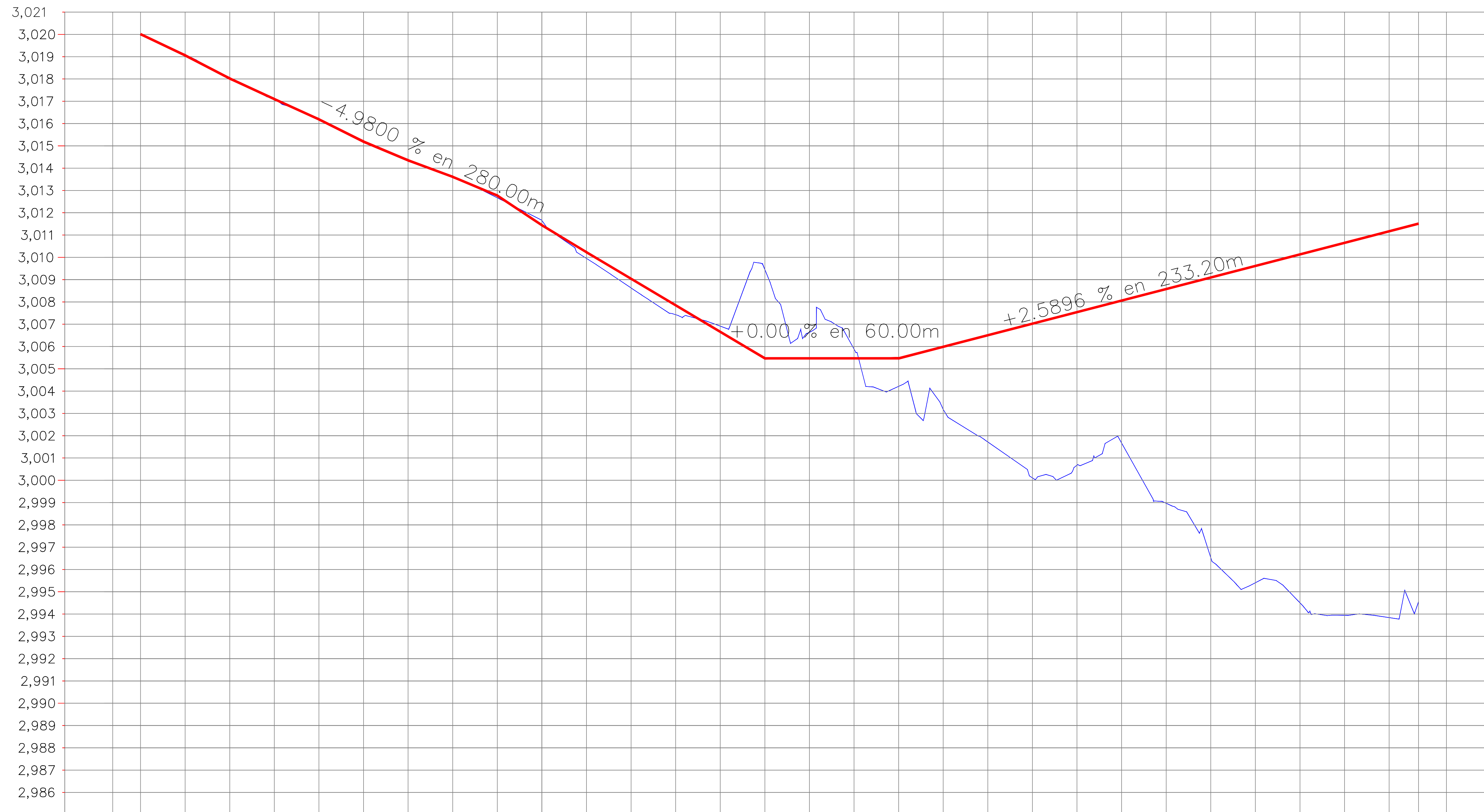
PLANO : PLANTA GEOMETRICA

REALIZO:
 PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ANPE S.A. DE C.V.

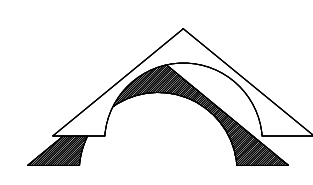
CARRETERA TRAMO: Km.62+000
 AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA ORIGEN: PUEBLA

PLANO MITT-05
 ESCALA GRAFICA 1:1000
 FECHA: JULIO 2012 CUERNAVACA MOR

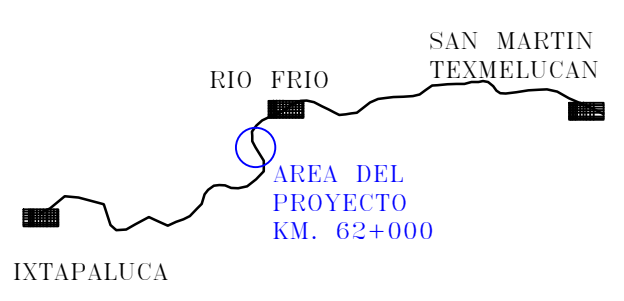




TIPO DE MATERIAL		FACTOR DE ABUNDAMIENTO		FACTOR DE COMPACTACION		ORDENADAS DE LA CURVA MASA		VOLUMEN		ESPESOR		ELEVACION	
		A		1.000		1.000							
		3,020.01	3,020.01	0.00	10.000								0+000.00
		3,019.10	3,019.06	0.04	9.979								0+020.00
		3,018.00	3,018.11	0.11	173.60	0.00	9.958						0+040.00
		3,017.10	3,017.16	0.06	302.60	0.00	9.948						0+060.00
		3,016.19	3,016.21	0.02	260.00	0.00	10.000						0+080.00
		3,015.19	3,015.26	0.08	263.10	0.00	10.206						0+100.00
		3,014.35	3,014.28	0.07	212.00	0.00	10.492						0+120.00
		3,013.61	3,013.21	0.40	155.10	1.30	10.817						0+140.00
		3,012.67	3,012.14	0.53	488.60	2.00	11.439						0+160.00
		3,011.66	3,011.07	0.58	169.80	0.70	10.008						0+180.00
		3,009.95	3,010.00	0.05	1723.90	0.00	10.835						0+200.00
		3,008.63	3,010.00	1.38	8079.50	0.00	11.408						0+220.00
		3,007.43	3,010.00	2.58	8528.00	0.00	11.600						0+240.00
		3,006.91	3,010.00	3.09	8213.40	0.00	11.543						0+260.00
		3,009.46	3,010.39	0.93	8725.60	5.40	11.576						0+280.00
		3,006.63	3,010.78	4.14	8266.20	44.60	11.097						0+300.00
		3,005.88	3,011.16	5.28	8143.80	34.80	9.563						0+320.00
		3,004.21	3,011.55	7.33	8127.10	307.70	6.987						0+340.00
		3,003.18	3,011.93	8.75	883.80	630.80	3.262						0+360.00
		3,001.72	3,012.32	10.60	62.50	252.80	-1.571						0+380.00
		3,000.11	3,012.70	12.59	0.00	8016.20	-7.545						0+400.00
		3,000.67	3,013.09	2.42	0.00	8410.80	-14.203						0+420.00
		3,001.68	3,013.48	11.80	0.00	8680.50	-21.325						0+440.00
		2,998.97	3,013.86	14.89	0.00	8353.30	-29.187						0+460.00
		2,996.53	3,014.25	17.71	0.00	4518.90	-38.194						0+480.00
		2,995.40	3,014.63	19.23	0.00	6109.70	-48.684						0+500.00
		2,994.50	3,015.02	20.52	0.00	7717.00	-60.700						0+520.00
		2,993.94	3,014.57	20.82	0.00	8717.80	-74.533						0+540.00
		2,993.84	3,013.55	19.71	0.00	8759.60	-88.774						0+560.00
		2,993.54	3,013.25	18.61	0.00	8669.70	-91.624						0+573.20



CROQUIS
DE
LOCALIZACION



RIO FRIO
SAN MARTIN TEMELUCAN
AREA DEL PROYECTO
KM. 62+000
INTAPALUCA

SIMBOLOGIA

— PERFIL DE TERRENO

— PERFIL DE PROYECTO

NOTAS GENERALES

PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 100

TOTAL VOLUMEN CORTE = 2,469.98m³
TOTAL VOLUMEN TERRAPLEN = -164.83m³
TOTAL VOLUMEN DESPALME EN CORTE = 501.89m³
TOTAL VOLUMEN DESPALME EN TERRAPLEN = 0.00m³

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
DELEGACION REGIONAL IV ZONA CENTRO-SUR
SUBDELEGACION TECNICA

PROYECTO: ESTUDIO Y PROYECTO PARA RAMPA DE EMERGENCIA DEL KM 62+000 CUERPO "A" DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA

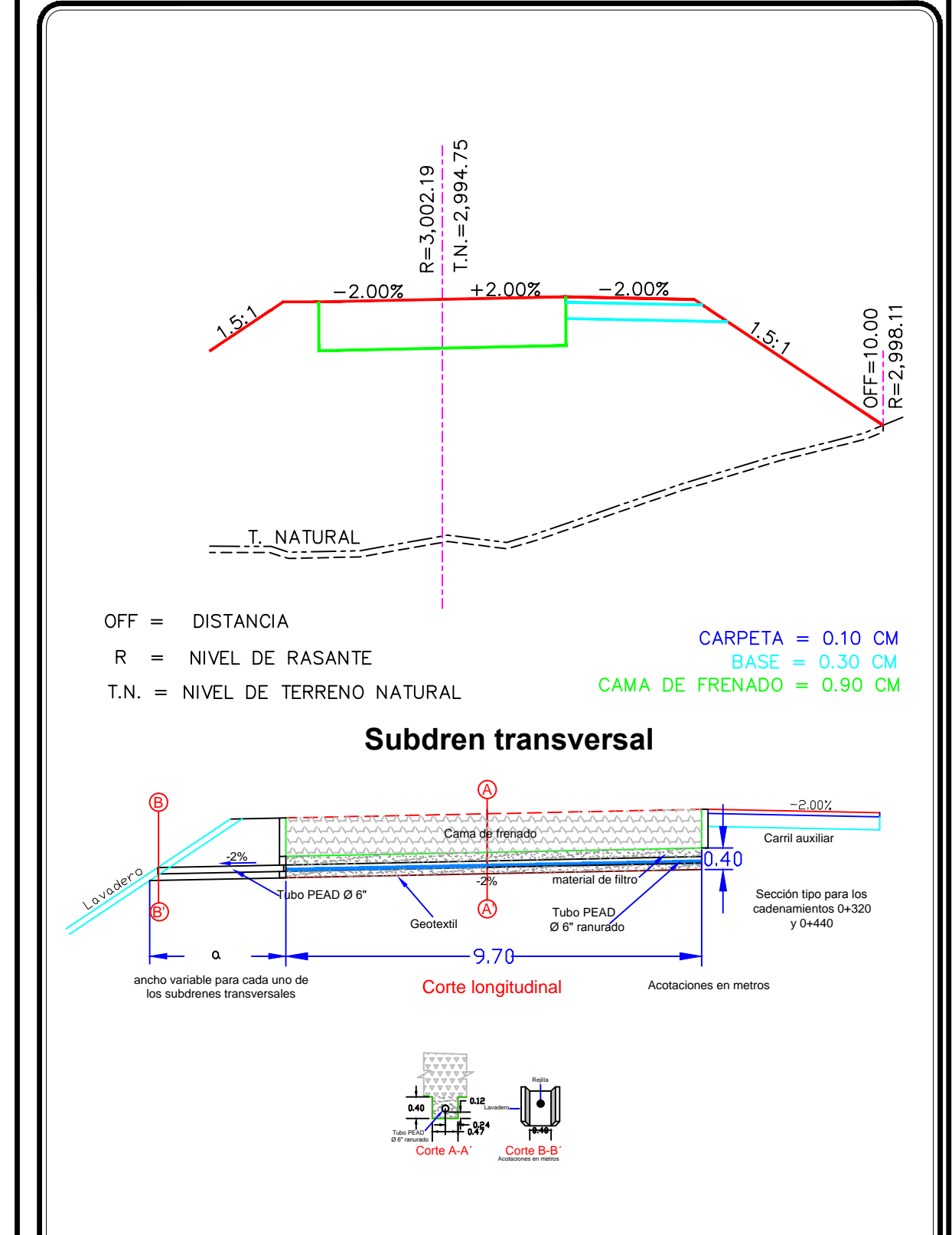
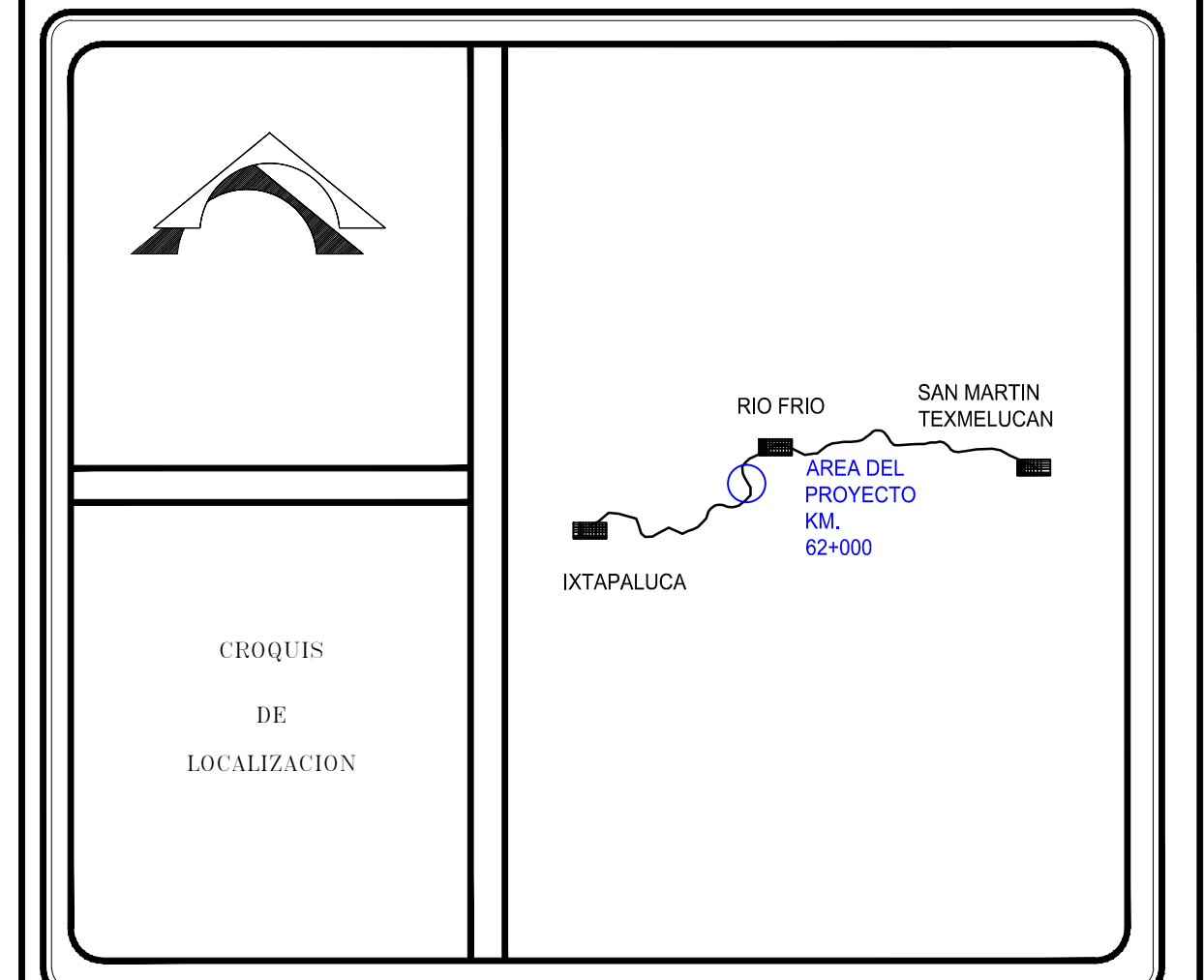
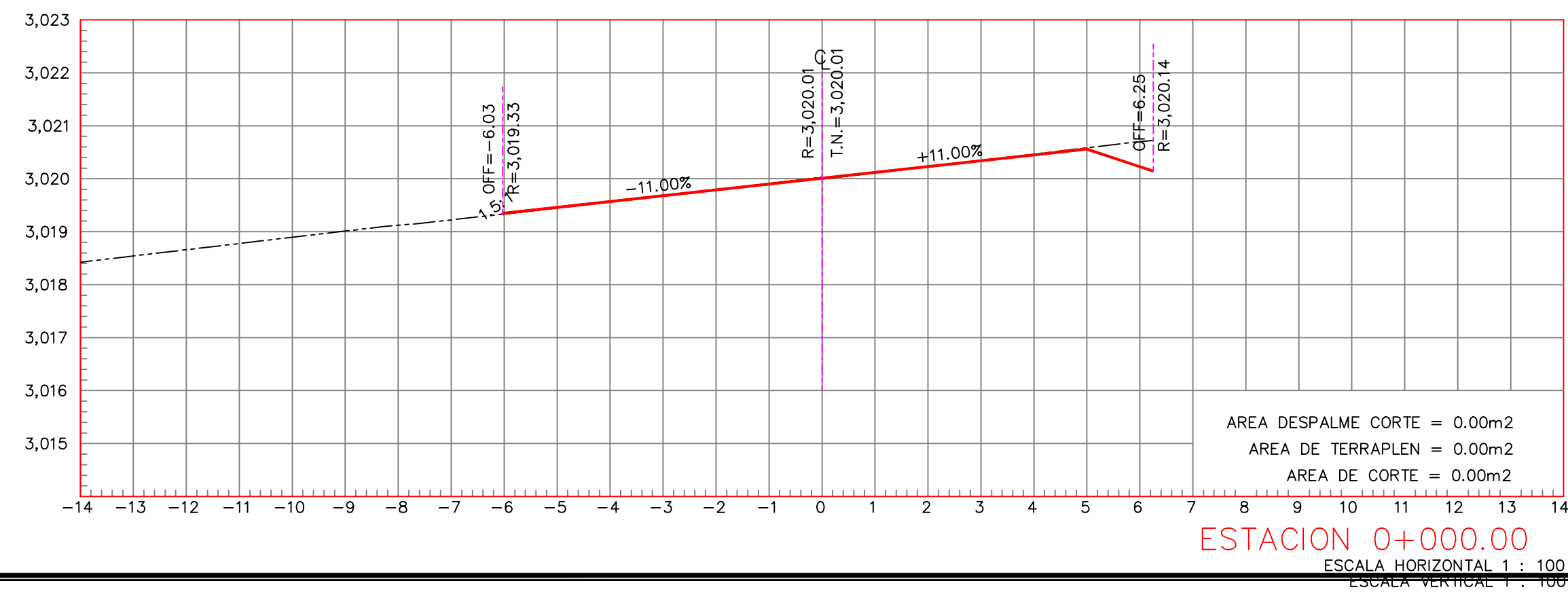
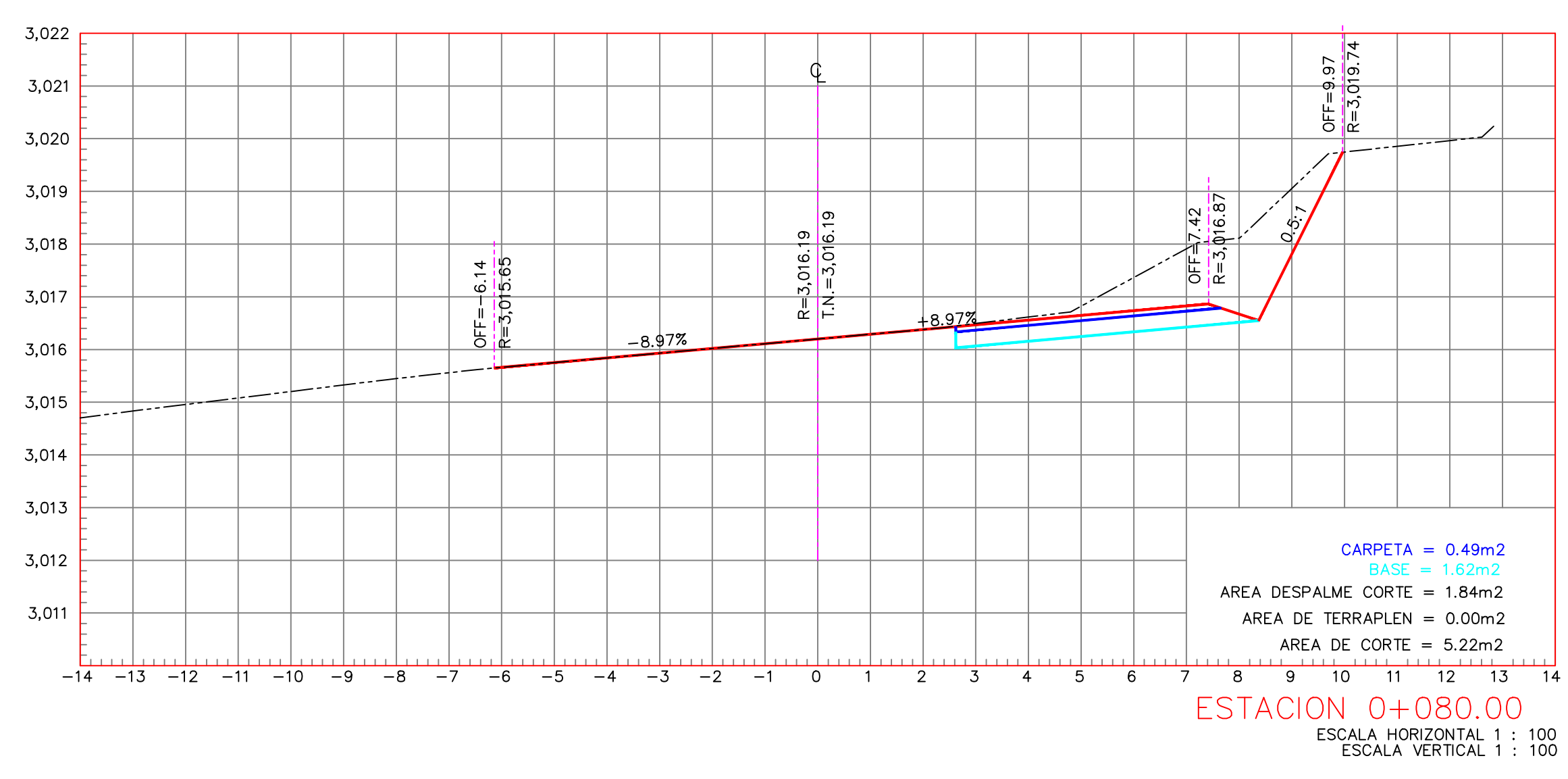
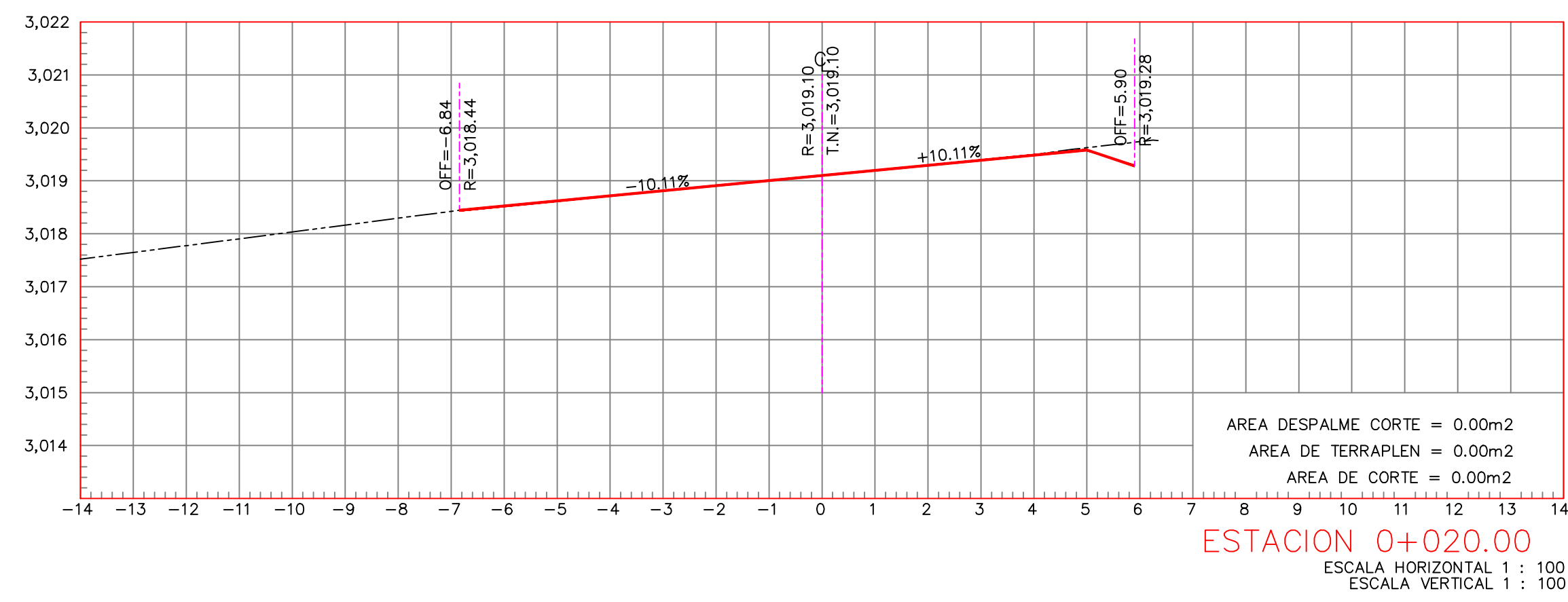
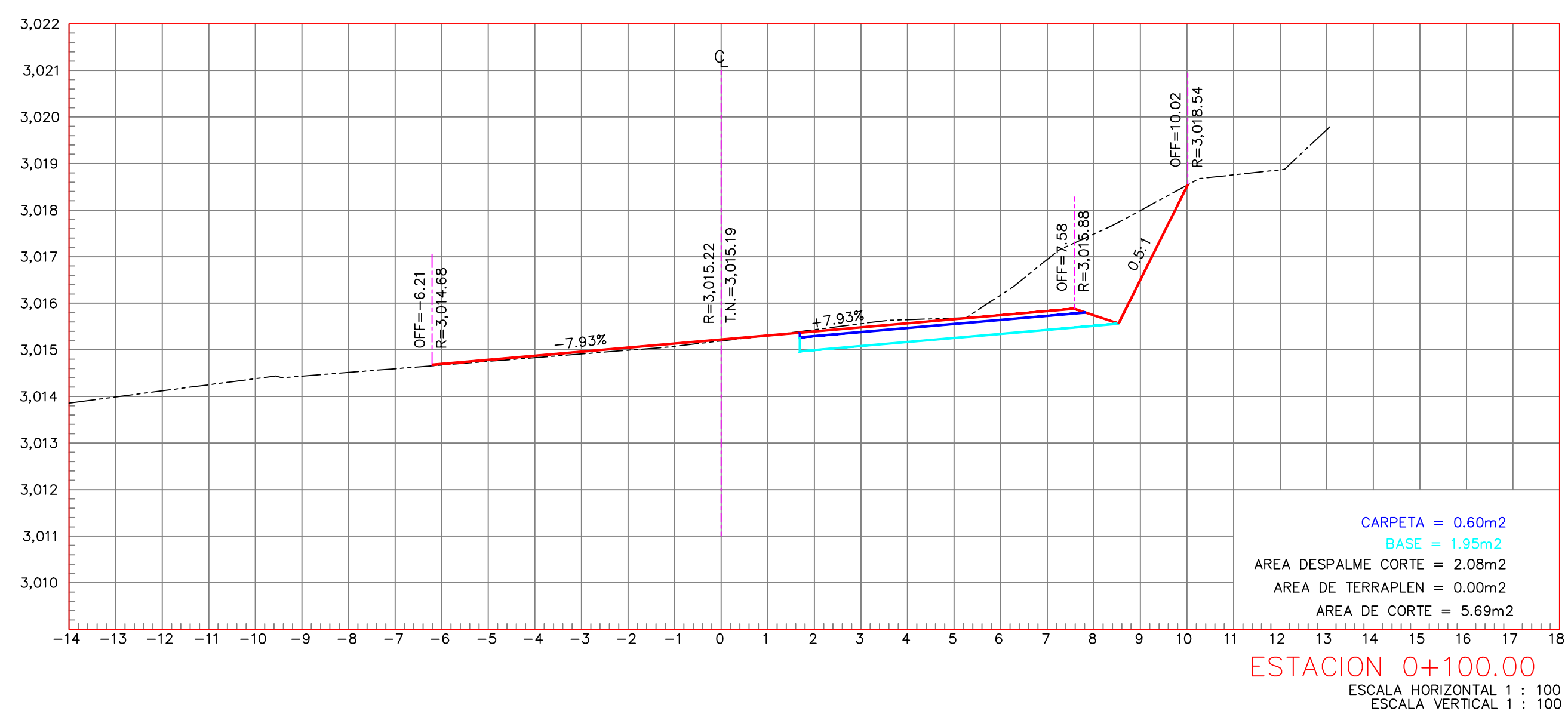
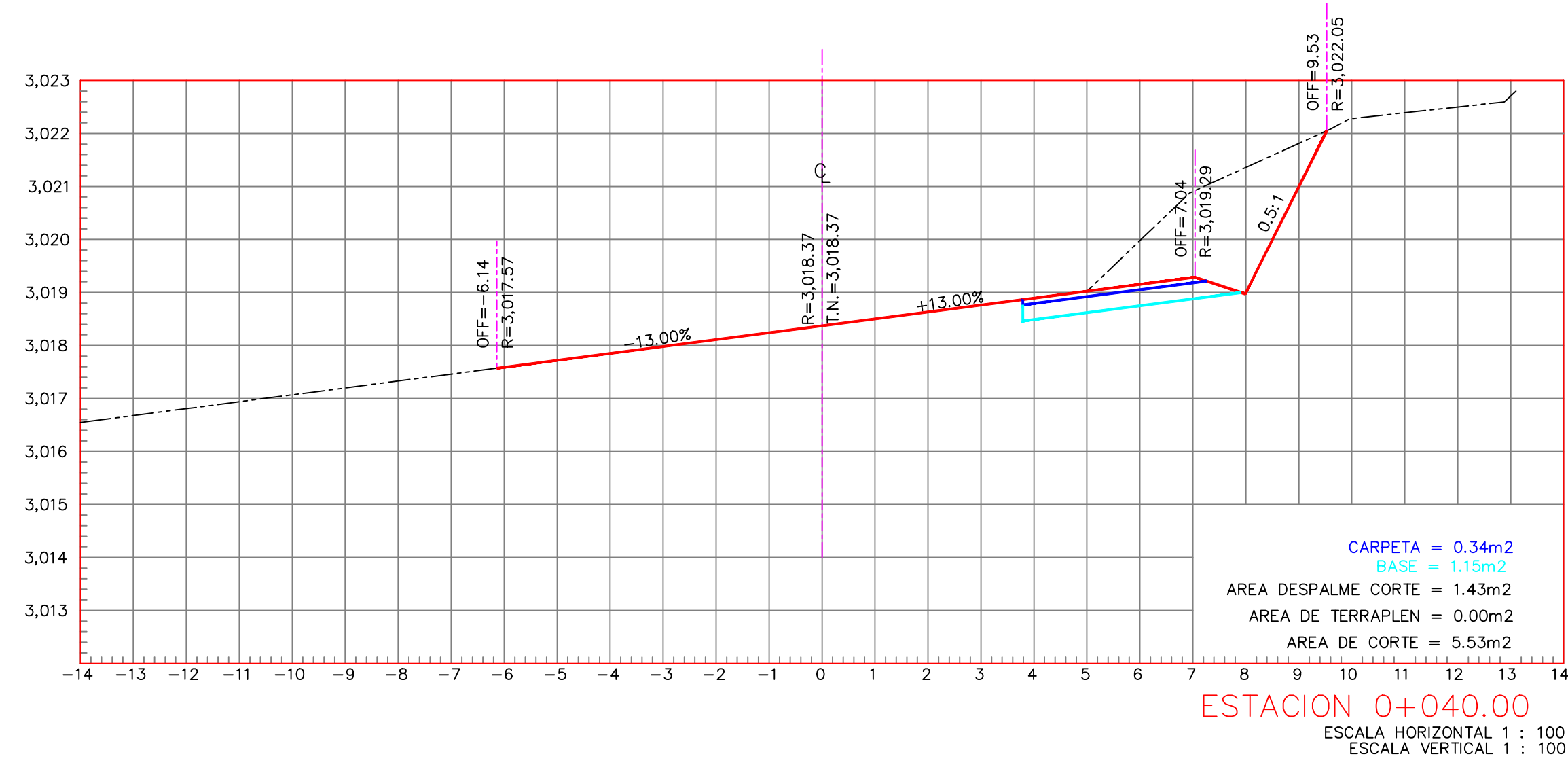
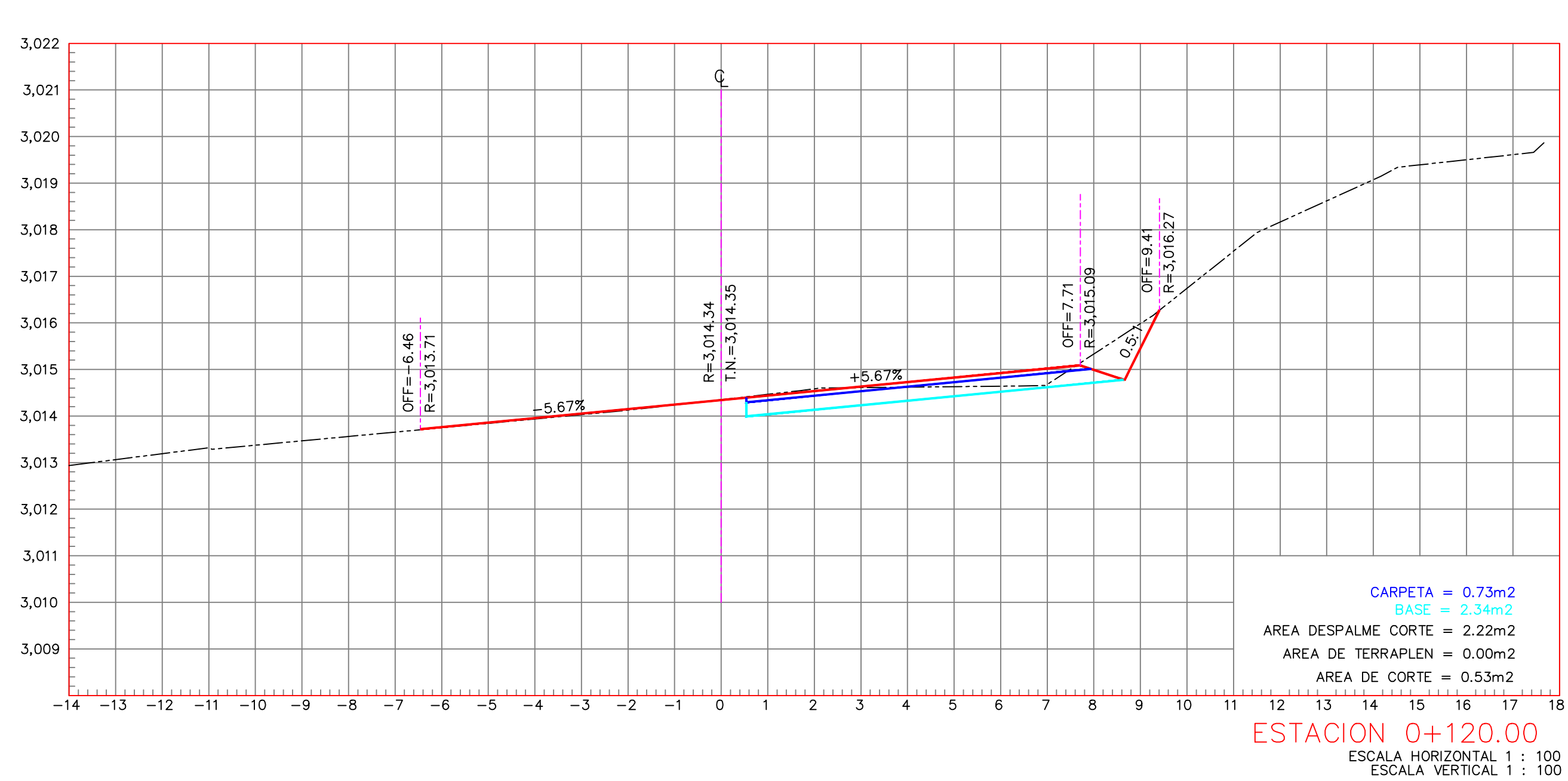
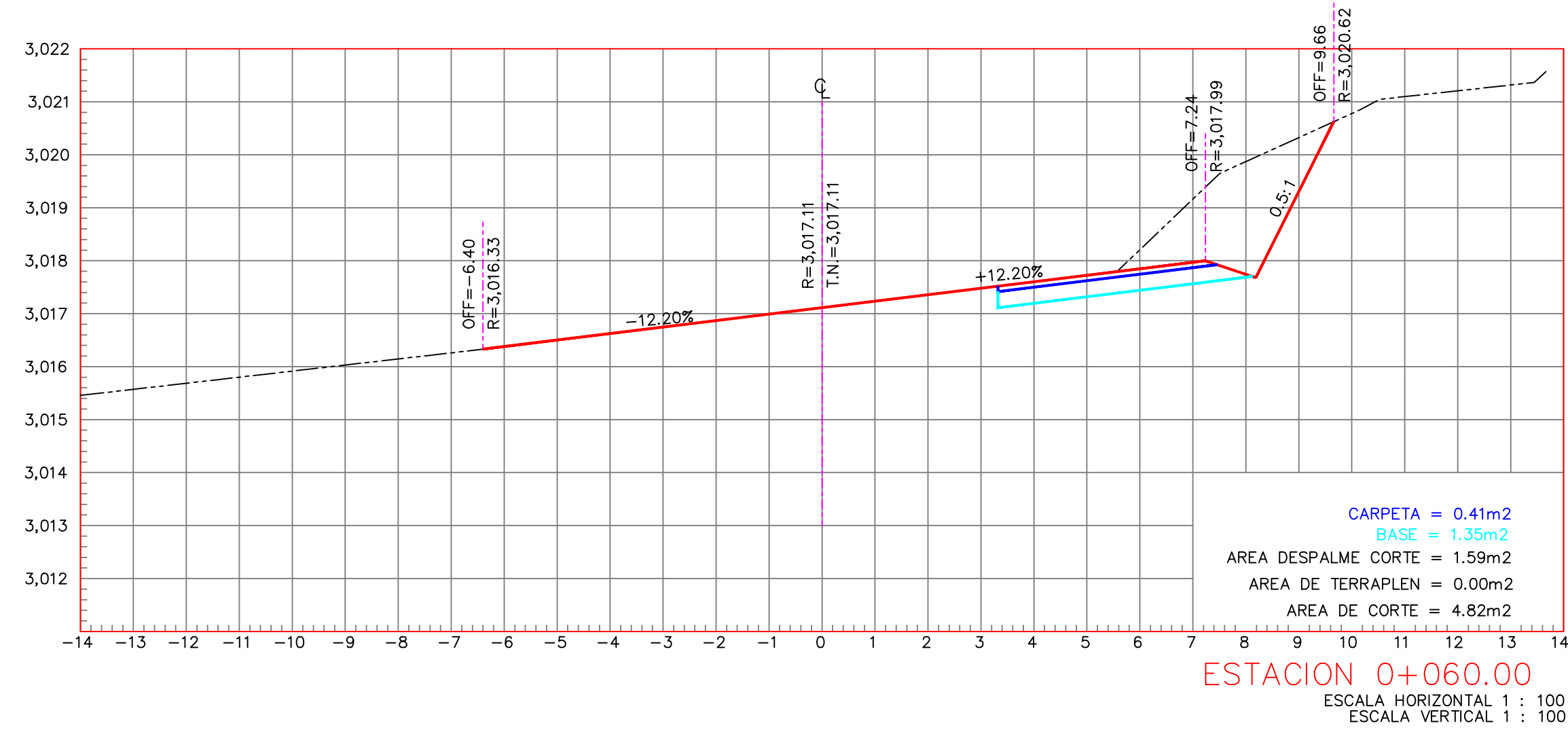
PLANO: PERFIL DE TERRENO Y DE PROYECTO

REALIZO:
PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ANPE S.A. DE C.V.

CARRETERA TRAMO: Km: 62+000
AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA ORIGEN: PUEBLA

PLANO MITT-06

FECHA: JULIO 2012 CUERNAVACA MOR.



NOTAS:

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
 DELEGACION REGIONAL IV ZONA CENTRO-SUR
 SUBDELEGACION TECNICA

PROYECTO:
 ESTUDIO Y PROYECTO PARA RAMPA DE EMERGENCIA DEL
 KM 62 + 000 CUERPO "A" DE LA AUTOPISTA MEXICO - PUEBLA

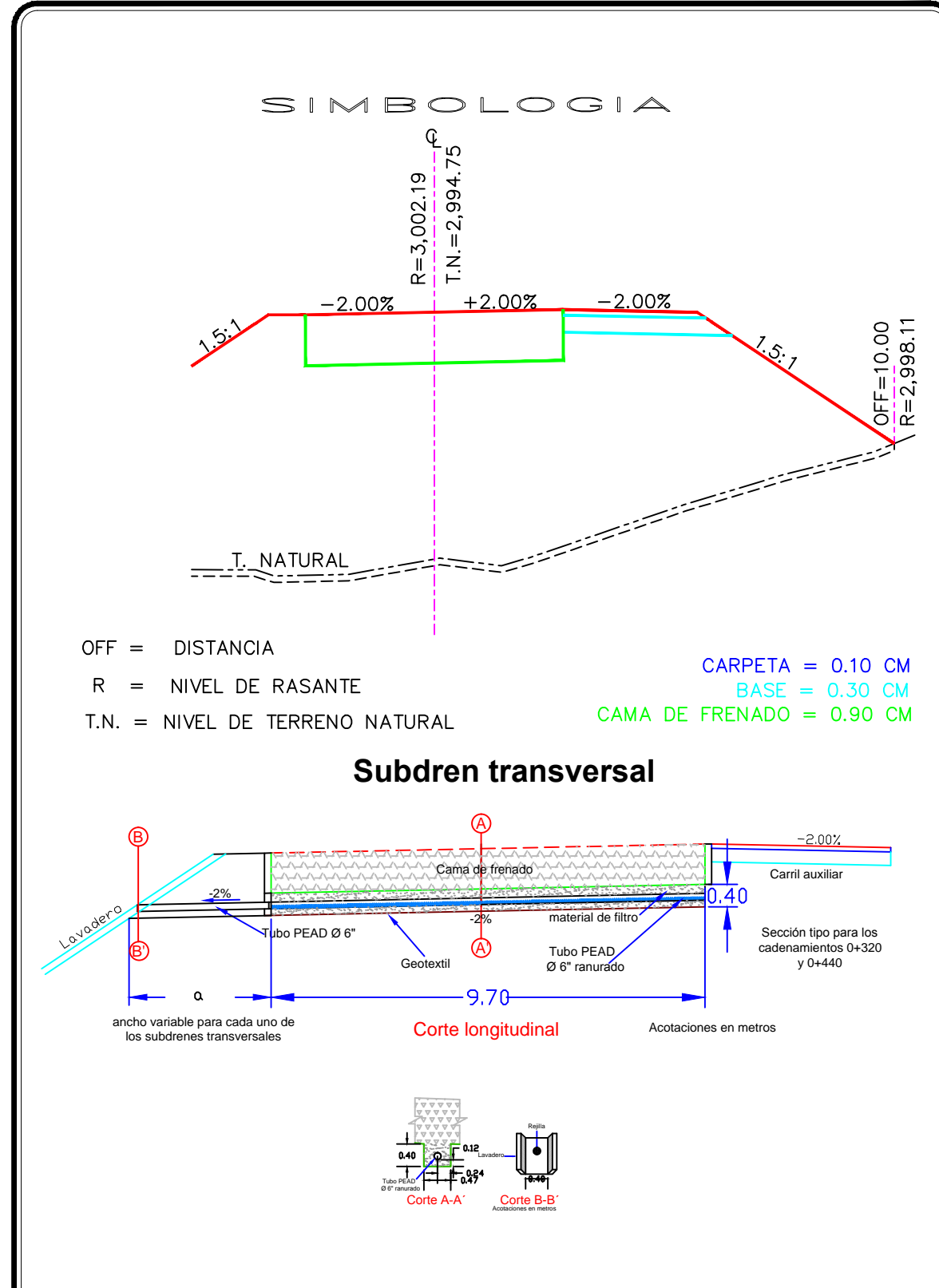
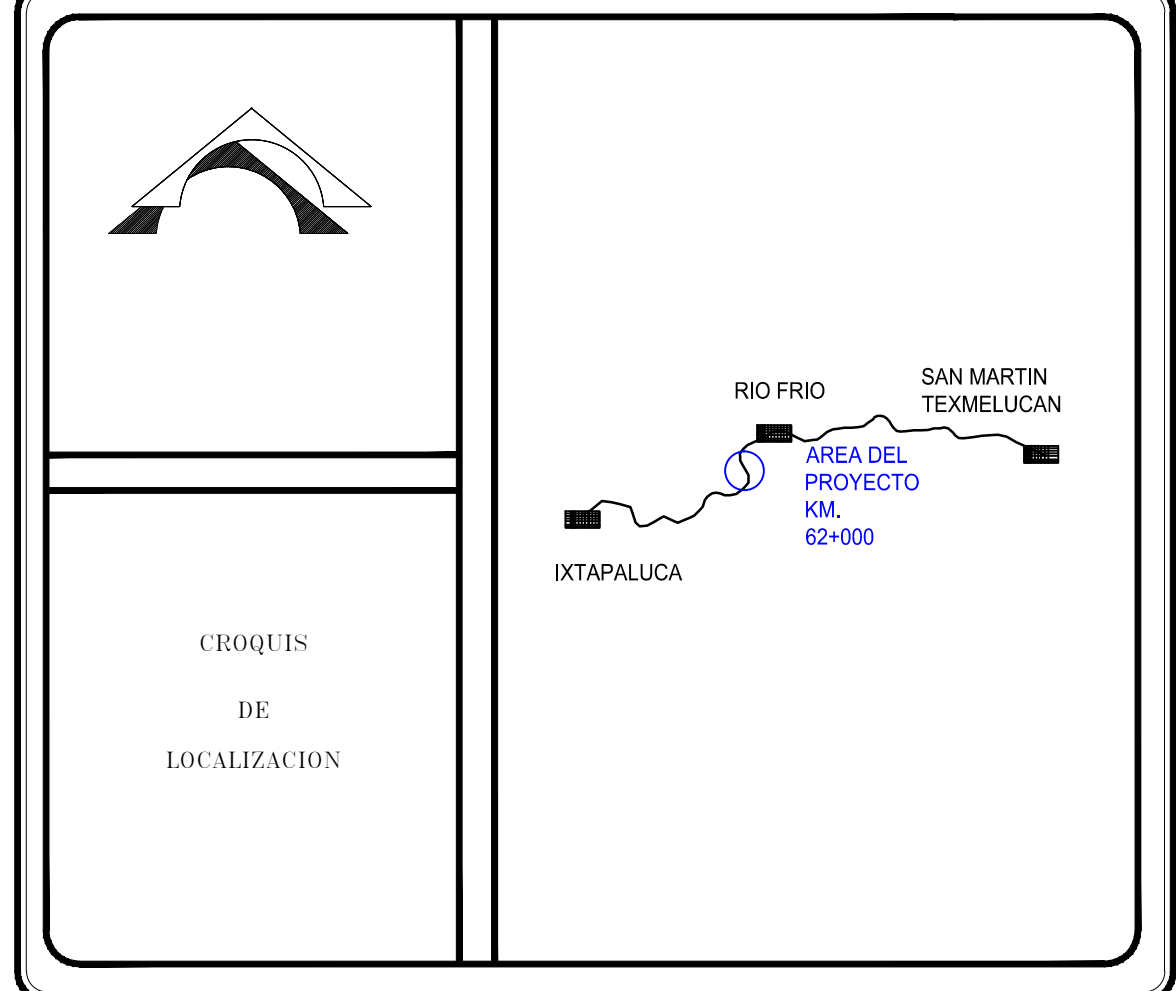
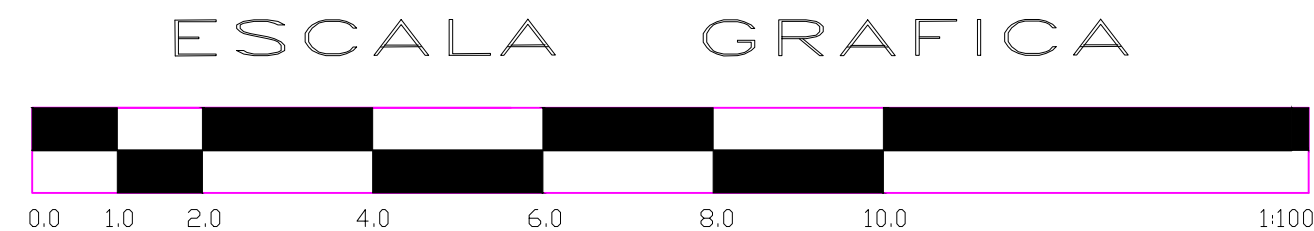
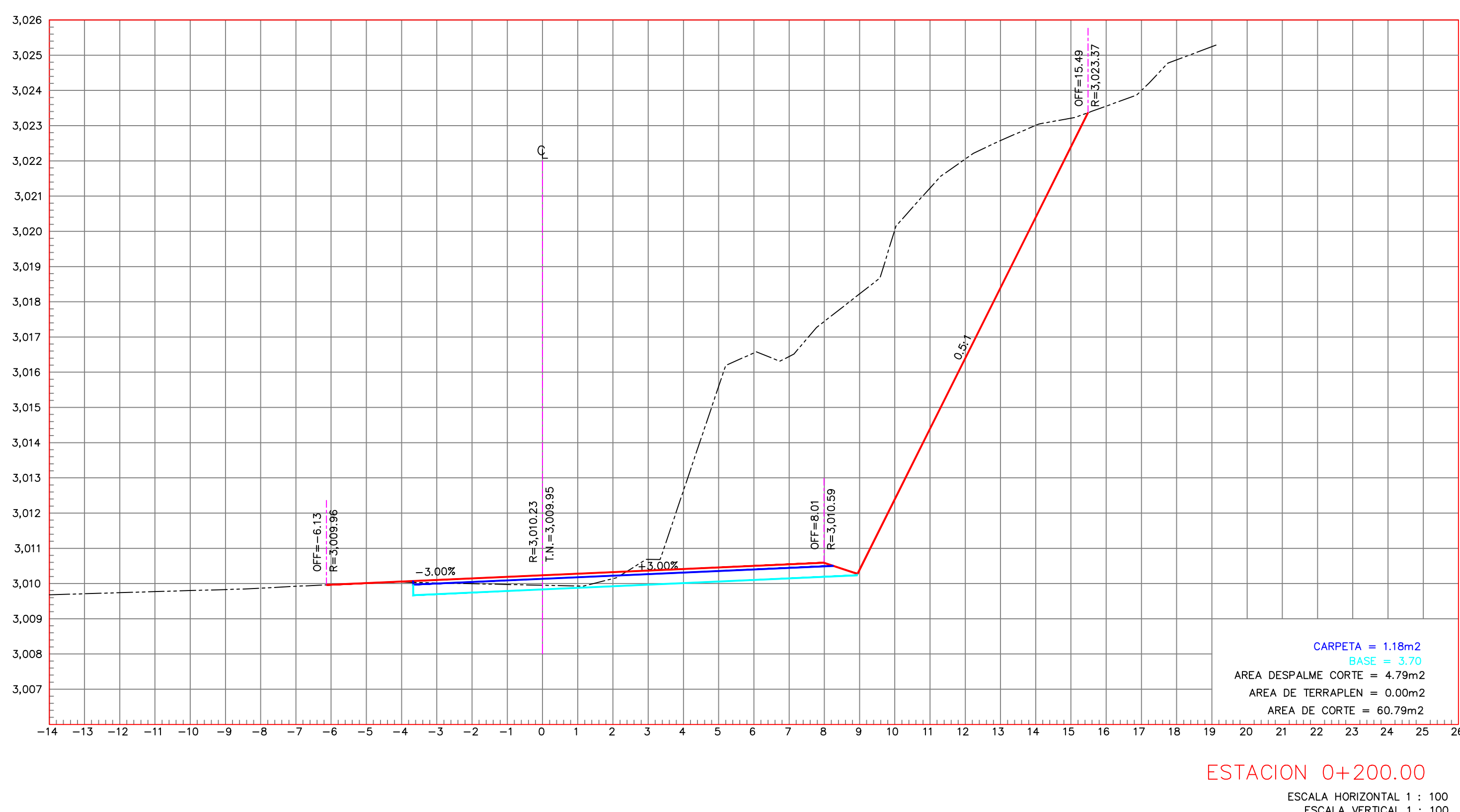
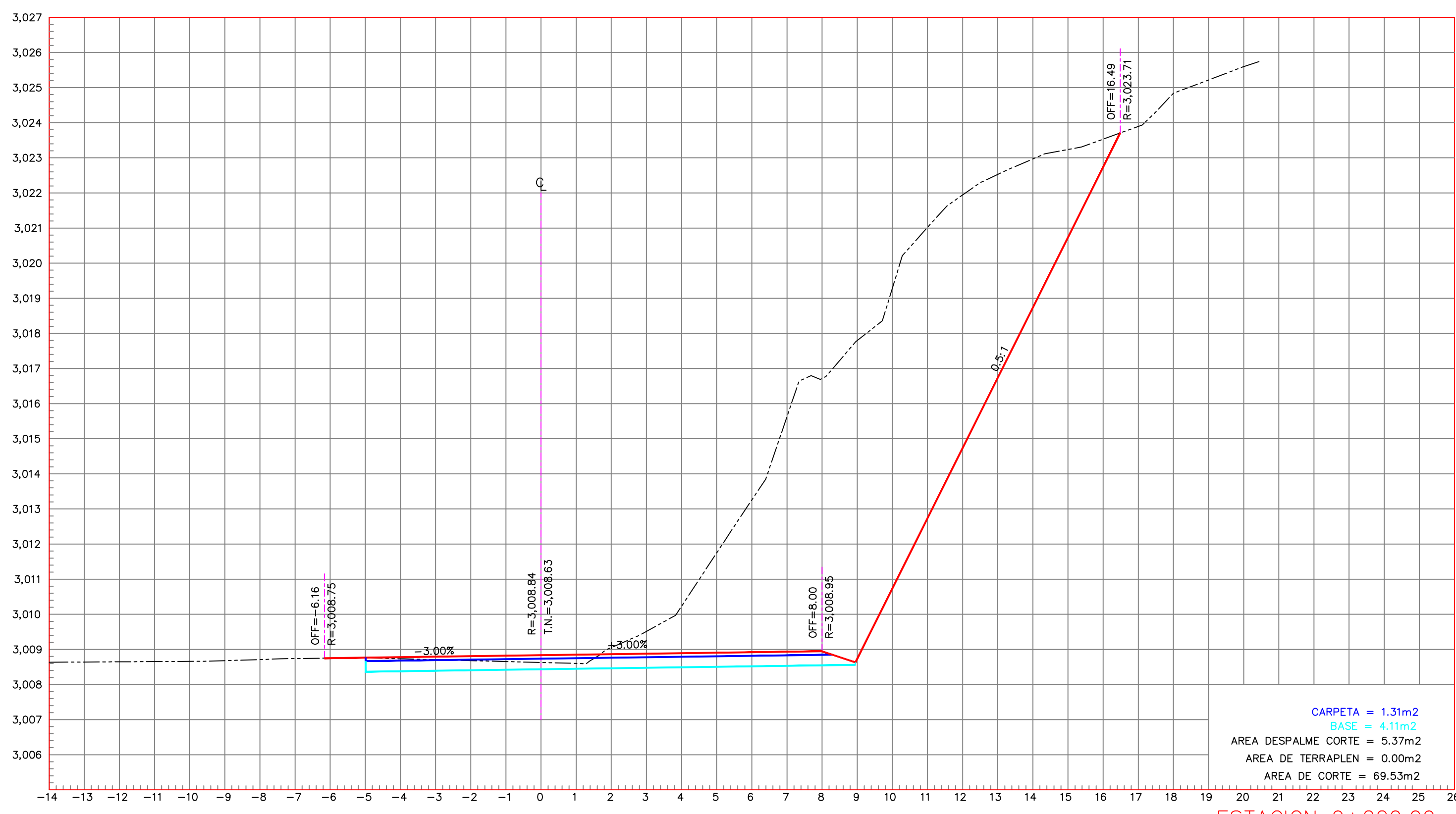
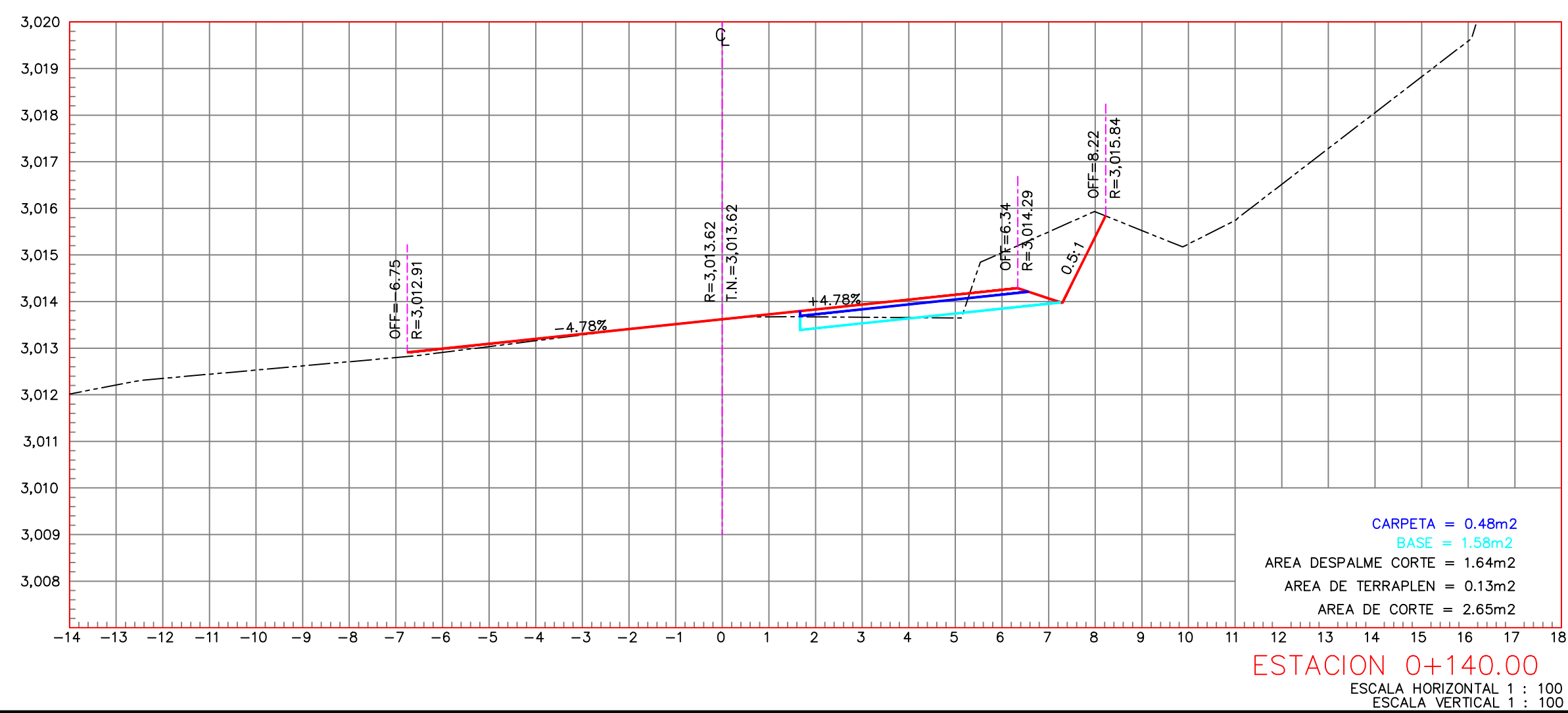
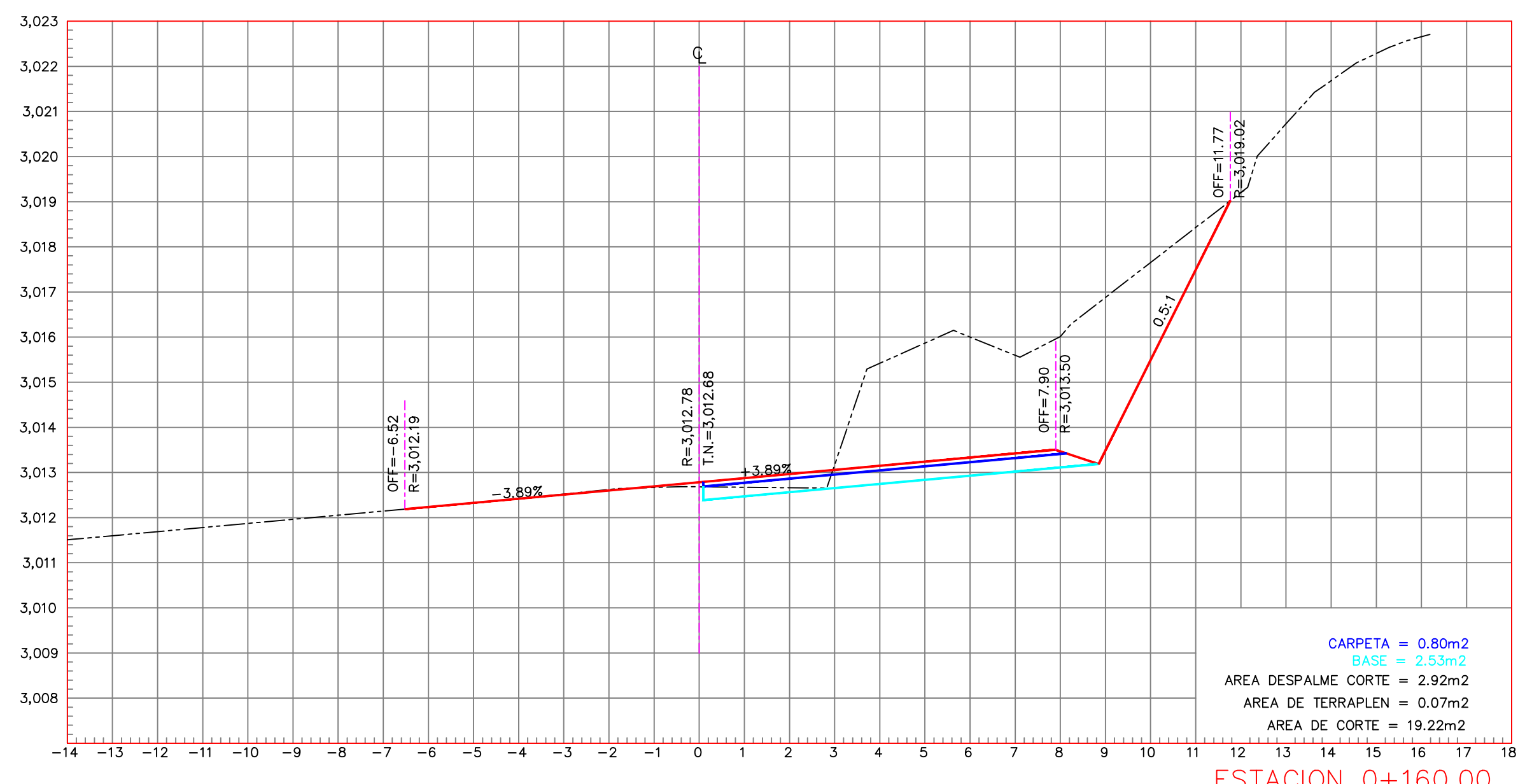
PLANO:
SECCIONES TRANSVERSALES.

REALIZÓ:
 PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ANPE S.A. DE C.V.

CARRETERA TRAMO: KM 62 + 000
 AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA ORIGEN PUEBLA

PLANO MITT - 07a
 Escala Gráfica: 1 : 1000
 FECHA: JULIO 2012 CUERNAVACA, MORELOS





NOTAS:

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
 DELEGACION REGIONAL IV ZONA CENTRO-SUR
 SUBDELEGACION TECNICA

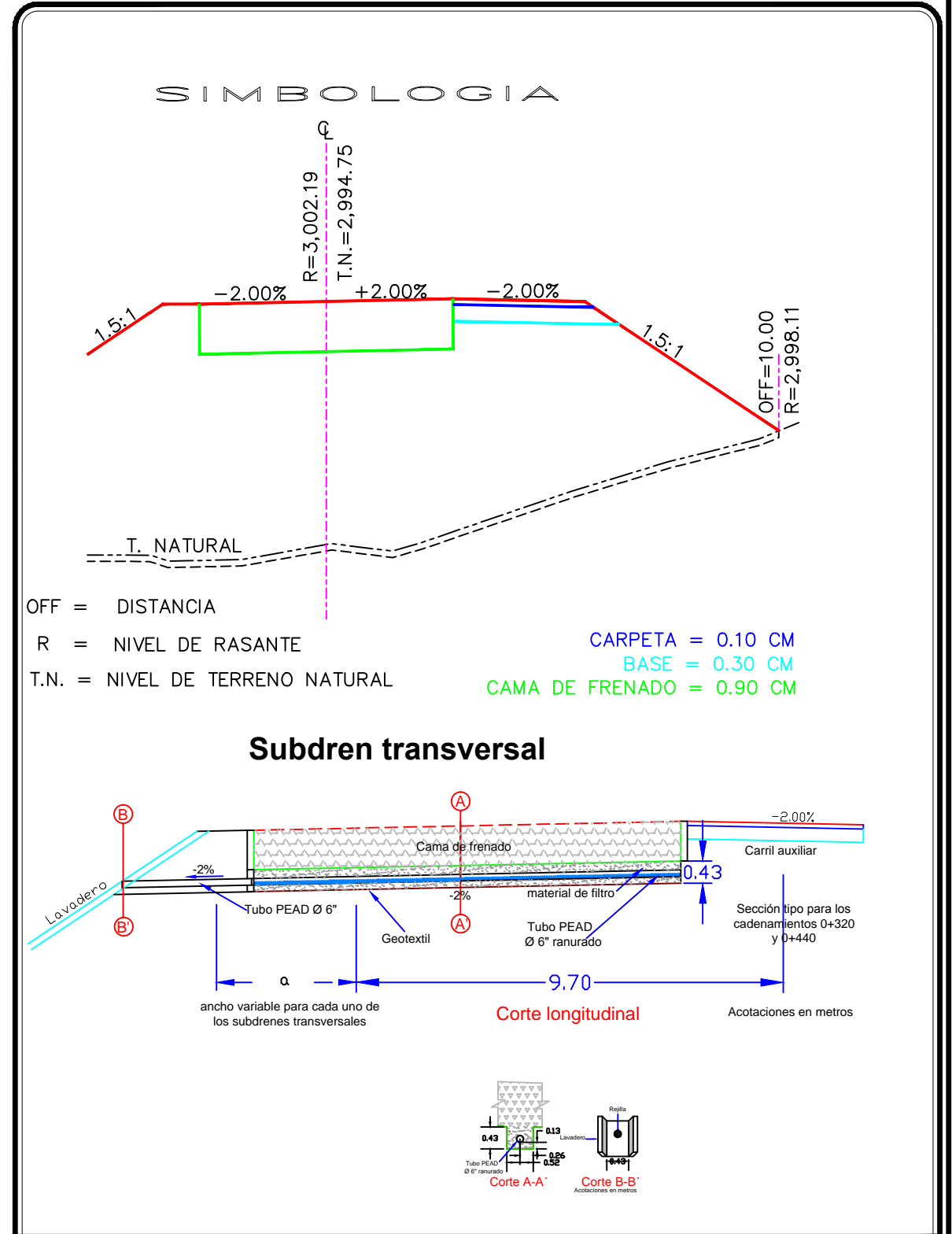
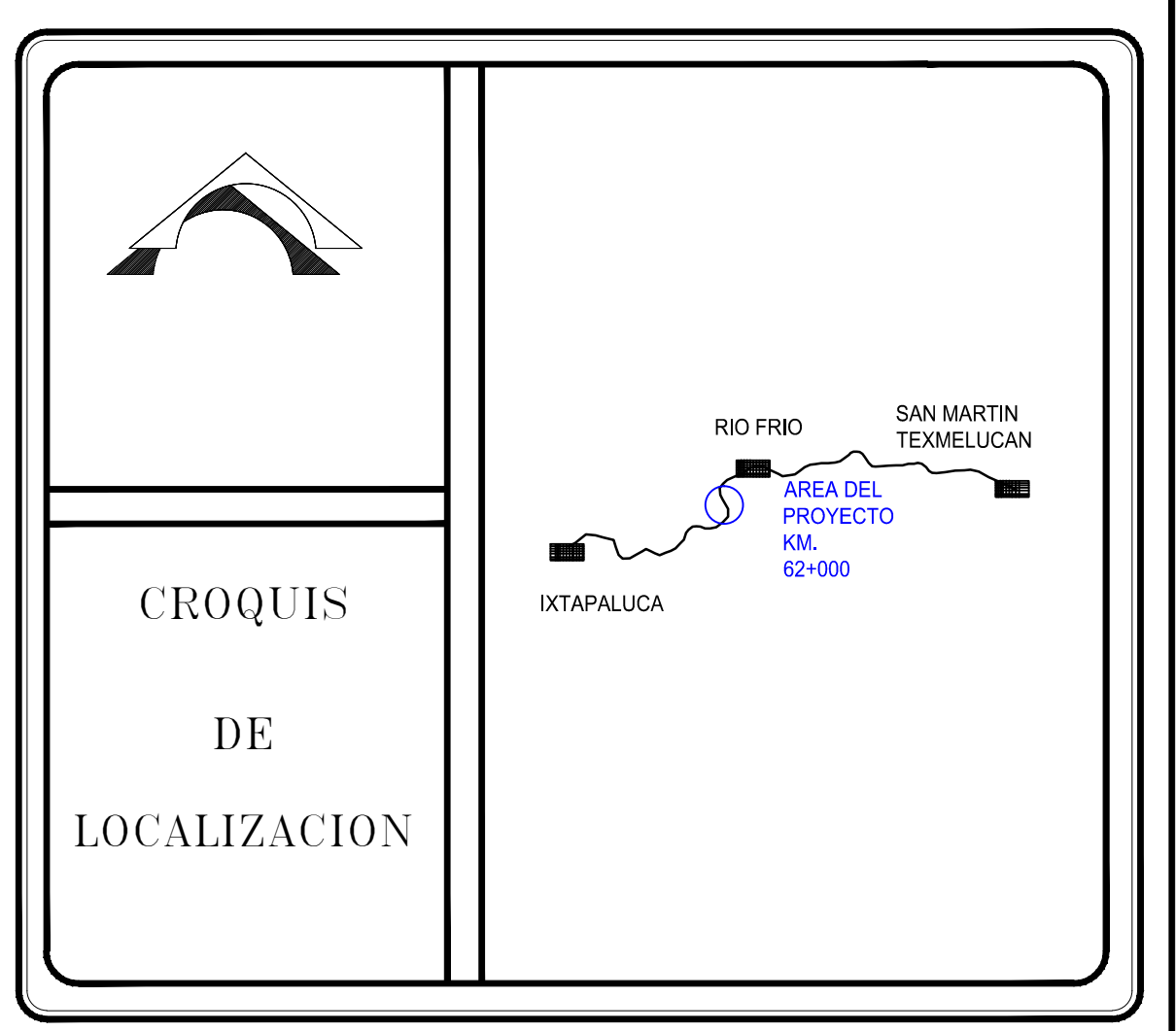
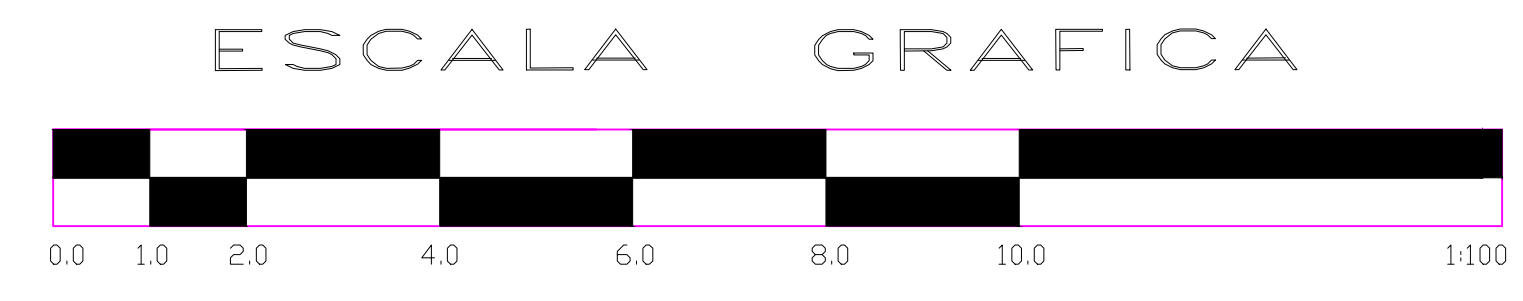
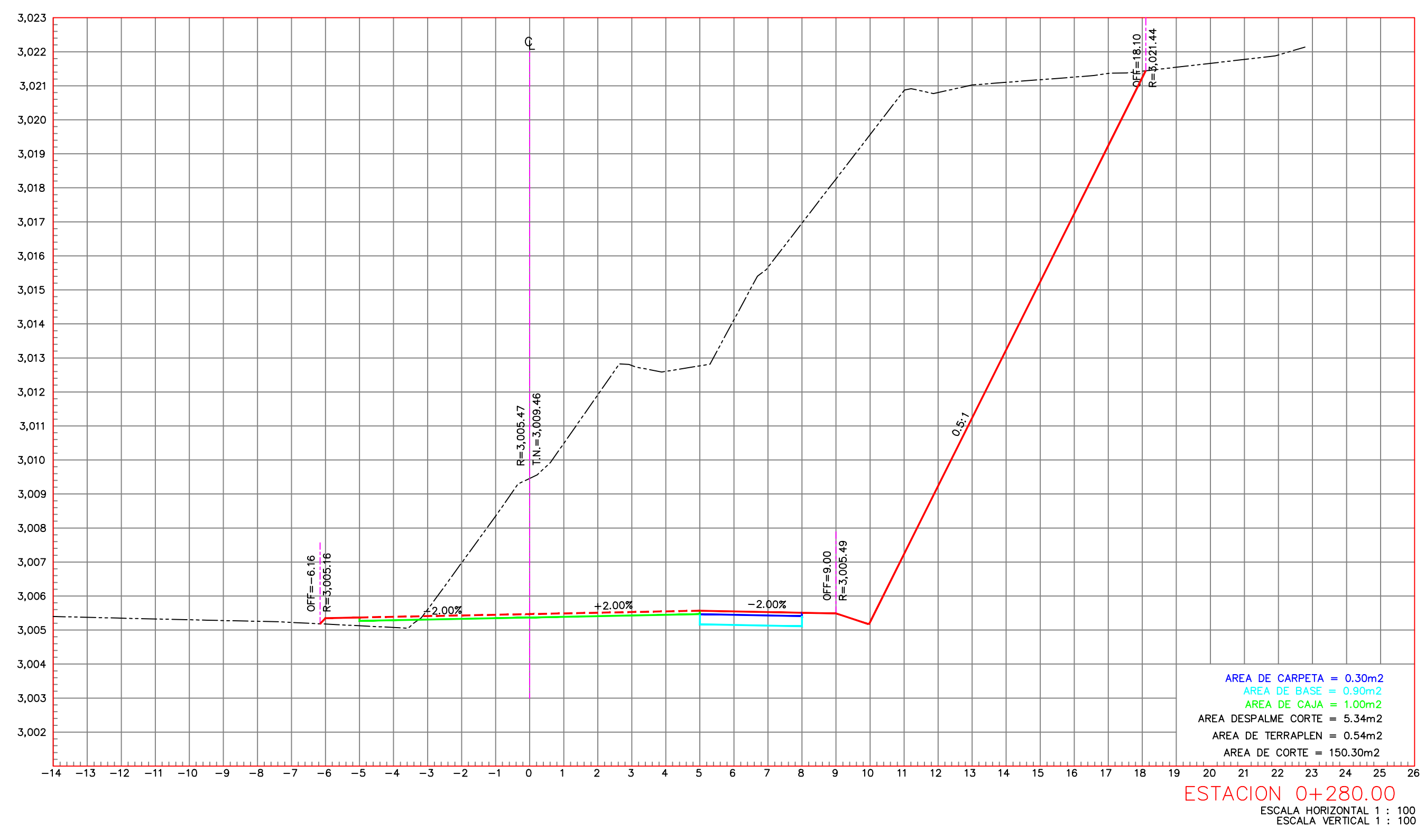
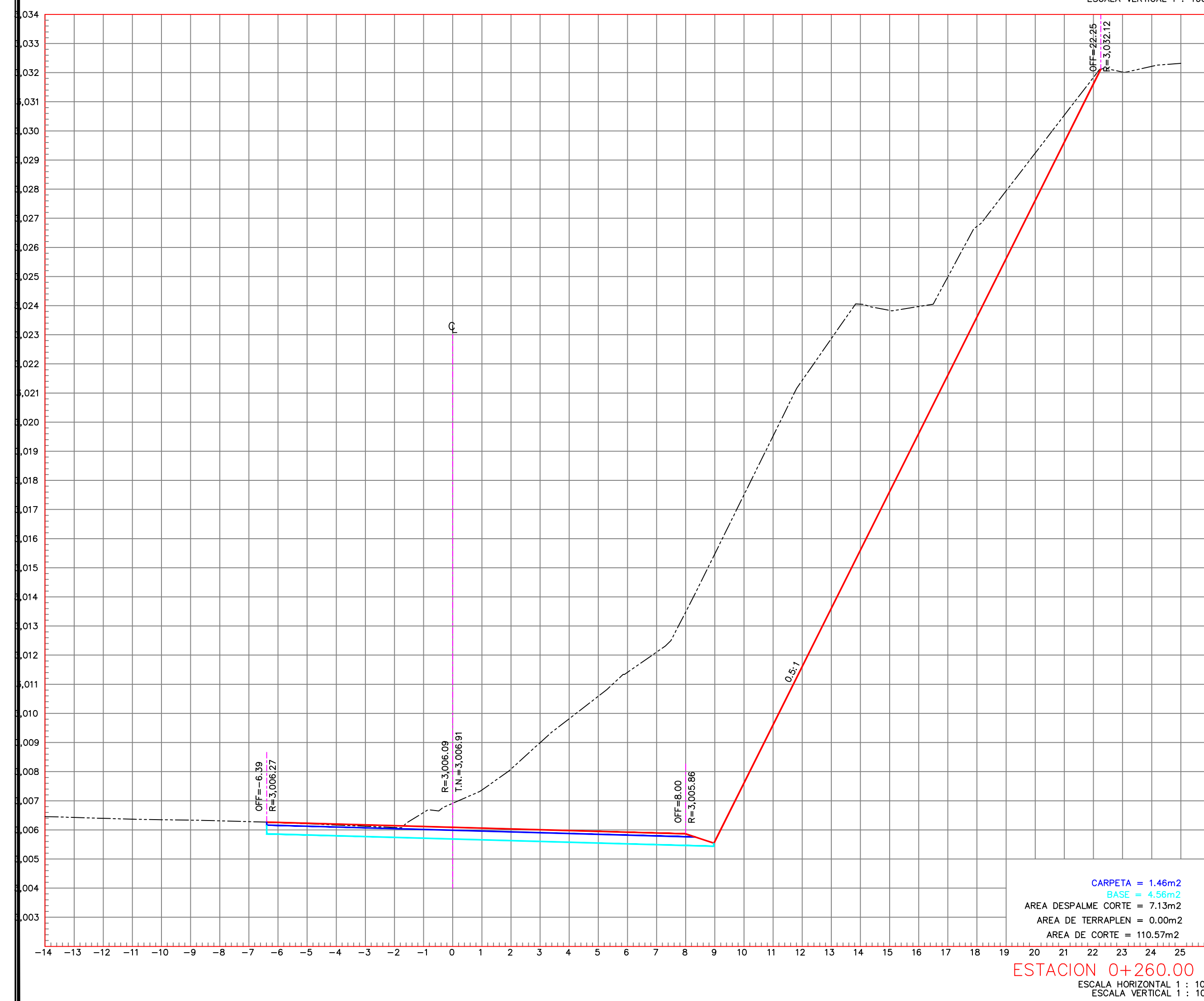
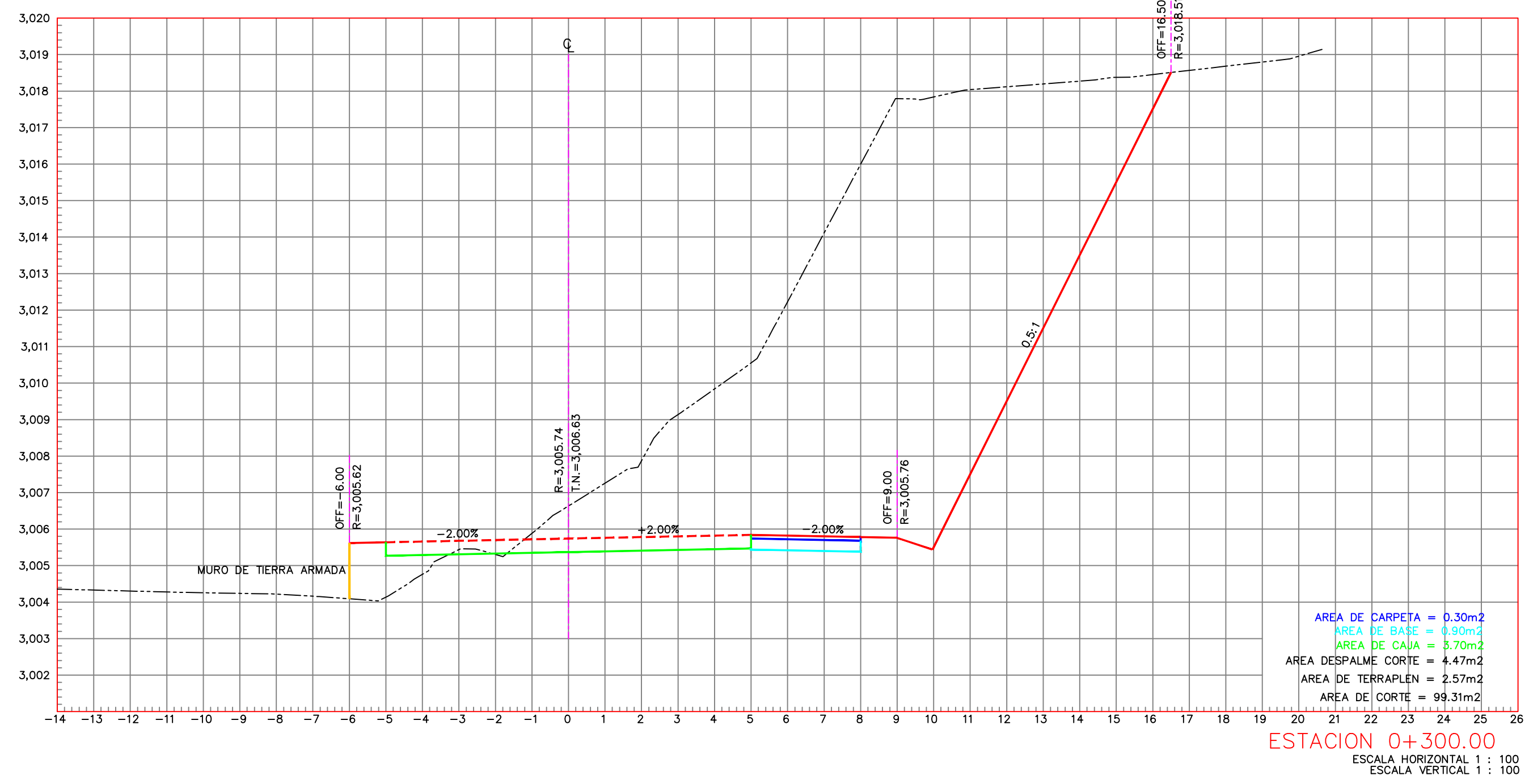
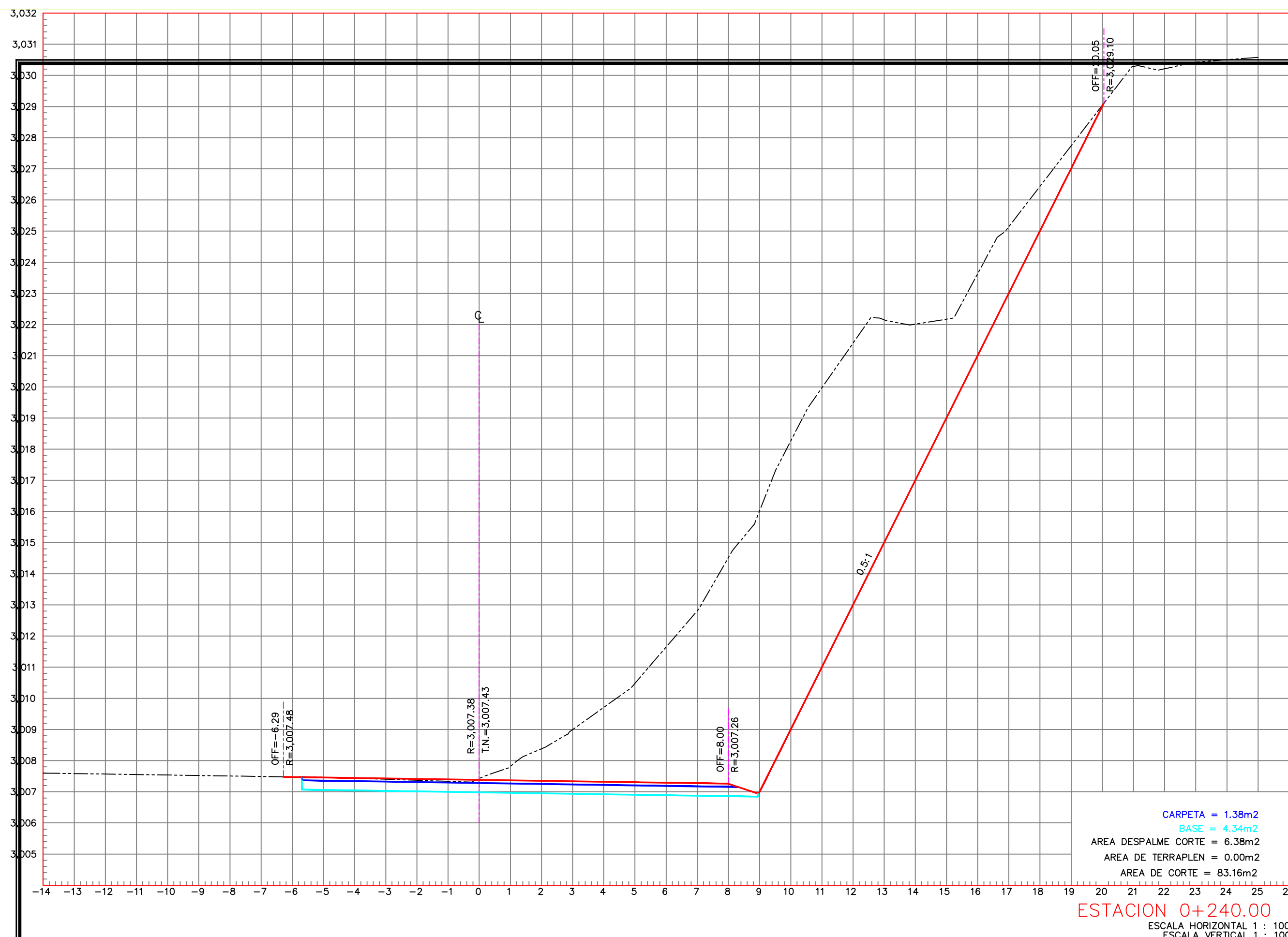
PROYECTO:
 ESTUDIO Y PROYECTO PARA RAMPA DE EMERGENCIA DEL
 KM 62 + 000 CUERPO "A" DE LA AUTOPISTA MEXICO - PUEBLA

PLANO:
SECCIONES TRANSVERSALES.

REALIZÓ:
 PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ANPE S.A. DE C.V.

CARRETERA TRAMO: KM 62 + 000
 AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA ORIGEN PUEBLA

PLANO MITT - 07b
 Escala Gráfica: 1 : 1000
 FECHA: JULIO 2012 CUERNAVACA, MORELOS



NOTAS:

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
 DELEGACION REGIONAL IV ZONA CENTRO-SUR
 SUBDELEGACION TECNICA

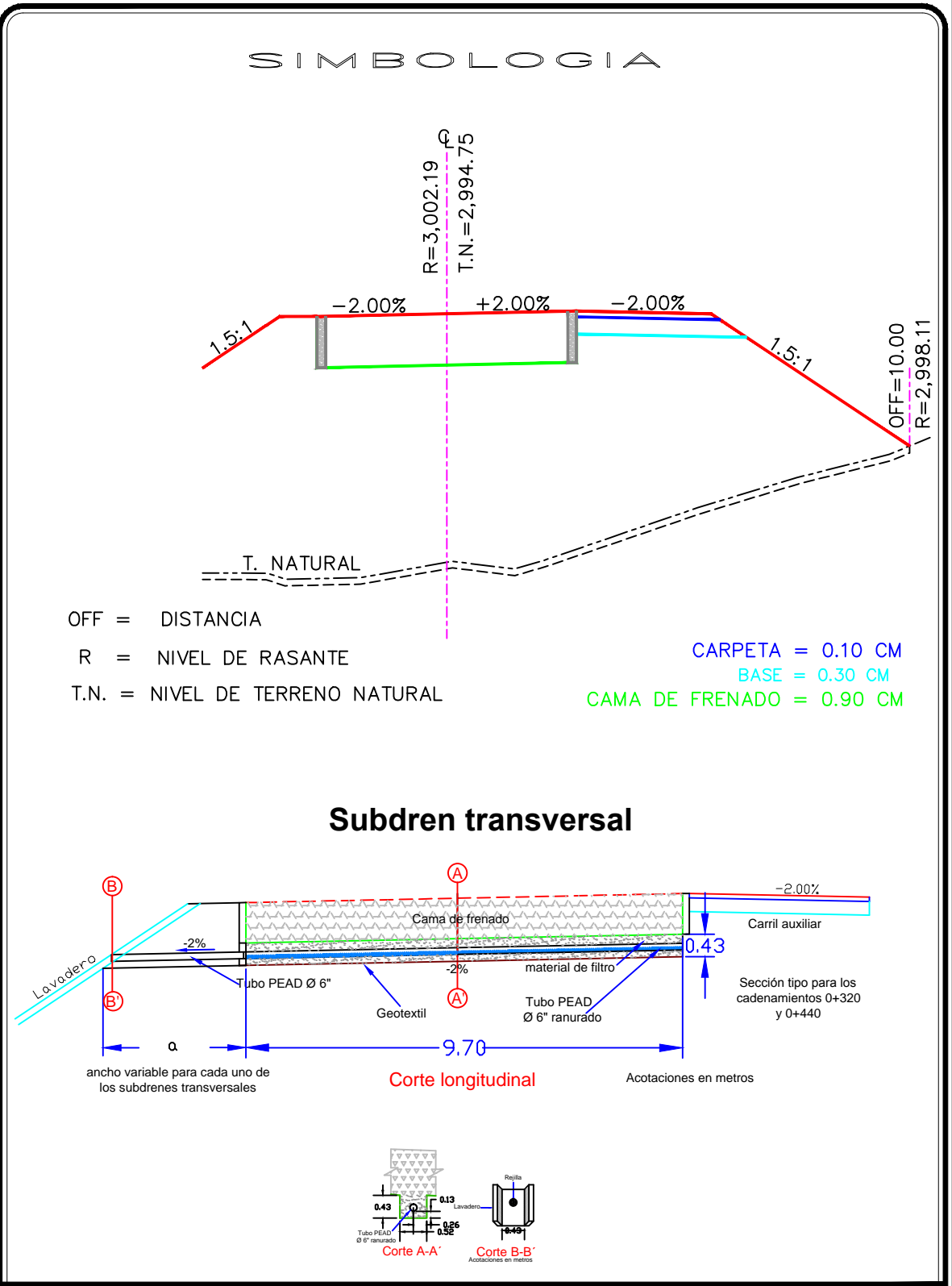
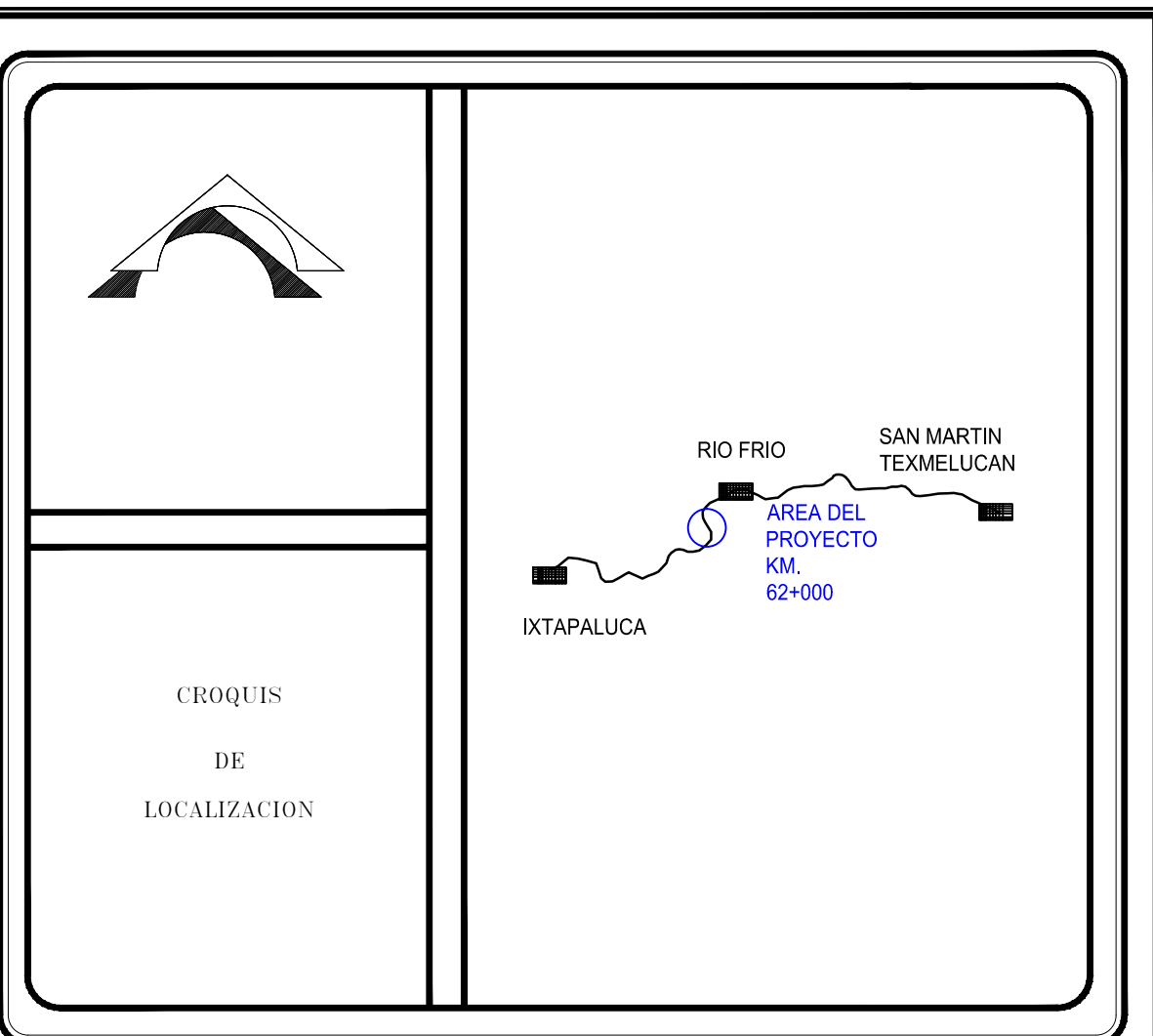
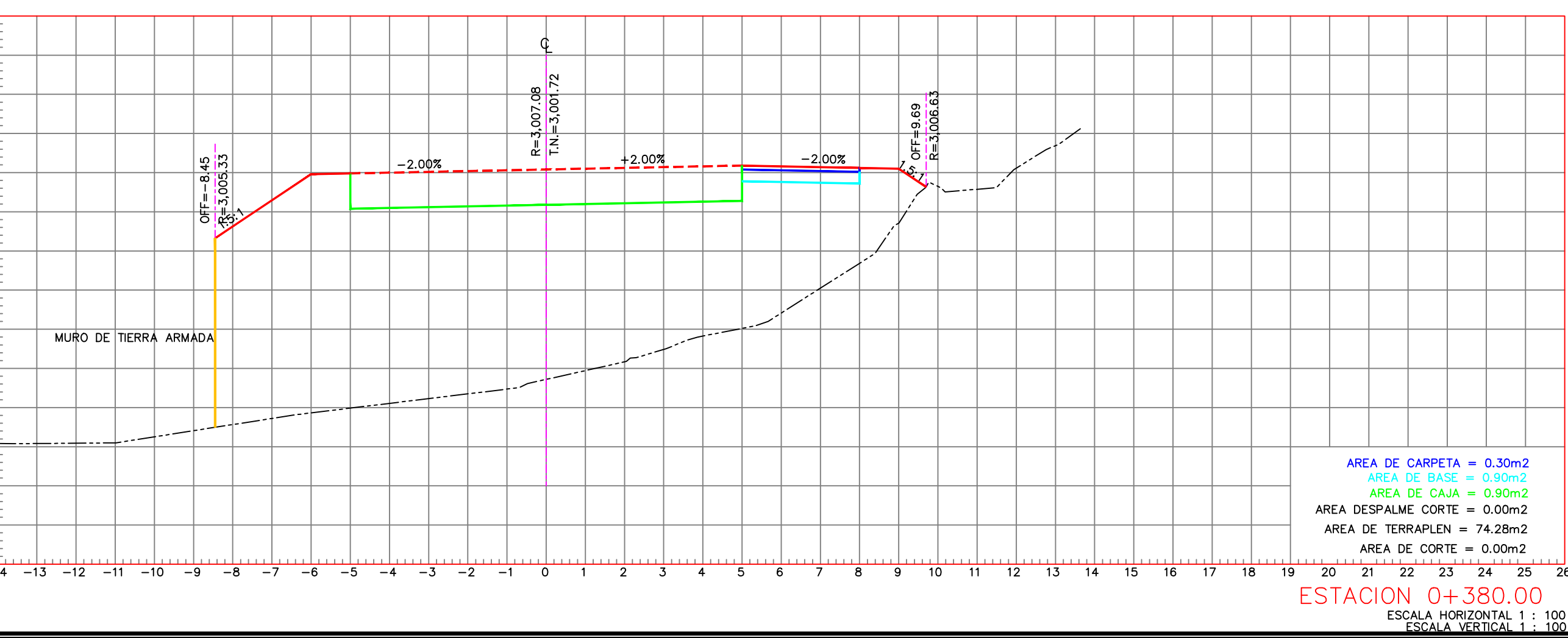
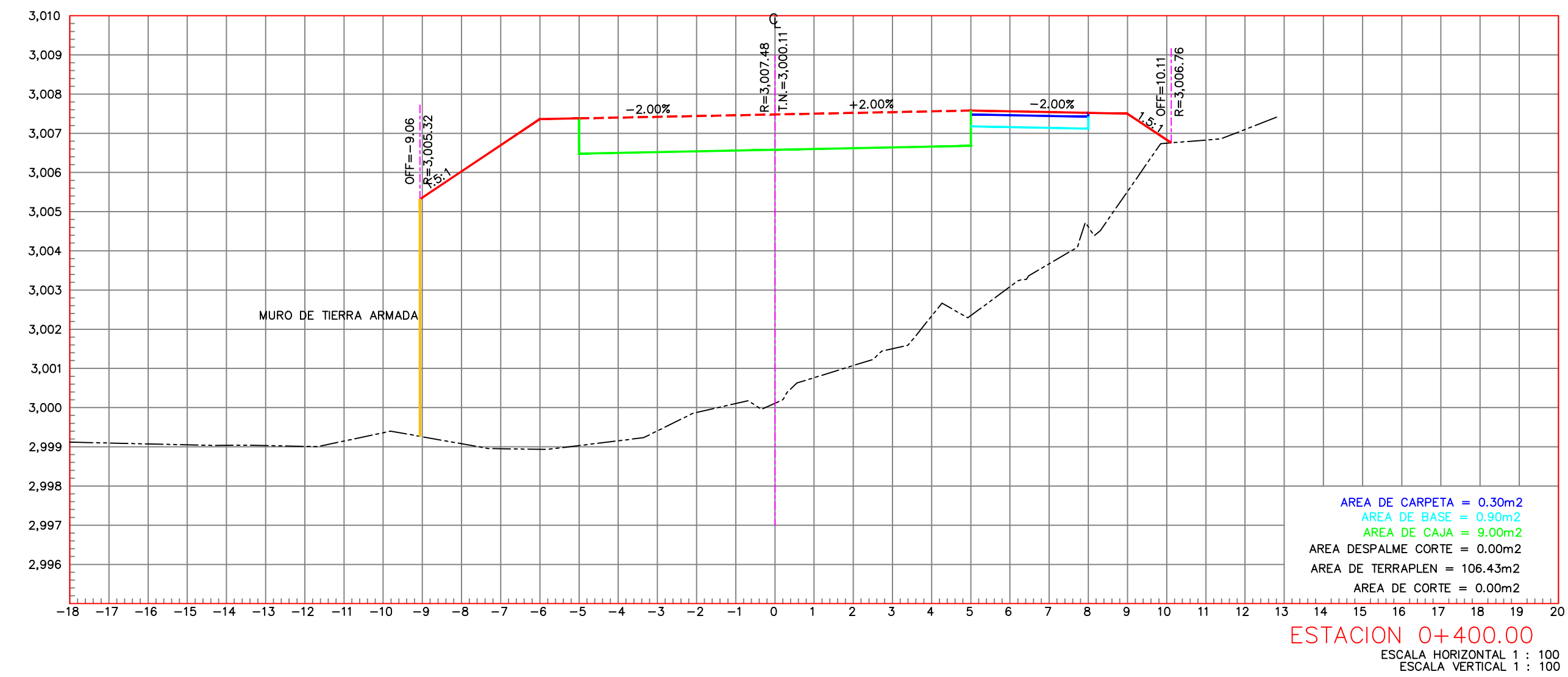
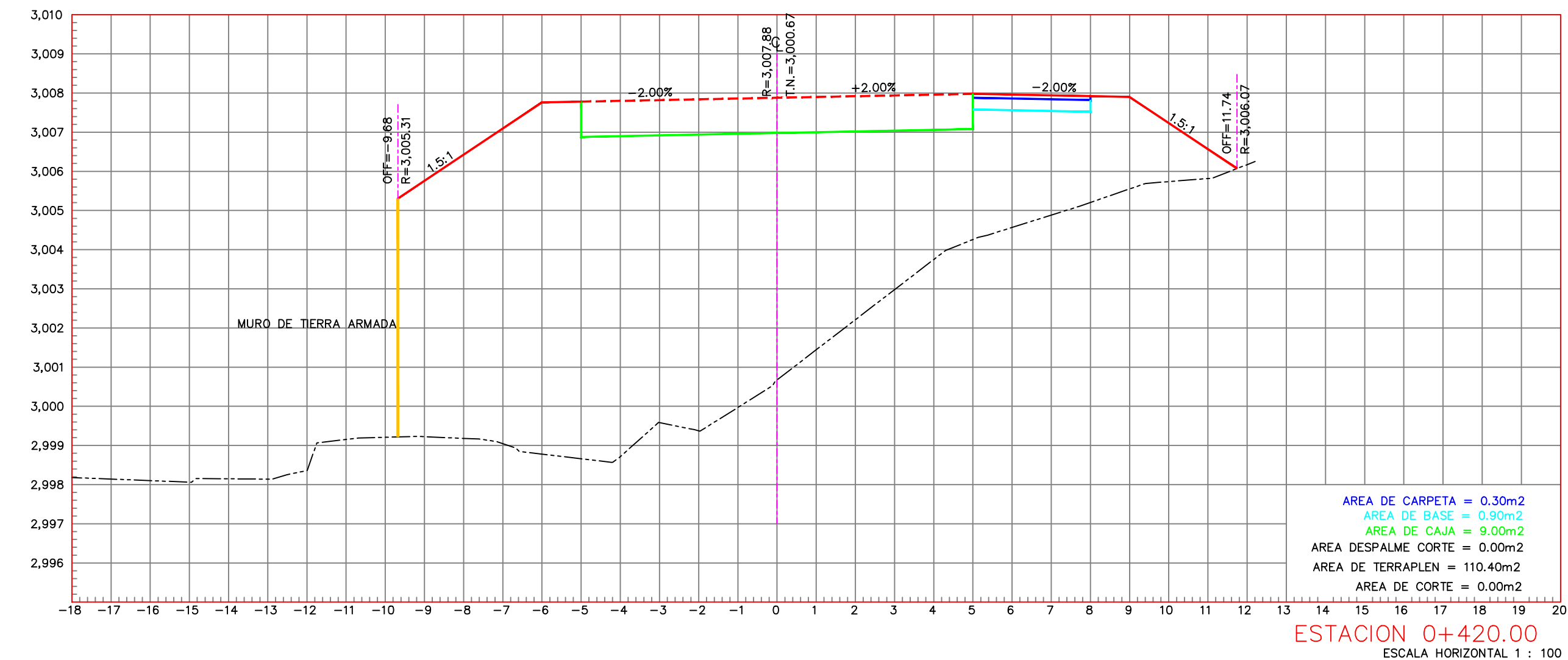
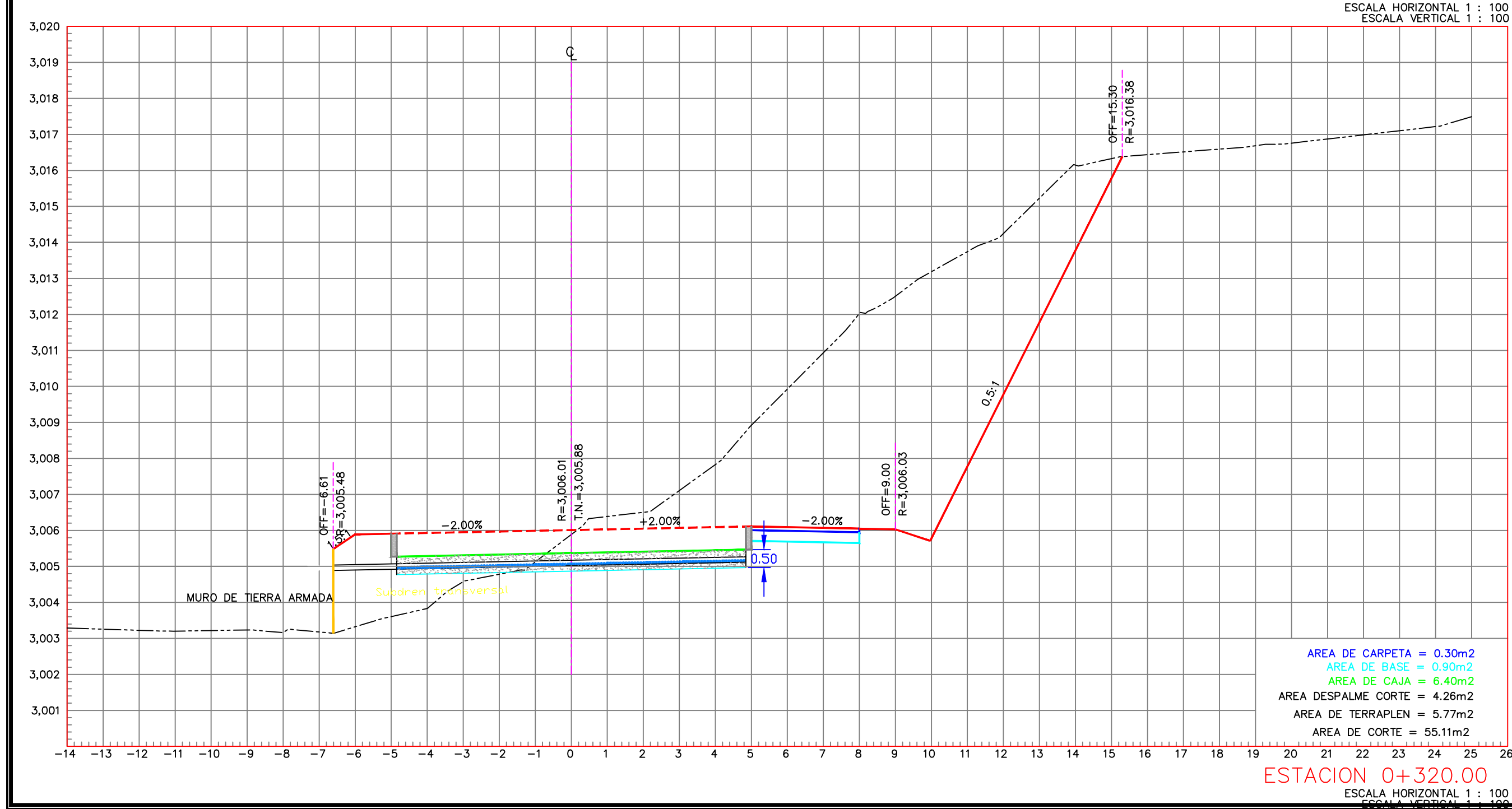
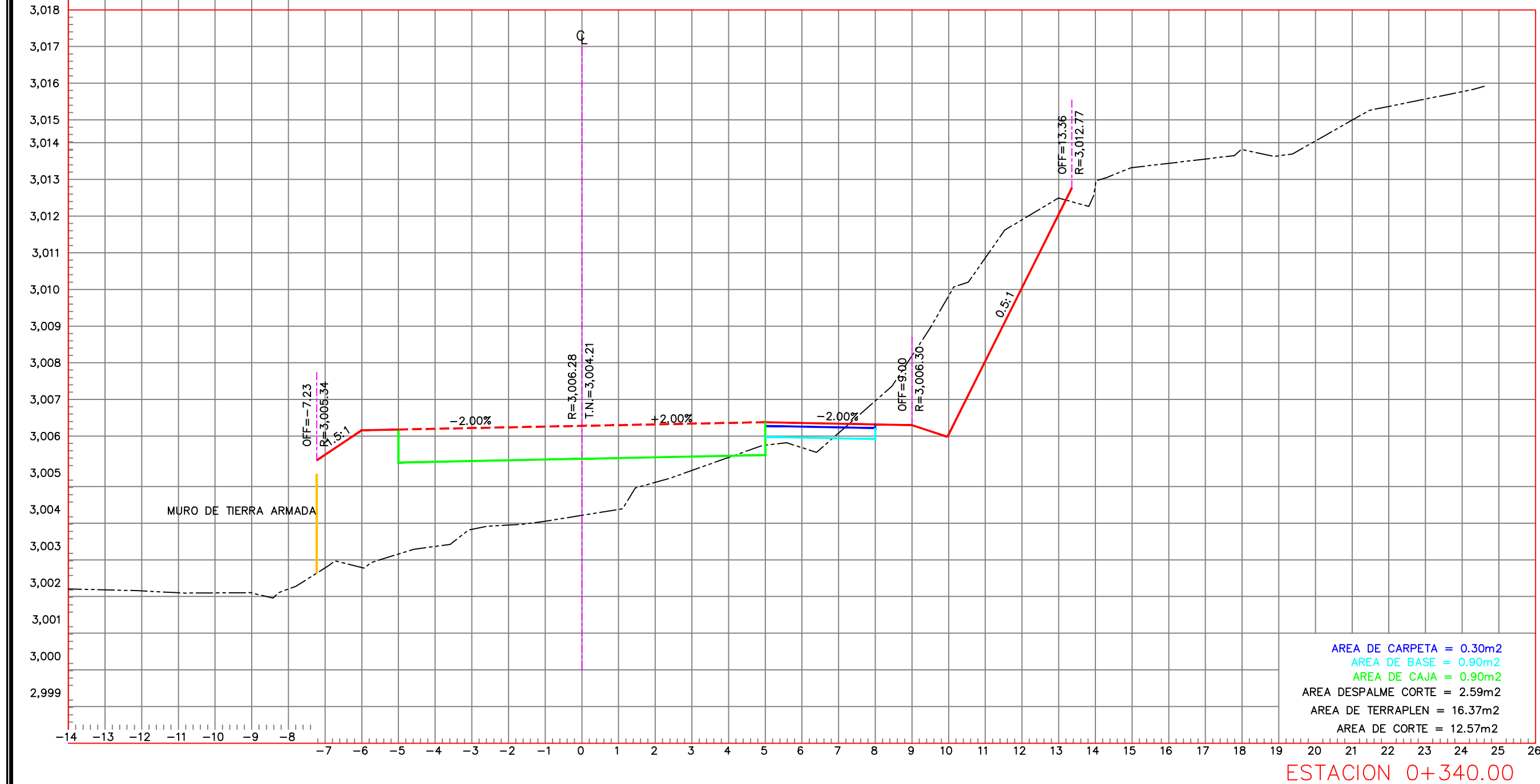
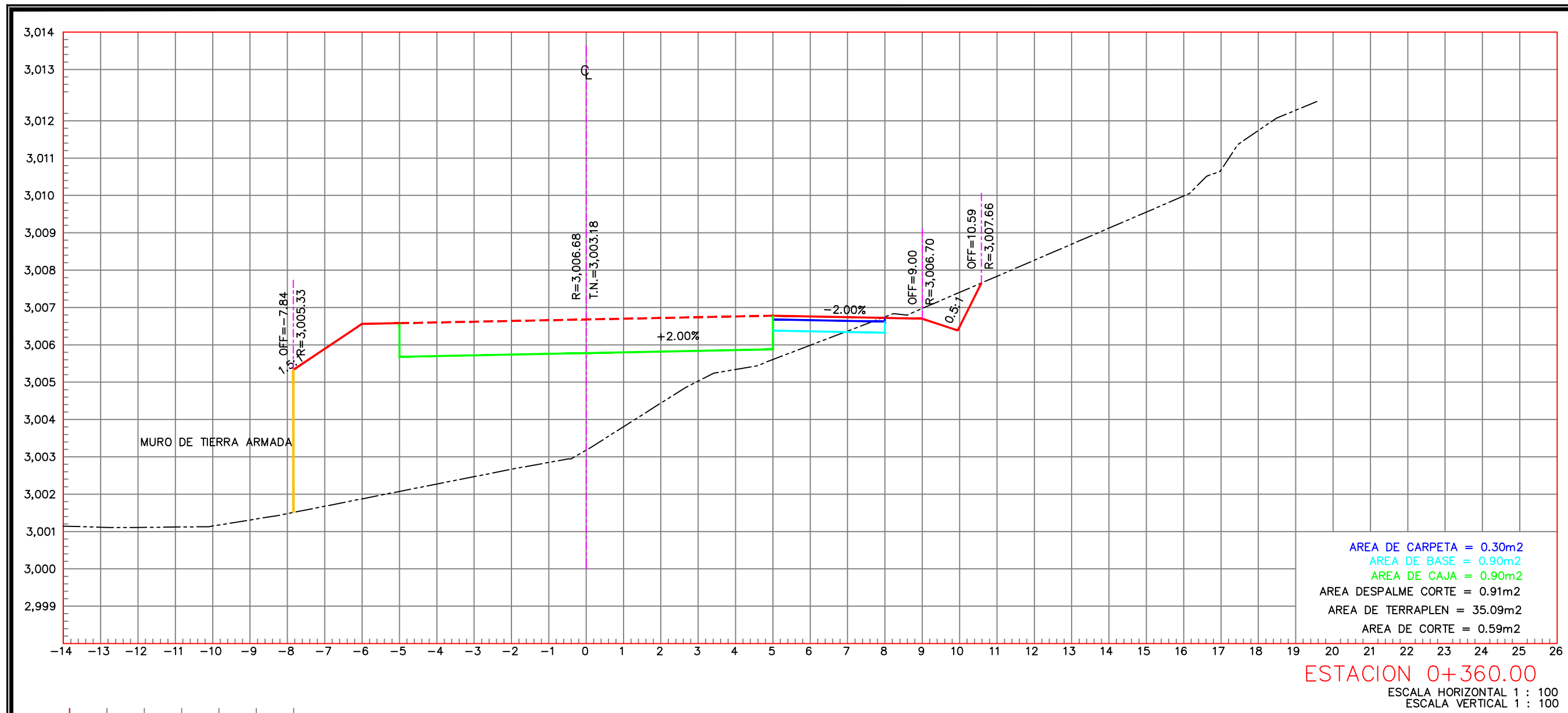
PROYECTO:
 ESTUDIO Y PROYECTO PARA RAMPA DE EMERGENCIA DEL
 KM 62 + 000 CUERPO "A" DE LA AUTOPISTA MEXICO - PUEBLA

PLANOS:
SECCIONES TRANSVERSALES.

REALIZO:
 PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ANPE S.A. DE C.V.

CARRETERA TRAMO: KM 62 + 000
 AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA ORIGEN PUEBLA

PLANO MITT - 07c
 Escala Gráfica: 1 : 1000
 FECHA: JULIO 2012 CUERNAVACA, MORELOS.



NOTAS:

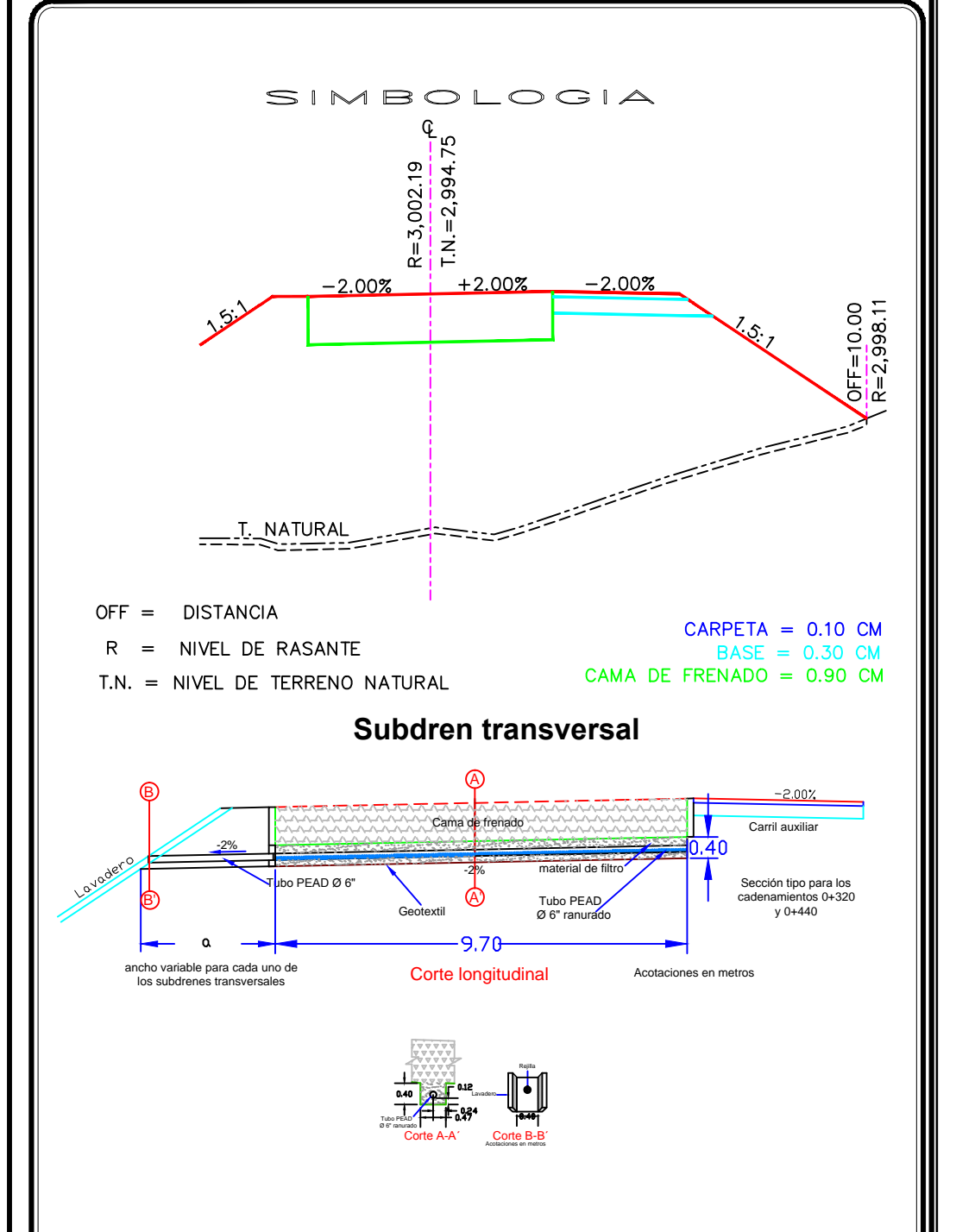
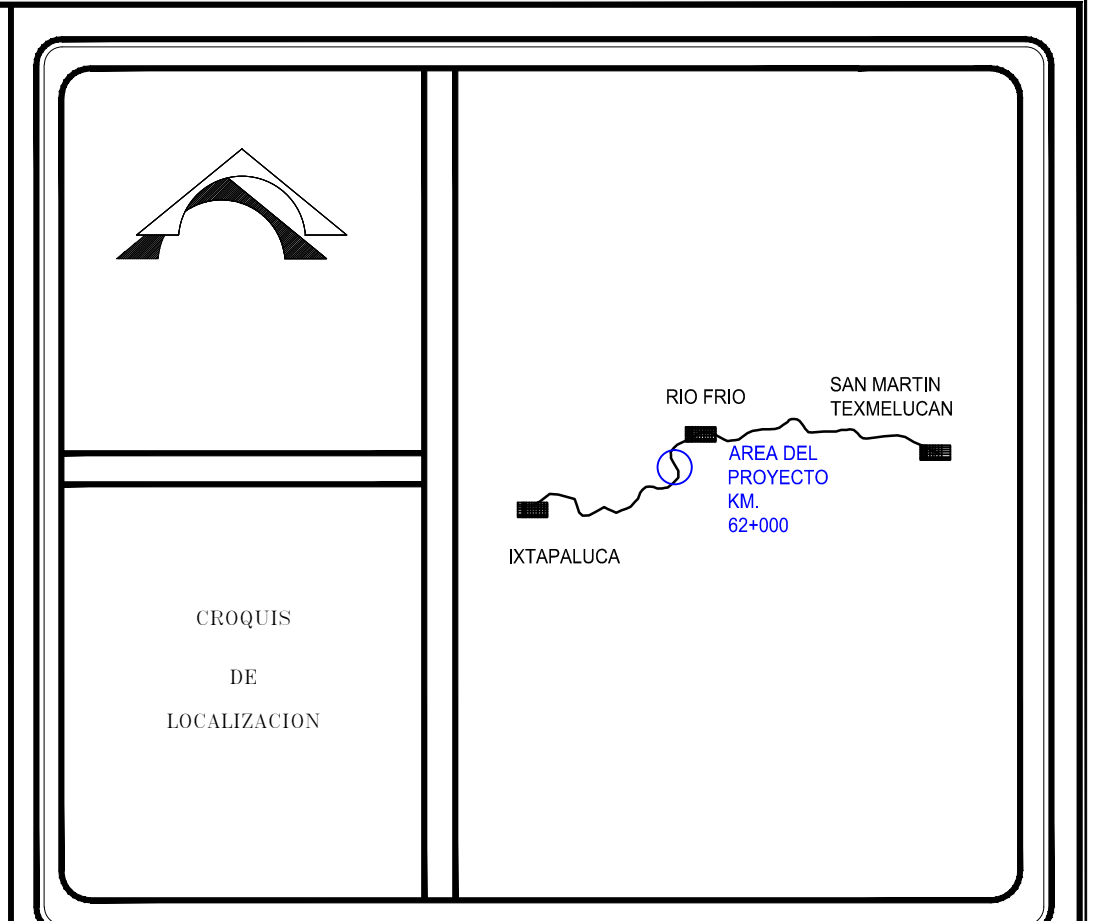
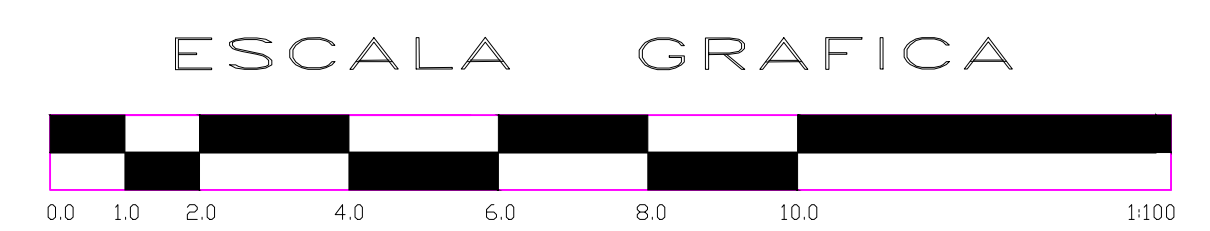
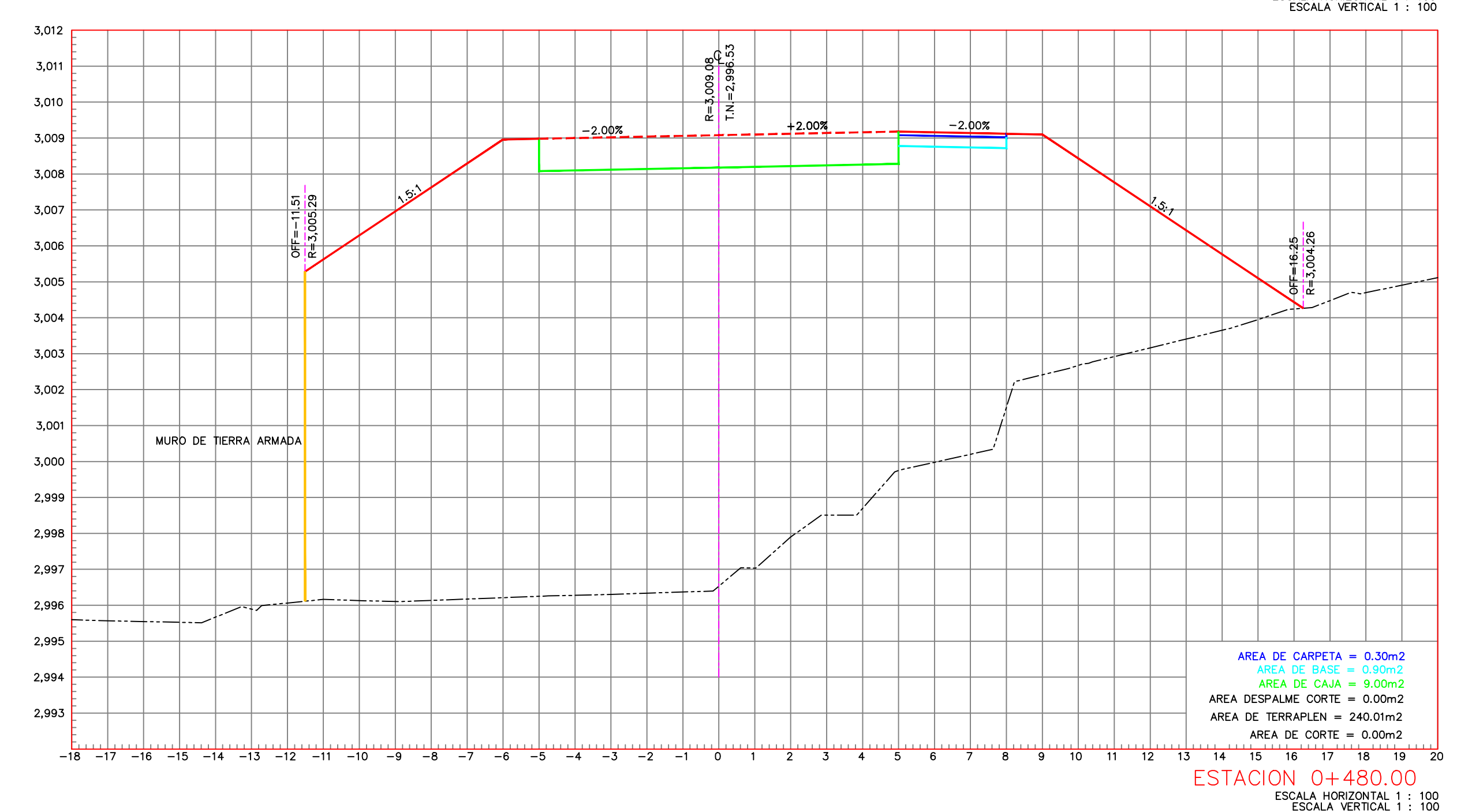
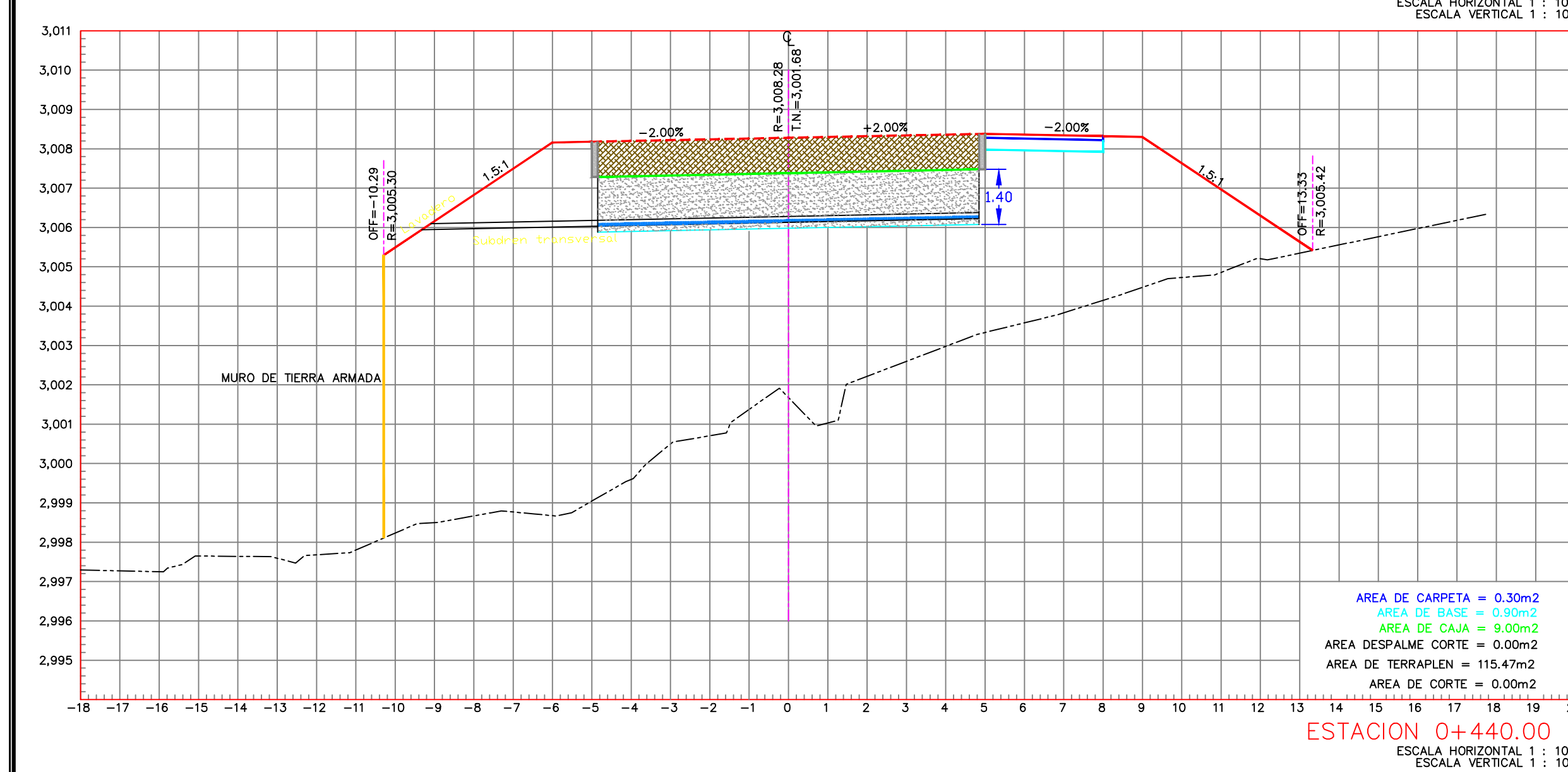
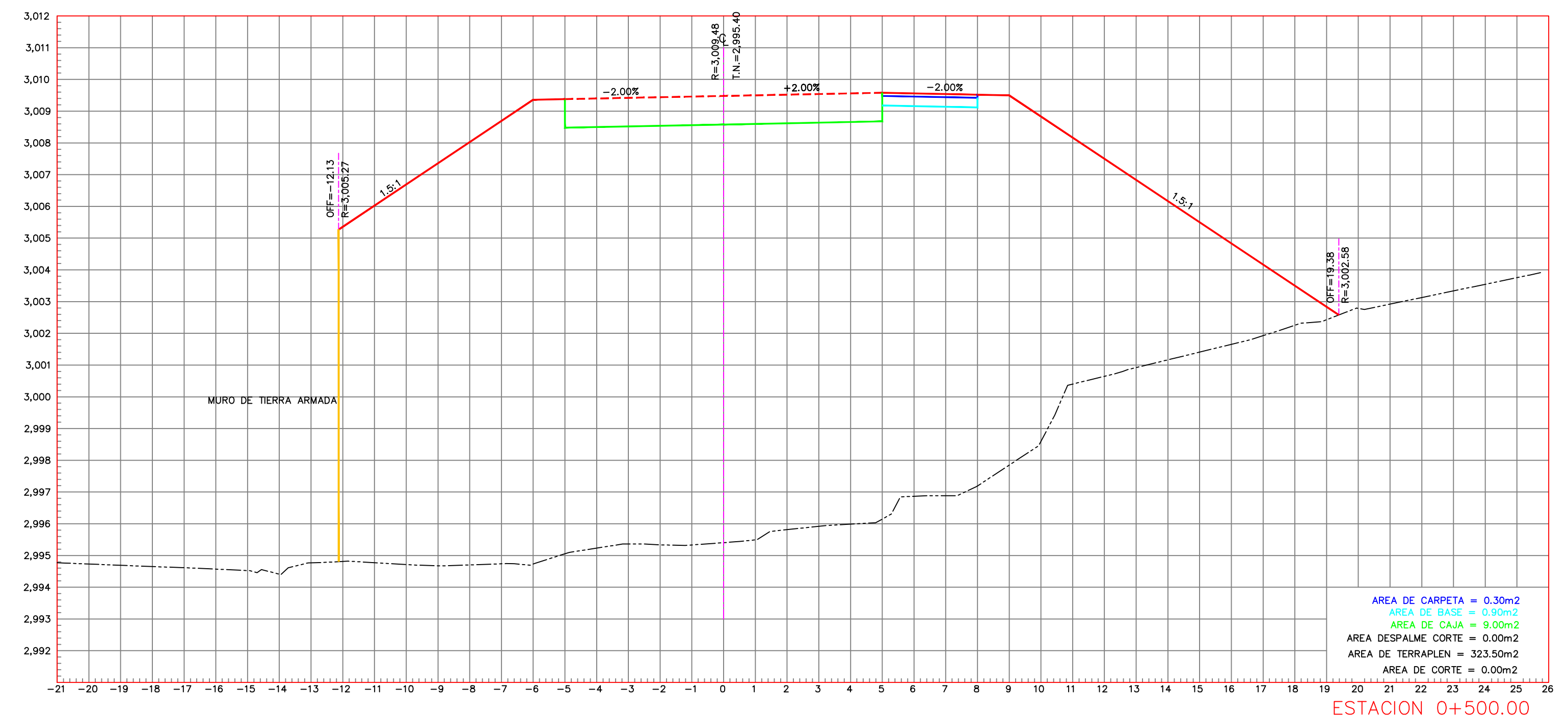
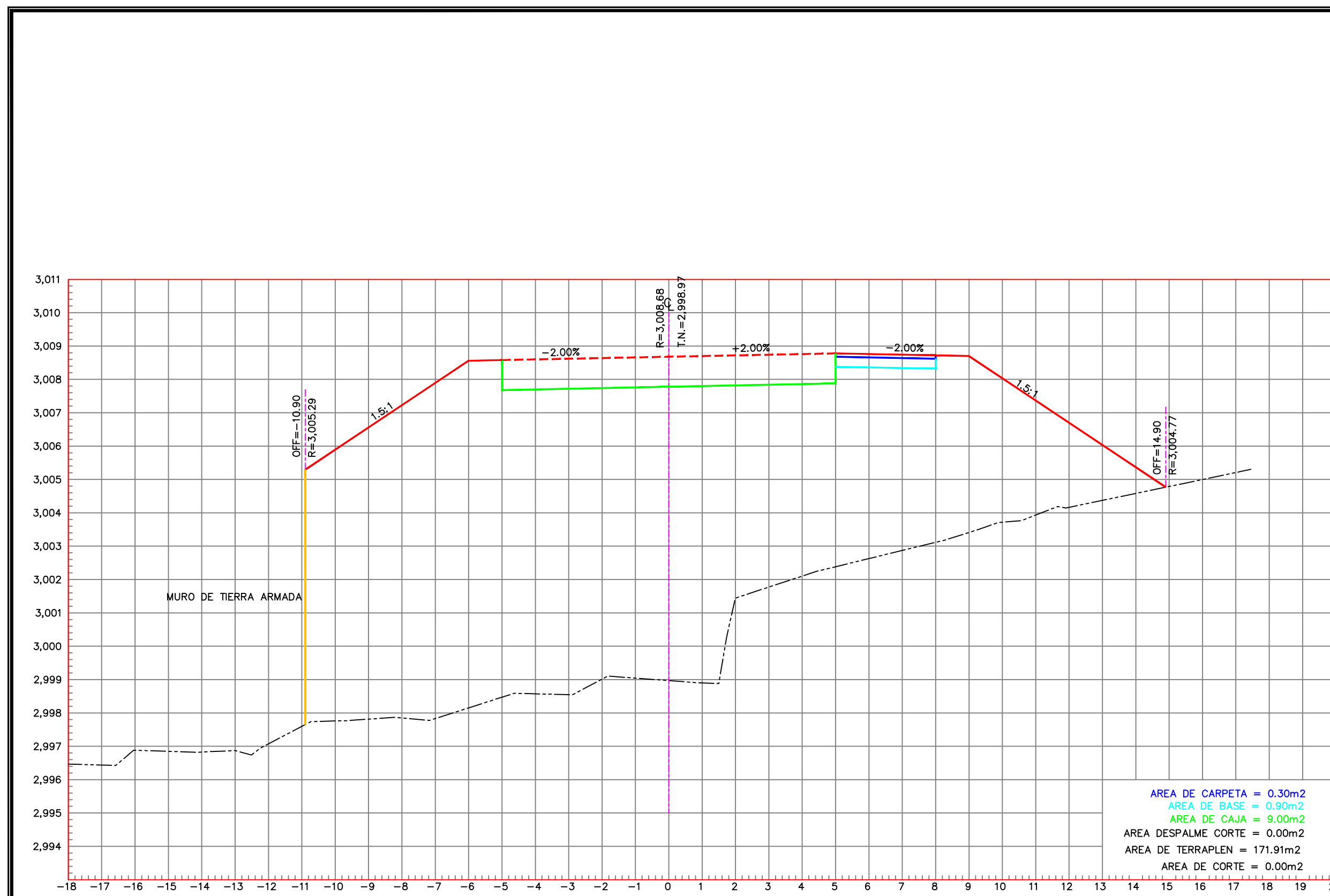
CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
 DELEGACION REGIONAL IV ZONA CENTRO-SUR
 SUBDELEGACION TECNICA

PROYECTO:
 ESTUDIO Y PROYECTO PARA RAMPA DE EMERGENCIA DEL
 KM 62 + 000 CUERPO "A" DE LA AUTOPISTA MEXICO - PUEBLA.
 PLANO: SECCIONES TRANSVERSALES.

REALIZÓ:
 PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ANPE S.A. DE C.V.

CARRETERA TRAMO: KM 62 + 000
 AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA ORIGEN PUEBLA

PLANO MITT - 07d
 Escala Gráfica: 1 : 1000
 FECHA: JULIO 2012 CUERNAVACA, MORELOS.



NOTAS:

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
 DELEGACION REGIONAL IV ZONA CENTRO-SUR
 SUBDELEGACION TECNICA

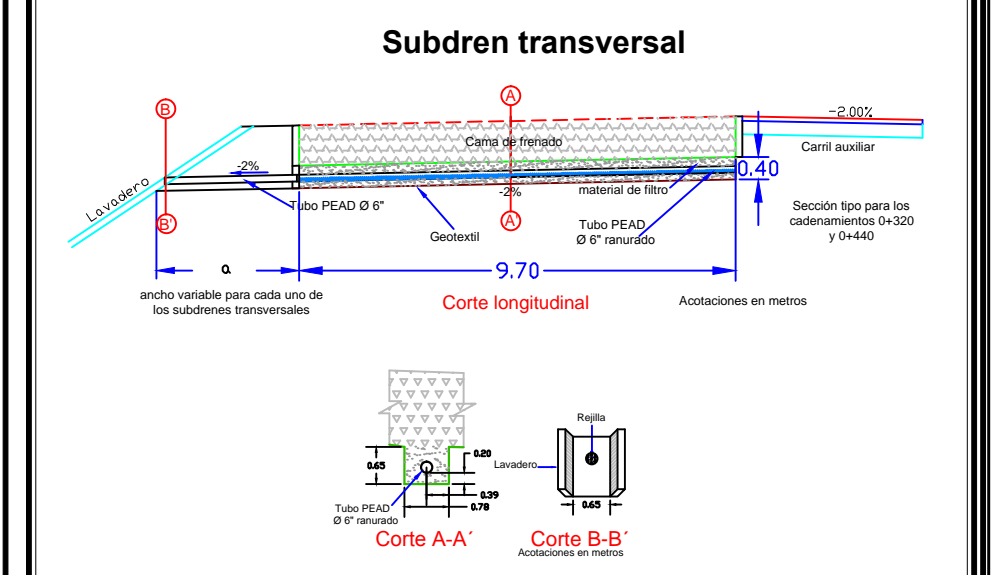
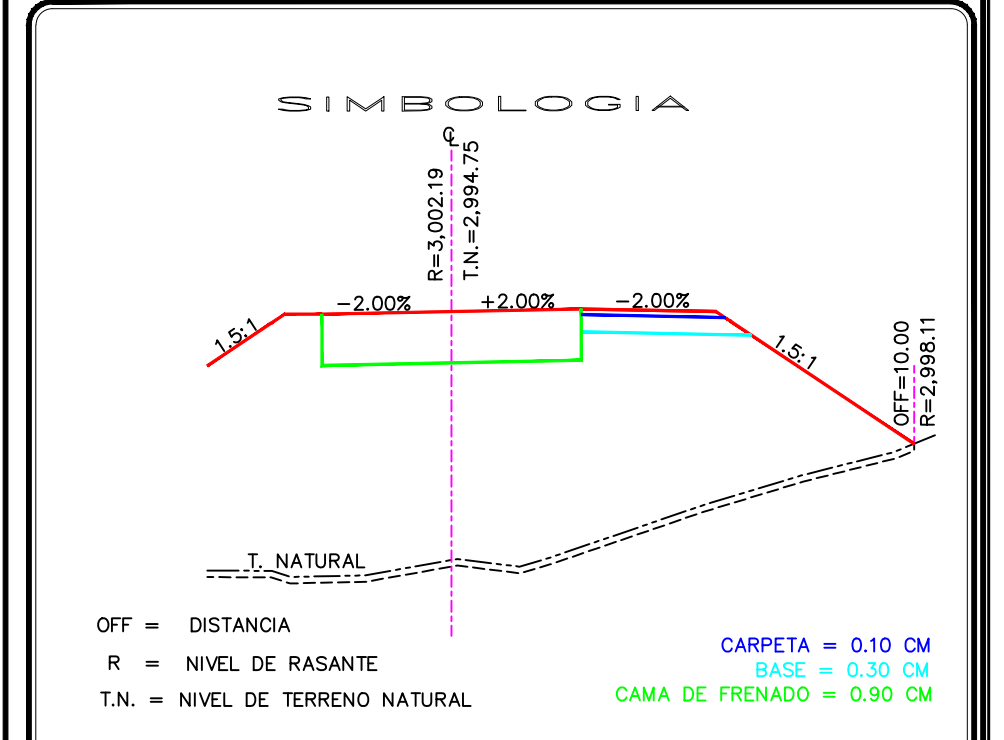
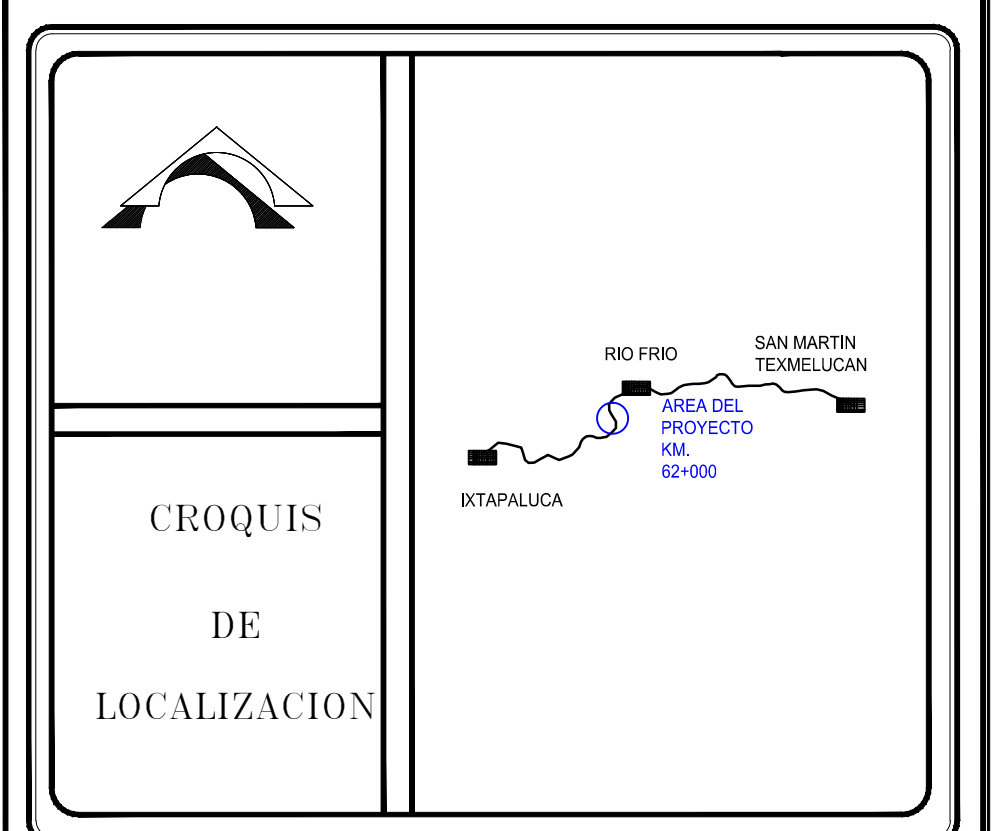
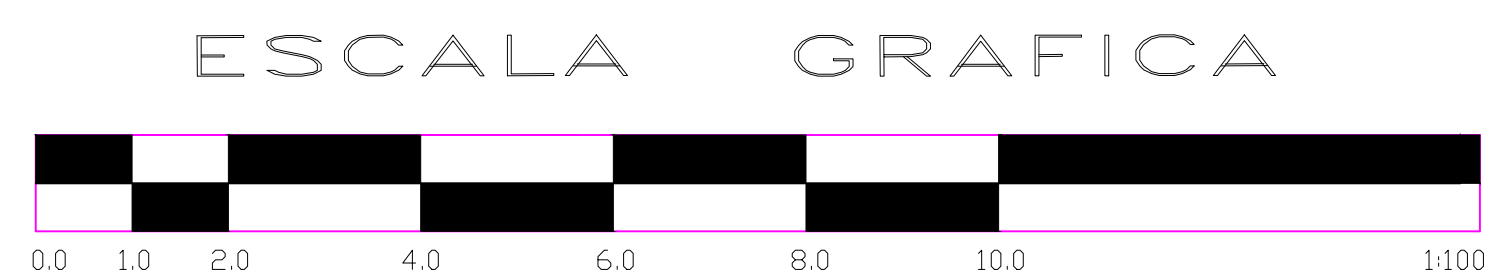
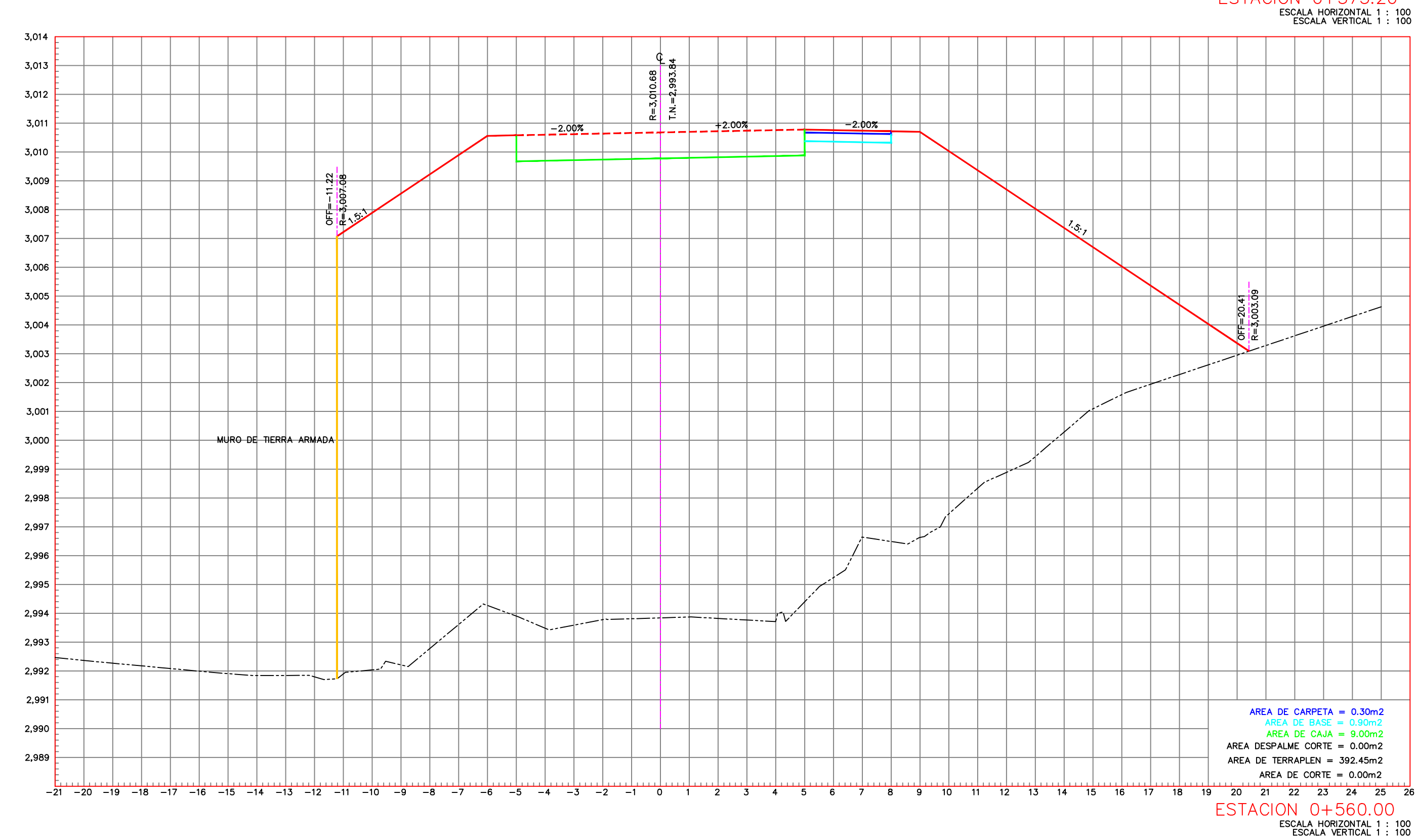
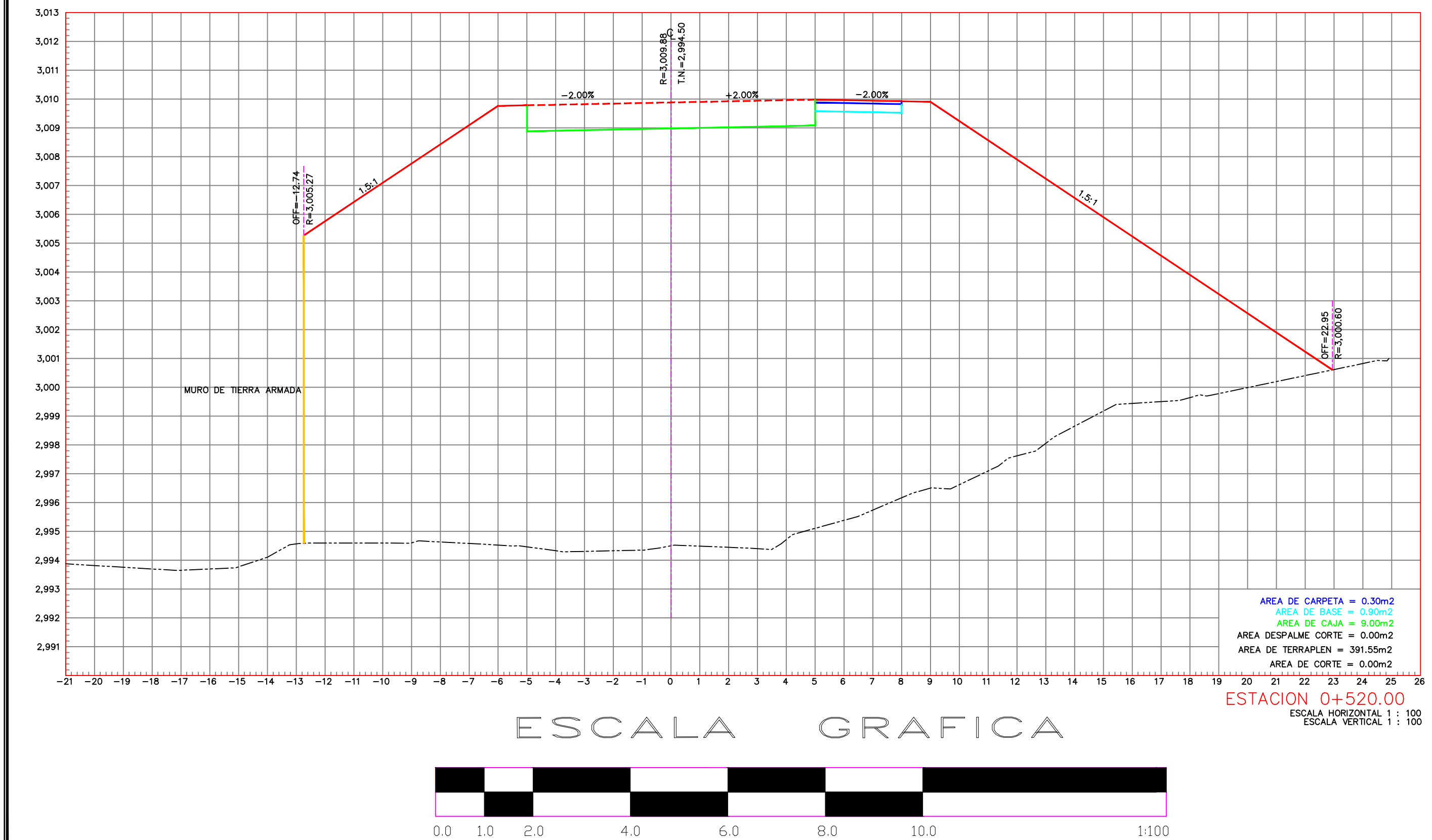
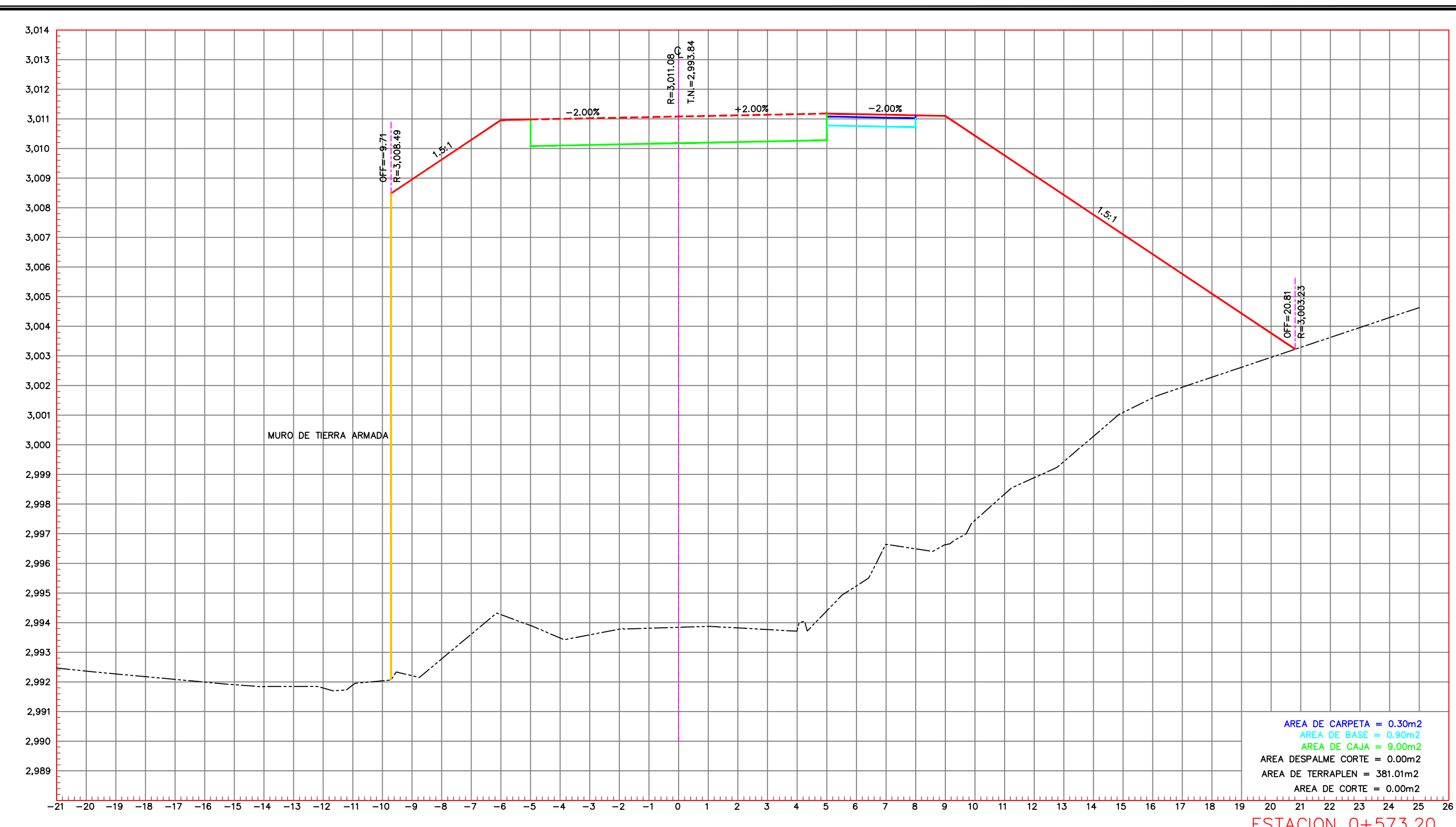
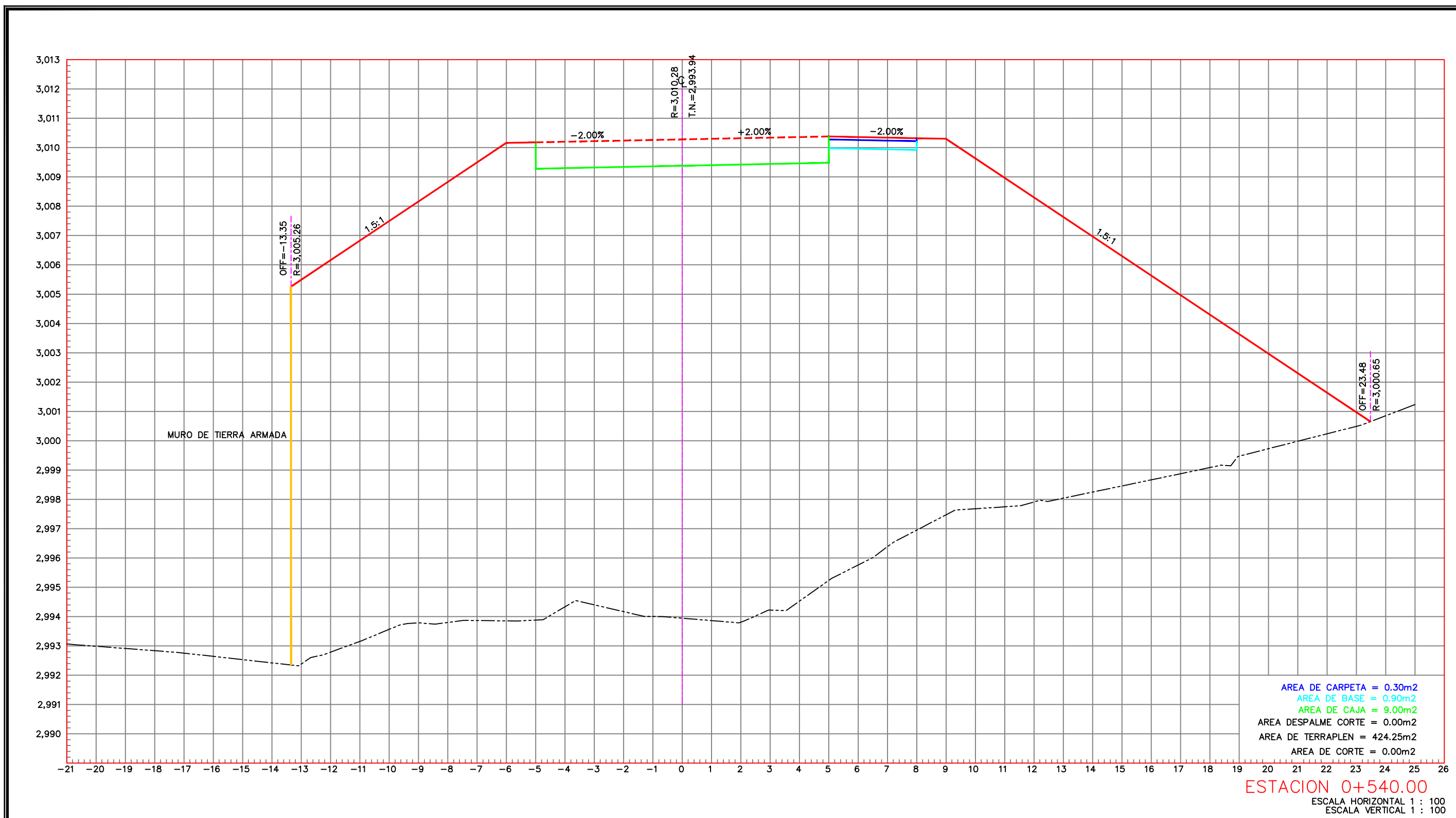
PROYECTO:
 ESTUDIO Y PROYECTO PARA RAMPA DE EMERGENCIA DEL
 KM 62 + 000 CUERPO "A" DE LA AUTOPISTA MEXICO - PUEBLA

PLANO:
SECCIONES TRANSVERSALES.

REALIZÓ:
 PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ANPE S.A. DE C.V.

CARRETERA TRAMO: KM 62 + 000
 AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA ORIGEN PUEBLA

PLANO MITT - 07e
 Escala Gráfica: 1 : 1000
 FECHA: JULIO 2012 CUERNAVACA, MORELOS



NOTAS:

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
 DELEGACION REGIONAL IV ZONA CENTRO-SUR
 SUBDELEGACION TECNICA

PROYECTO:
 ESTUDIO Y PROYECTO PARA RAMPA DE EMERGENCIA DEL
 KM 62 + 000 CUERPO "A" DE LA AUTOPISTA MEXICO - PUEBLA.

PLANO:
 SECCIONES TRANSVERSALES.

REALIZÓ:
 PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ANPE S.A. DE C.V.

CARRETERA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA TRAMO: KM 62+000
 ORIGEN: PUEBLA

PLANO MITT - 07f
 Escala Gráfica: 1 : 1000

FECHA: JULIO 2012 CUERNAVACA, MORELOS.

CROQUIS DE LOCALIZACION

SIMBOLOGIA

- ACOTAMIENTO
- LINEA SEPARADORA DE CARRILES
- EJE DE AUTOPISTA
- EJE DE RAMPA
- CADENAMIENTO
- CUNETA
- DERECHO DE VIA
- ZONA DE TRANSICION
- CAMA DE FRENADO
- SENTIDO DE CIRCULACION
- CARRIL DE SERVICIO
- AFECTACION
- MURO DE TIERRA ARMADA

NOTAS GENERALES

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
ELEGACION REGIONAL IV ZONA CENTRO - SUR
SUBDELEGACION TECNICA

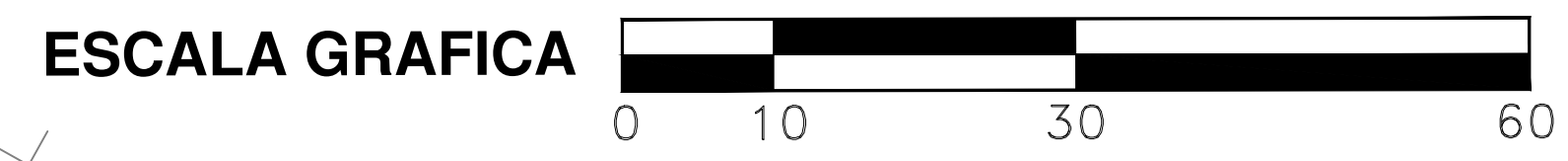
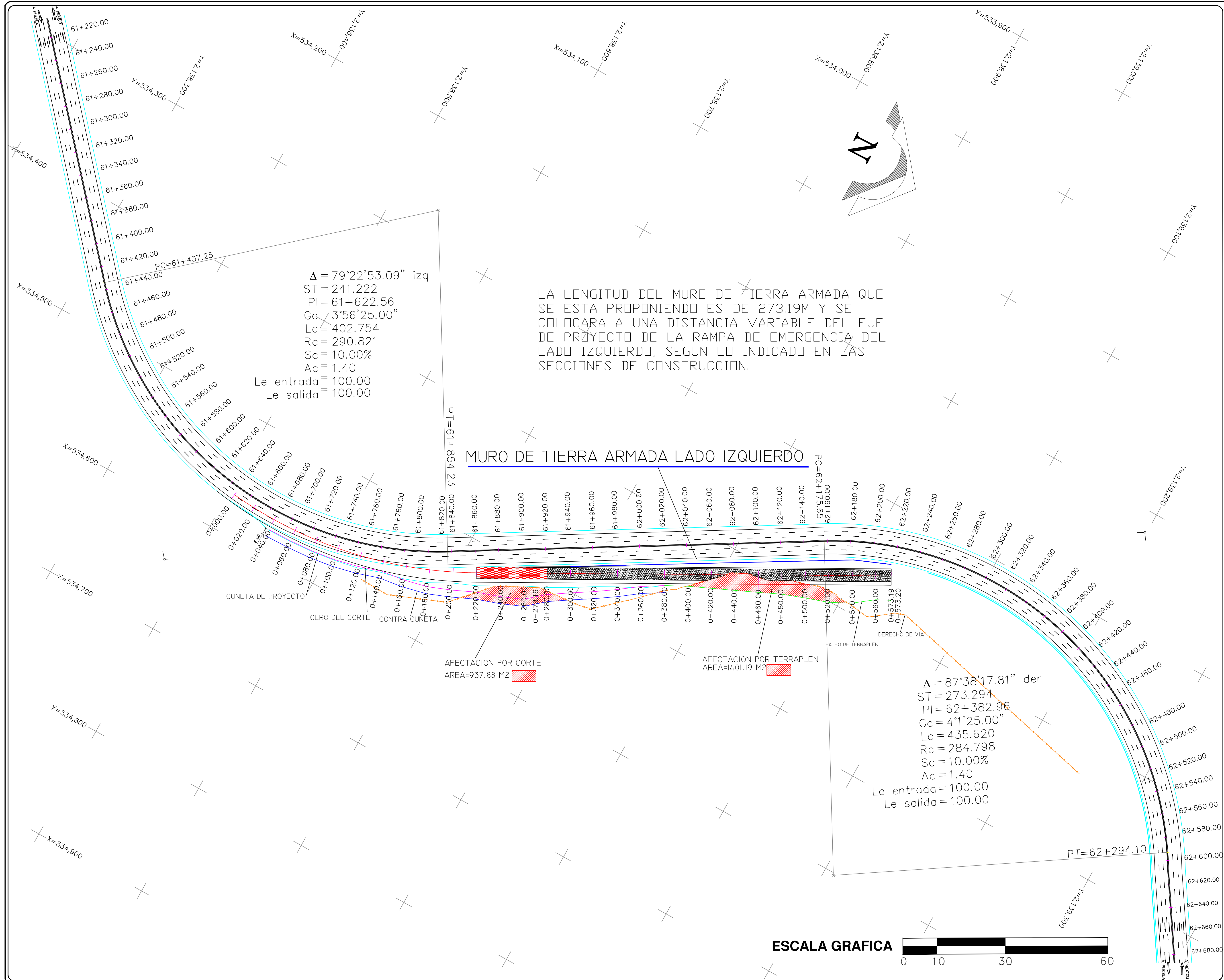
PROYECTO: ESTUDIO Y PROYECTO PARA RAMPA DE EMERGENCIA DEL KM 62+000 CUERPO "A" DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA

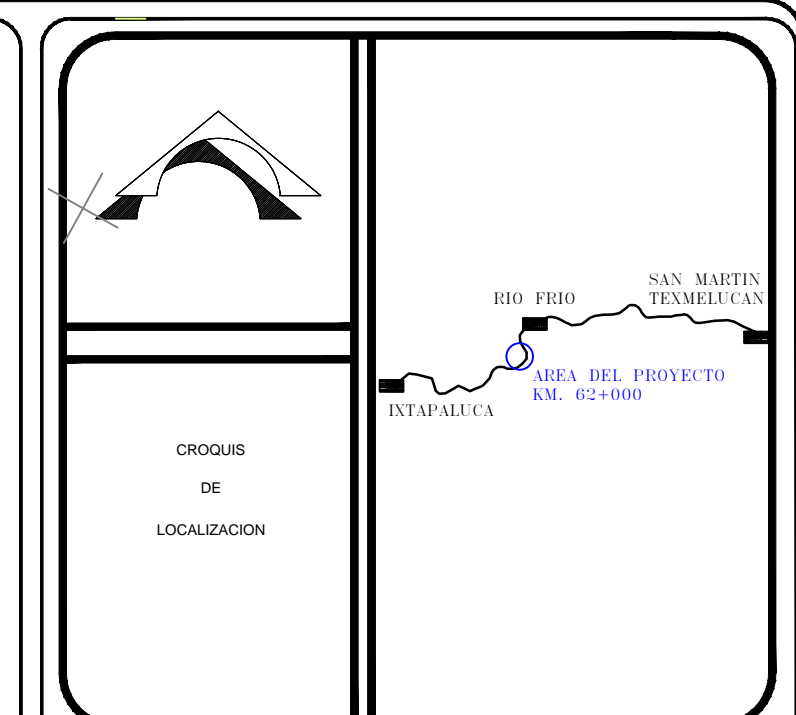
PLANO: PLANTA DE AFECTACIONES

REALIZO: PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ANPE S.A. DE C.V.

CARRETERA: TRAMO: Km.62+000
AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA ORIGEN: PUEBLA

PLANO MITT-08
ESCALA GRAFICA 1:1000
FECHA: JULIO 2012 CUERNAVACA MOR.





SIMBOLOGIA

- ACOTAMIENTO
- BORDILLO
- - - LINEA SEPARADORA DE CARRILES
- EJE DE AUTOPISTA
- EJE DE RAMPA
- CADENAMIENTO
- CUNETETA
- ZONA DE TRANSICION
- CAMA DE FRENADO
- SENTIDO DE CIRCULACION
- CARRIL DE SERVICIO
- MACIZO DE ANCLAJE
- LAVADERO
- CANALETA
- CAJA EN PLANTA

NOTAS GENERALES

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
 DELEGACION REGIONAL IV ZONA CENTRO - SUR
 SUBDELEGACION TECNICA

PROYECTO:
 ESTUDIO Y PROYECTO PARA RAMPA DE EMERGENCIA DEL
 KM 62+000 CUERPO "A" DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA

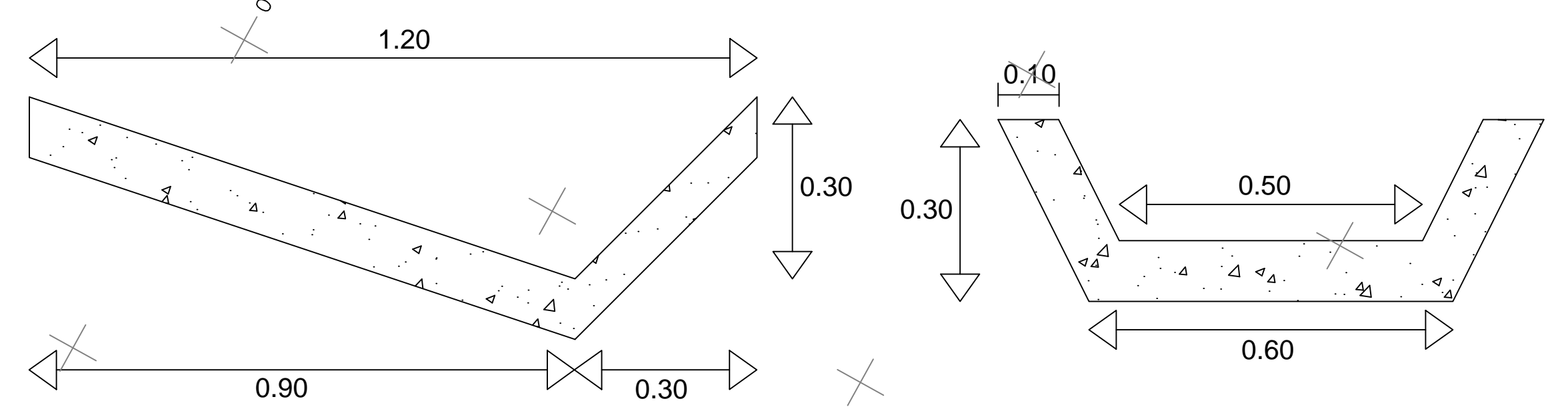
PLANO : OBRAS INDUCIDAS

REALIZO:
 PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ANPE S.A. DE C.V.

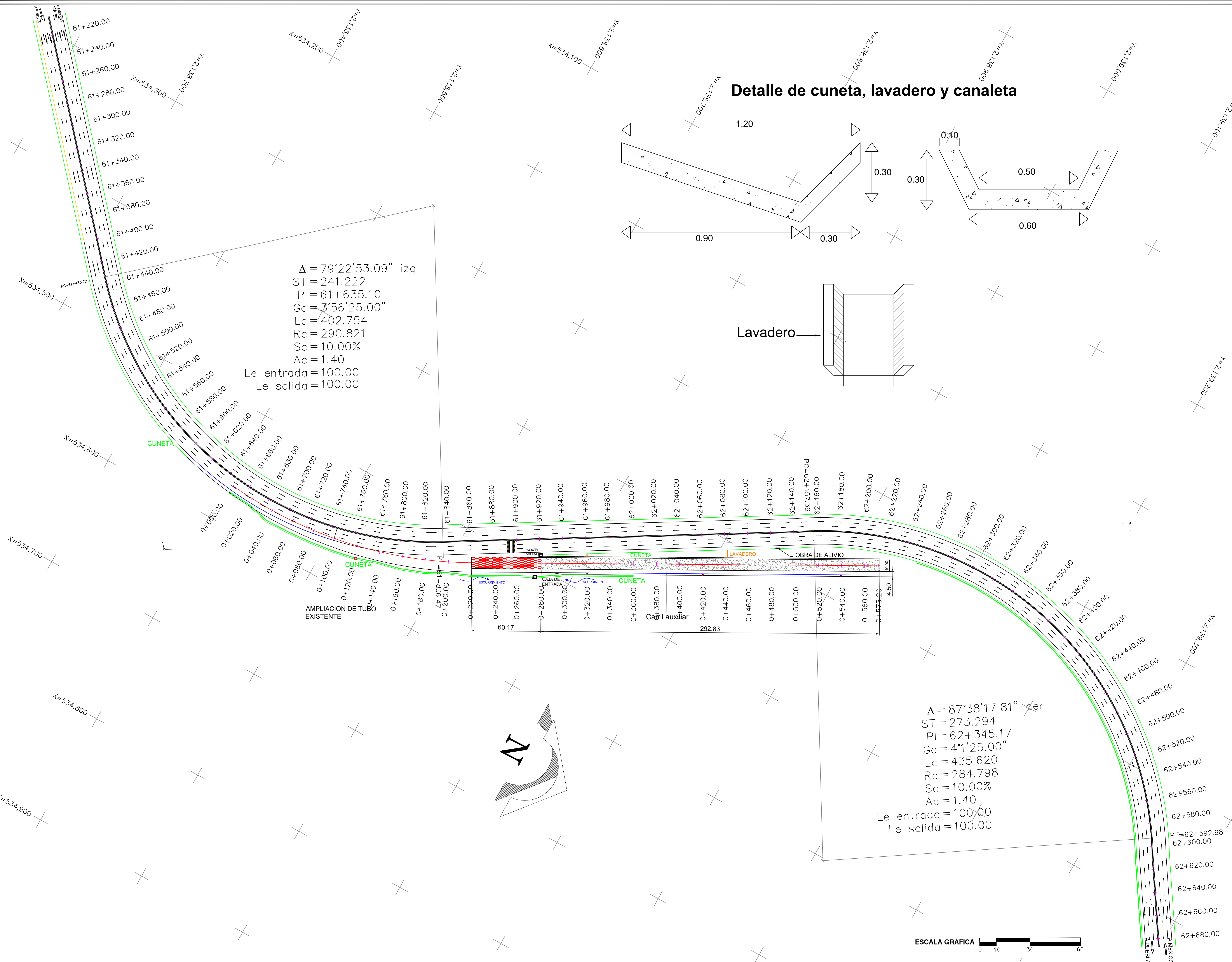
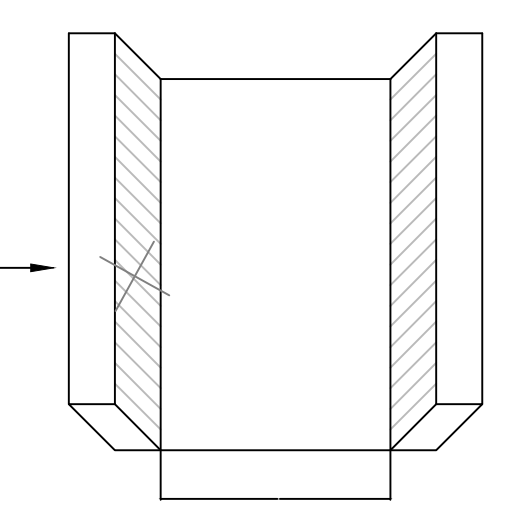
CARRETERA TRAMO: Km.62+000
 AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA ORIGEN: PUEBLA

PLANO MITT-09
 ESCALA GRAFICA 1:1000
 FECHA: JULIO 2012 CUERNAVACA MOR.

Detalle de cuneta, lavadero y canaleta

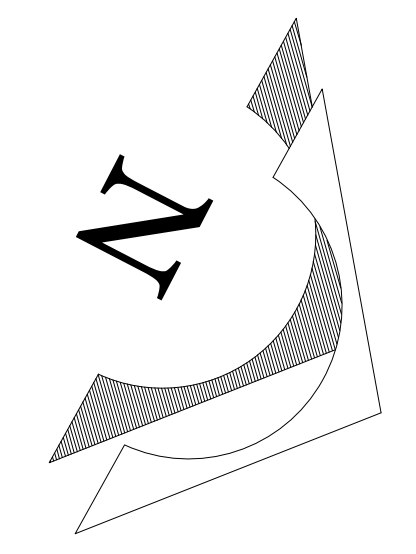


Lavadero



$\Delta = 79^\circ 22' 53.09''$ izq
 ST = 241.222
 PI = 61+635.10
 Gc = $3^\circ 56' 25.00''$
 Lc = 402.754
 Rc = 290.821
 Sc = 10.00%
 Ac = 1.40
 Le entrada = 100.00
 Le salida = 100.00

$\Delta = 87^\circ 38' 17.81''$ der
 ST = 273.294
 PI = 62+345.17
 Gc = $4^\circ 1' 25.00''$
 Lc = 435.620
 Rc = 284.798
 Sc = 10.00%
 Ac = 1.40
 Le entrada = 100.00
 Le salida = 100.00



CROQUIS DE LOCALIZACION

SIMBOLOGIA

- ACOTAMIENTO
- LINEA SEPARADORA DE CARRILES
- EJE DE AUTOPISTA
- EJE DE RAMPA
- CADENAMIENTO
- CUNETETA
- DERECHO DE VIA
- ZONA DE TRANSICION
- CAMA DE FRENADO
- SENTIDO DE CIRCULACION
- CARRIL DE SERVICIO
- AFECTACION

NOTAS GENERALES

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
ELEGACION REGIONAL IV ZONA CENTRO - SUR
SUBDELEGACION TECNICA

PROYECTO: ESTUDIO Y PROYECTO PARA RAMPA DE EMERGENCIA EN EL KM. 62+000 DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA

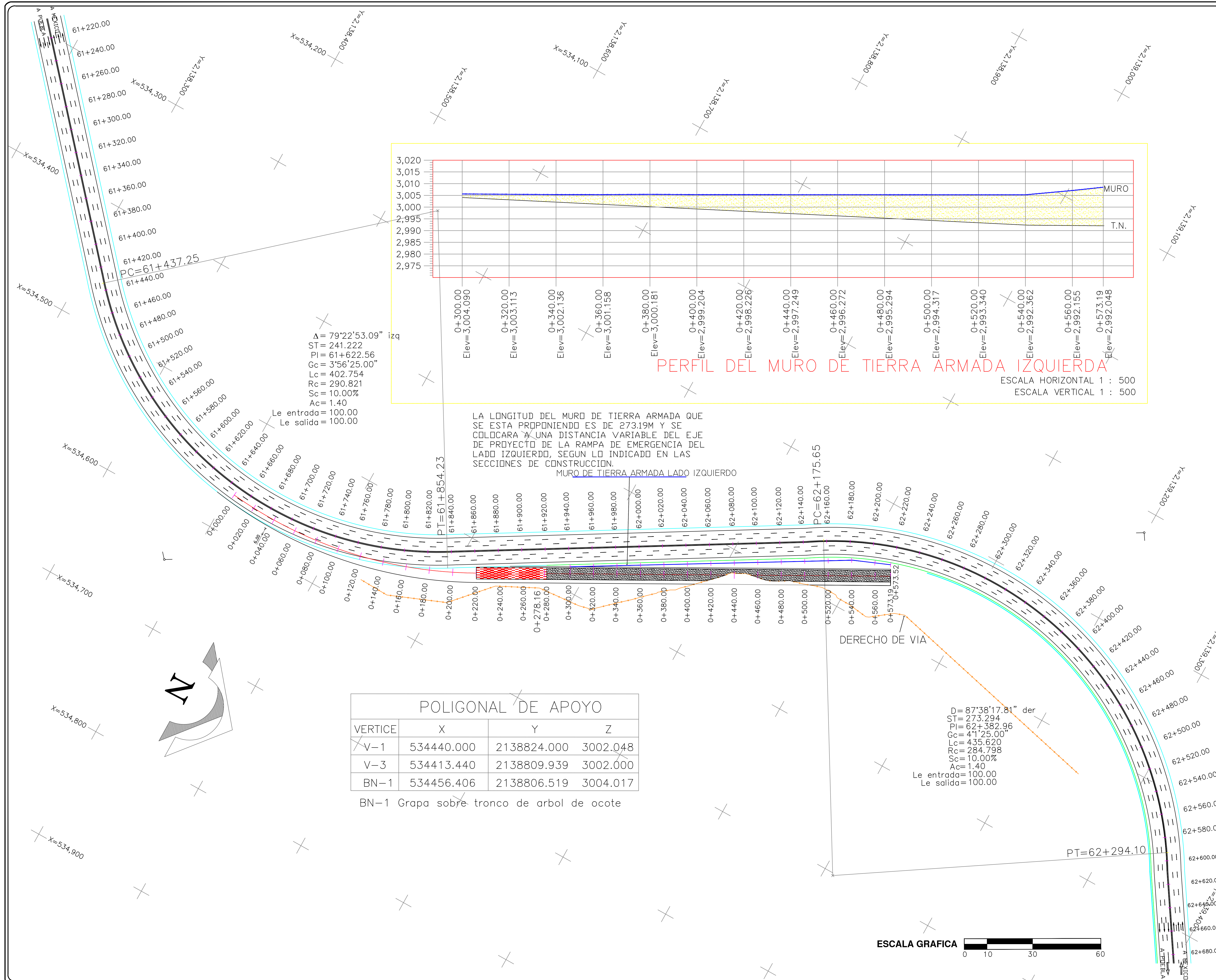
PLANO: PLANTA Y PERFIL DE MURO DE TIERRA ARMADA

REALIZO: PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ANPE S.A. DE C.V.

CARRETERA: AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA TRAMO: Km: 62+000 ORIGEN: PUEBLA

PLANO MITT-10
ESCALA GRAFICA 1:1000

FECHA: JULIO 2012 CUERNAVACA MOR.

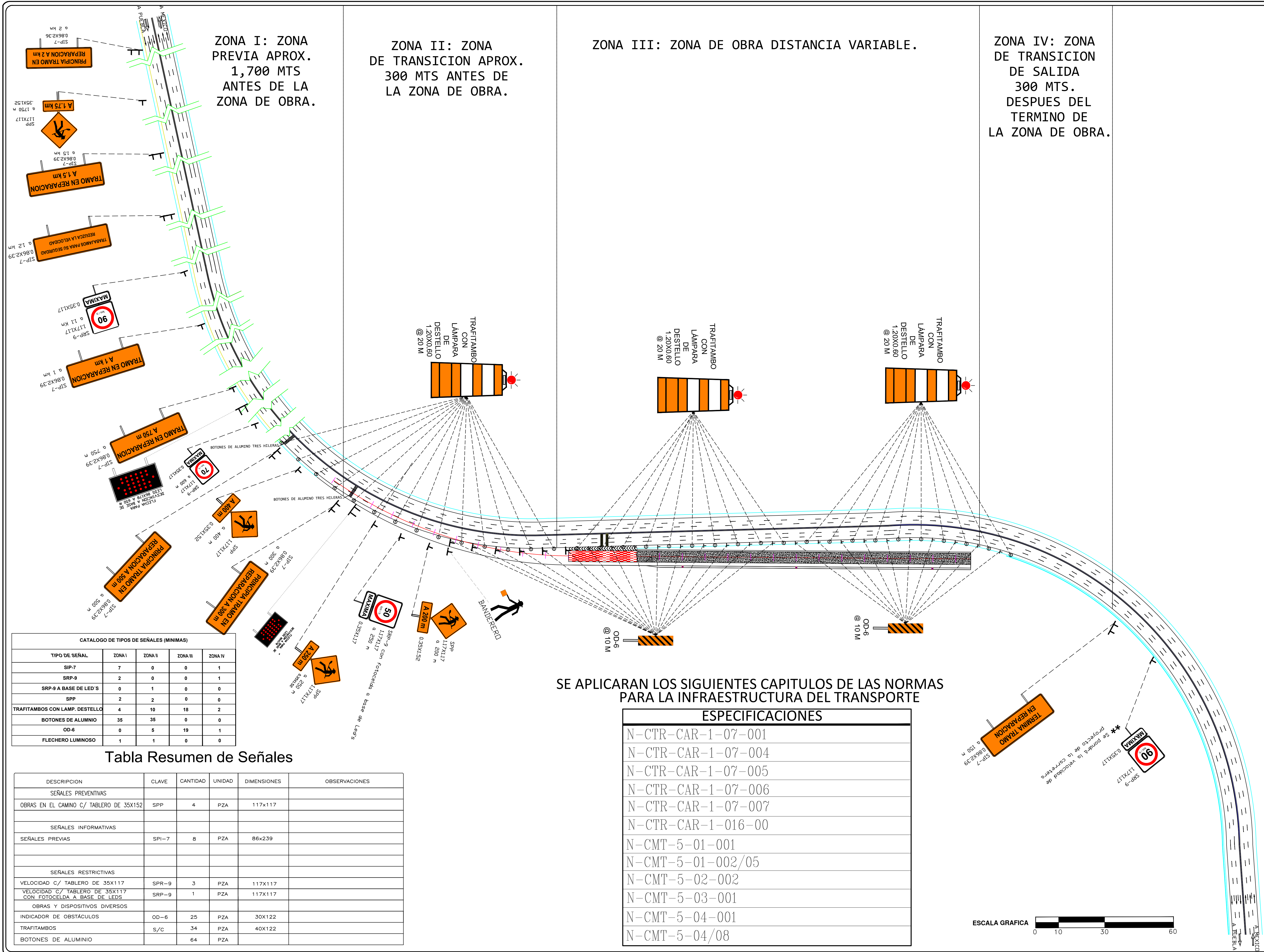


$\Delta = 79^{\circ}22'53.09''$ izq
 $ST = 241.222$
 $PI = 61+622.56$
 $Gc = 3^{\circ}56'25.00''$
 $Lc = 402.754$
 $Rc = 290.821$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 1.40$
 $Le\ entrada = 100.00$
 $Le\ salida = 100.00$

$PT = 61+854.23$

$PC = 62+175.65$

$PT = 62+294.10$

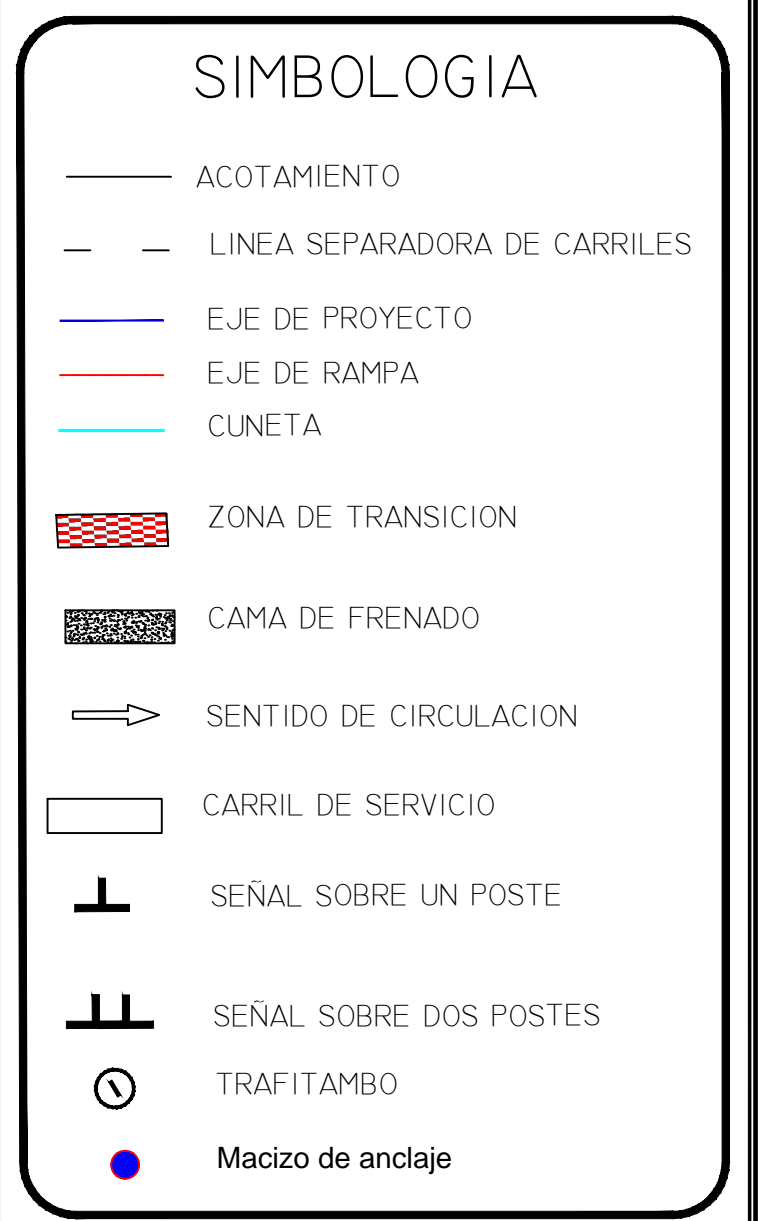
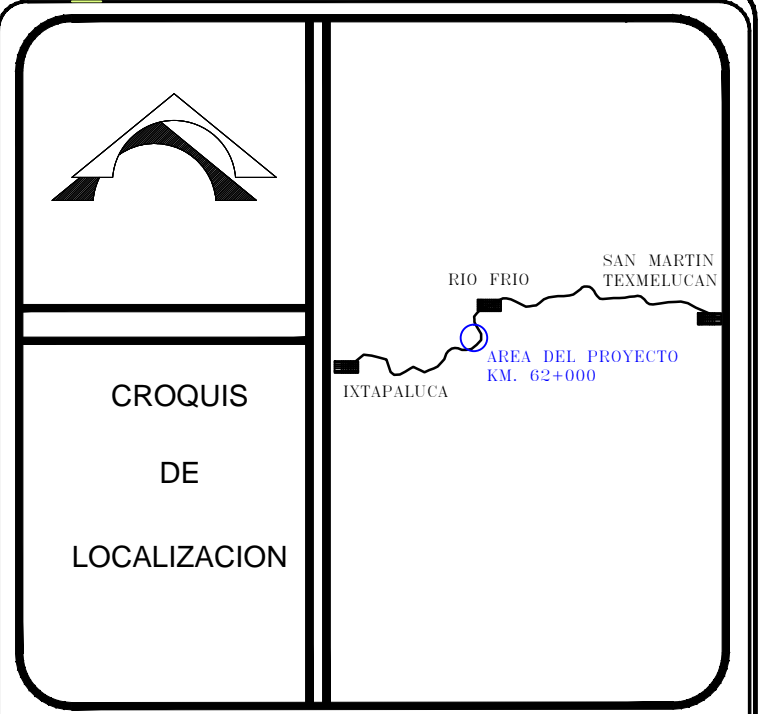


ZONA I: ZONA PREVIA APROX. 1,700 MTS ANTES DE LA ZONA DE OBRA.

ZONA II: ZONA DE TRANSICION APROX. 300 MTS ANTES DE LA ZONA DE OBRA.

ZONA III: ZONA DE OBRA DISTANCIA VARIABLE.

ZONA IV: ZONA DE TRANSICION DE SALIDA 300 MTS. DESPUES DEL TERMINO DE LA ZONA DE OBRA.



NOTAS GENERALES

CATALOGO DE TIPOS DE SEÑALES (MINIMAS)

TIPO DE SEÑAL	ZONA I	ZONA II	ZONA III	ZONA IV
SIP-7	7	0	0	1
SRP-9	2	0	0	1
SRP-9 A BASE DE LED'S	0	1	0	0
SPP	2	2	0	0
TRAFITAMBOS CON LAMP. DESTELLO	4	10	18	2
BOTONES DE ALUMINIO	35	35	0	0
OD-6	0	5	19	1
FLECHERO LUMINOSO	1	1	0	0

Tabla Resumen de Señales

DESCRIPCION	CLAVE	CANTIDAD	UNIDAD	DIMENSIONES	OBSERVACIONES
SEÑALES PREVENTIVAS					
OBRAS EN EL CAMINO C/ TABLERO DE 35X152	SPP	4	PZA	117x117	
SEÑALES INFORMATIVAS					
SEÑALES PREVIAS	SIP-7	8	PZA	86x239	
SEÑALES RESTRICATIVAS					
VELOCIDAD C/ TABLERO DE 35X117	SRP-9	3	PZA	117x117	
VELOCIDAD C/ TABLERO DE 35X117 CON FOTOCELDA A BASE DE LED'S	SRP-9	1	PZA	117x117	
OBRAS Y DISPOSITIVOS DIVERSOS					
INDICADOR DE OBSTACULOS	OD-6	25	PZA	30x122	
TRAFITAMBOS	S/C	34	PZA	40x122	
BOTONES DE ALUMINIO		64	PZA		

SE APLICARAN LOS SIGUIENTES CAPITULOS DE LAS NORMAS PARA LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE

ESEPECIFICACIONES

N-CTR-CAR-1-07-001
N-CTR-CAR-1-07-004
N-CTR-CAR-1-07-005
N-CTR-CAR-1-07-006
N-CTR-CAR-1-07-007
N-CTR-CAR-1-016-00
N-CMT-5-01-001
N-CMT-5-01-002/05
N-CMT-5-02-002
N-CMT-5-03-001
N-CMT-5-04-001
N-CMT-5-04/08

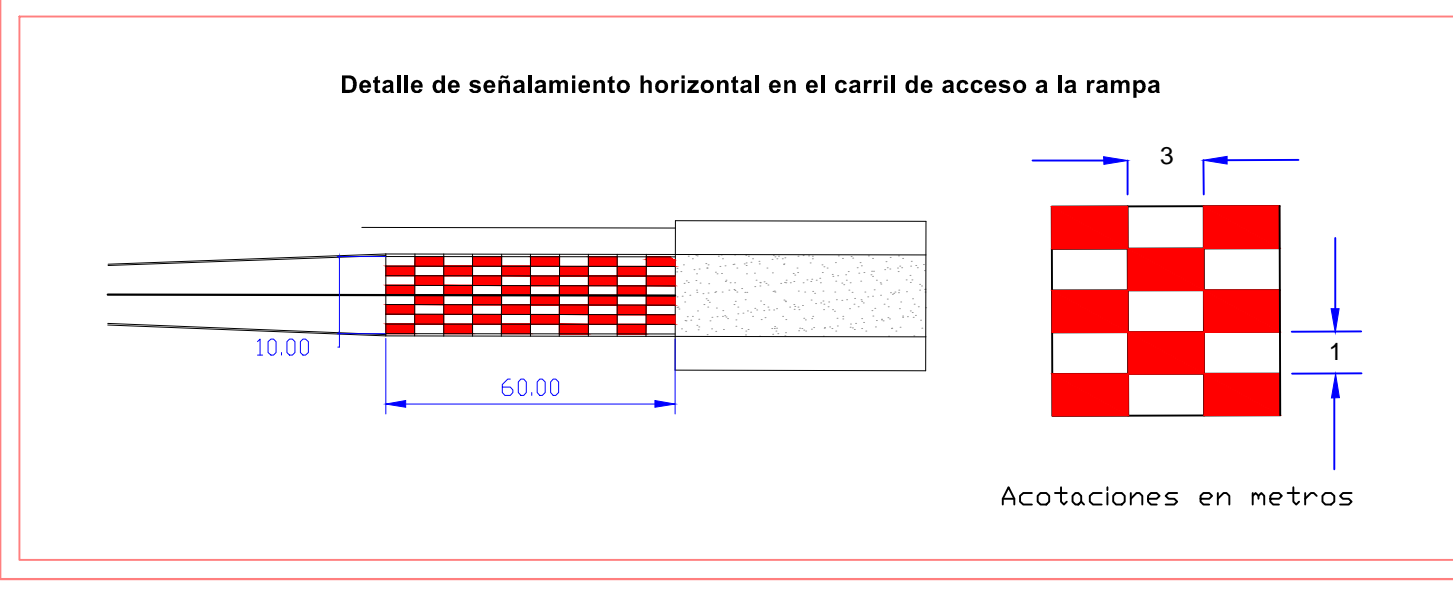
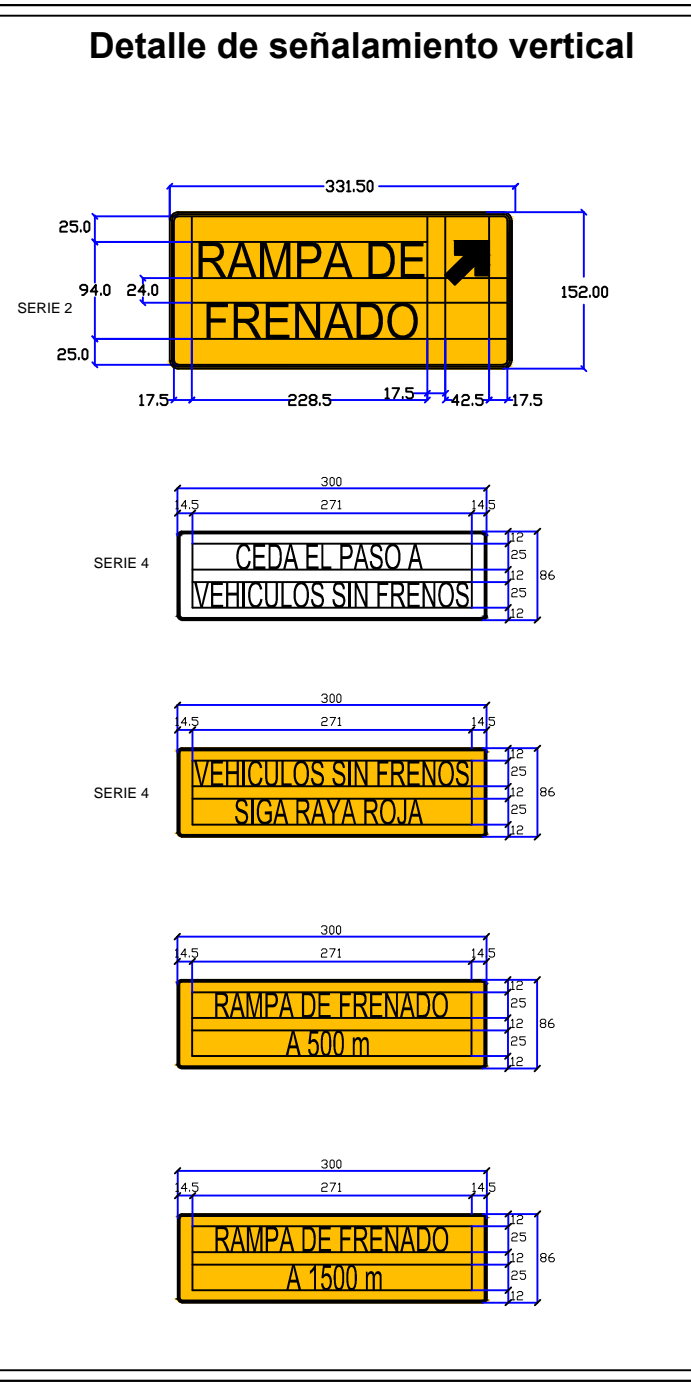
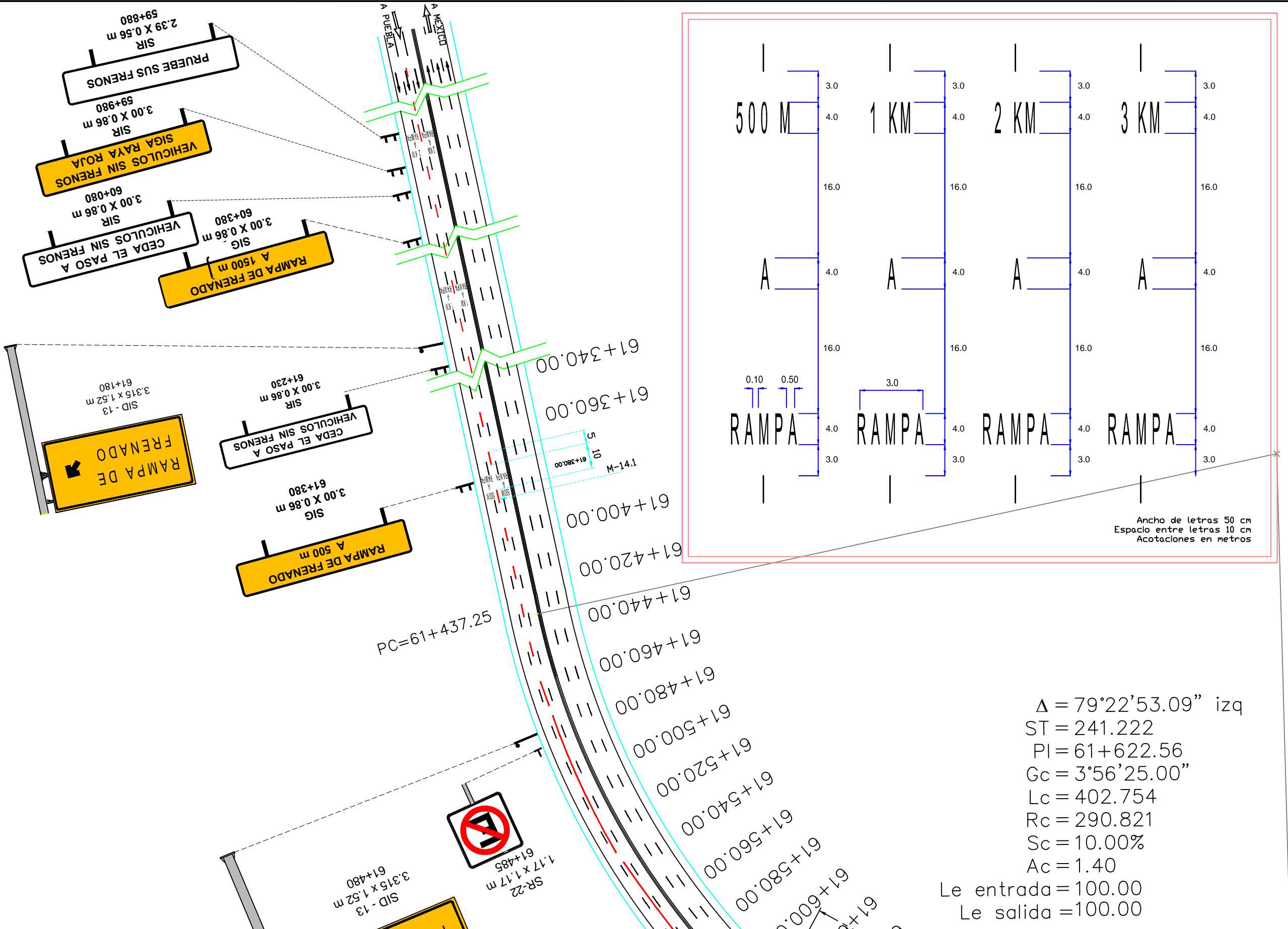
CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
 DELEGACION REGIONAL V ZONA CENTRO - ORIENTE
 SUBDELEGACION TECNICA

PROYECTO: ESTUDIO Y PROYECTO PARA RAMPA DE EMERGENCIA DEL KM62+000 CUERPO "A" DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA
 PLANO : PROTECCION DE OBRA

REALIZO: PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ANPE S.A. DE C.V.

CARRETERA TRAMO: Km.62 + 000
 AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA ORIGEN:PUEBLA

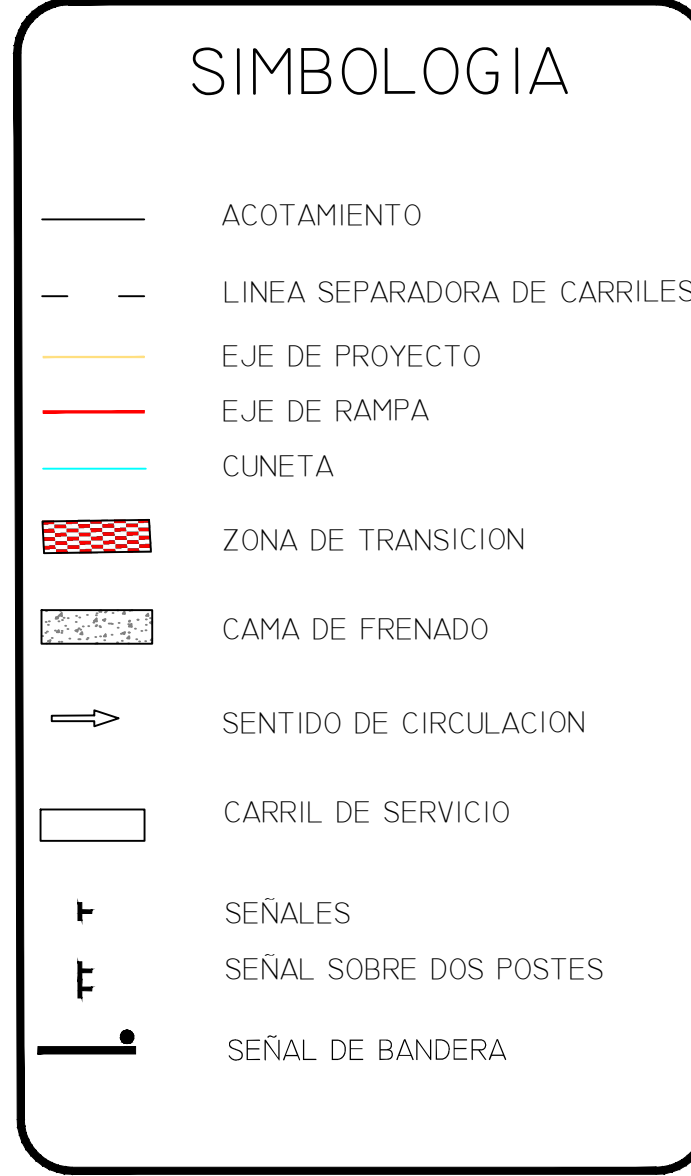
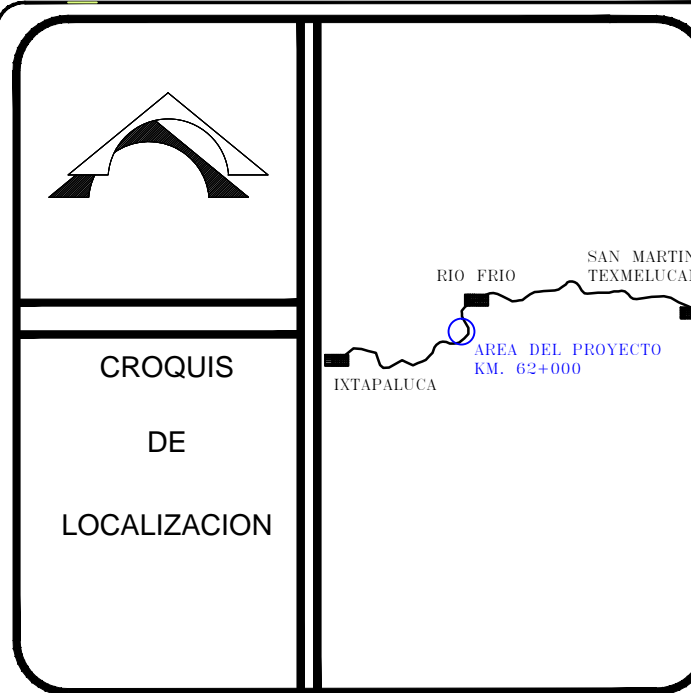
PLANO MITT-11
 ESCALA GRAFICA 1:1000
 FECHA: JULIO 2012 CUERNAVACA MOR.



SE APLICARAN LOS SIGUIENTES CAPITULOS DE LAS NORMAS PARA LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE

ESPECIFICACIONES

N-CTR-CAR-1-07-001/00
N-CTR-CAR-1-07-004/02
N-CTR-CAR-1-07-005/00
N-CTR-CAR-1-07-006/00
N-CTR-CAR-1-07-007/00
N-CMT-5-01-001/05
N-CMT-5-01-002/05
N-CMT-5-02-002/05
N-CMT-5-03-001/00
N-CMT-5-04-001/05
N-CMT-5-04/08



NOTAS GENERALES

Acotaciones en metros, excepto las indicadas en otra unidad.
Escala 1:1000, excepto donde se indique otra.
Señalamiento vertical fuera de escala.
La simbología del señalamiento se basa en la norma N-PRY-CAR-10-01 Proyecto de Señalamiento y Dispositivos de Seguridad en Carreteras de la SCT.
Para la colocación de botones reflectantes se va a utilizar pegamento epoxico con la proporción que indique el Organismo, el tipo de epoxico que se va a utilizar es de color blanco y negro.
Para las marcas en el pavimento se va a utilizar microestera de vidrio y pintura de trafico para lograr un alto indice de reflectancia en las marcas.
Para la colocación del señalamiento vertical se realizarán excavaciones en los lugares indicados por el proyecto para alojar los postes de las señales, se va a utilizar concreto hidráulico f'c = 150 kg/cm2 para su fijación.

SERIALAMIENTO VERTICAL

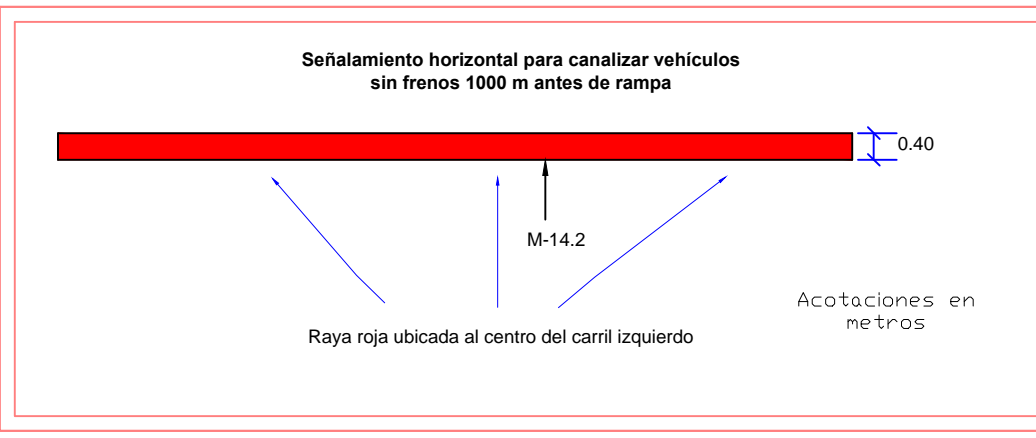
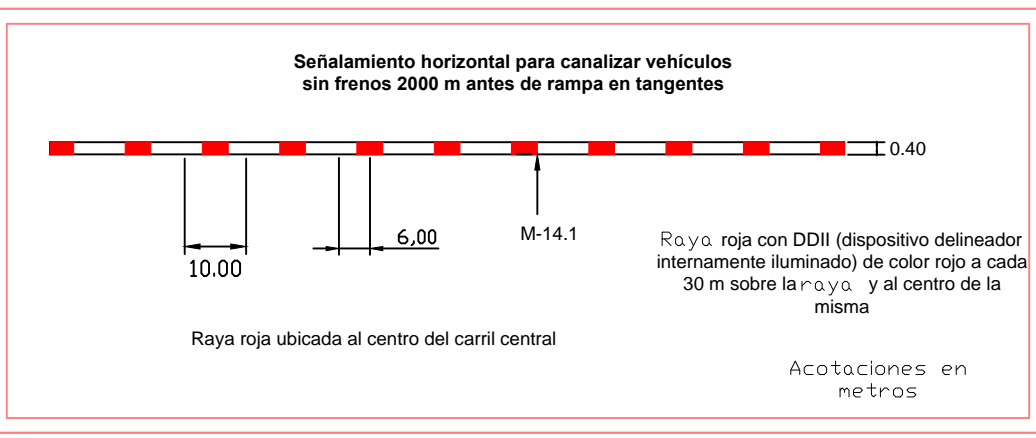
TIPO DE SENAL	DIMENSIONES	UNIDAD	CANTIDAD	OBSERVACIONES
REF. REF. ANAR.	0.10X0.10X0.018	Pzo.	27	EN ZONA DE CURVAS
REF. REF. SOLAS	0.10X0.10X0.018	Pzo.	113	EN CURVA Y TANGENTE
BOTONES REF. JUNTAS	0.10X0.10X0.018	Pzo.	81	EN ZONA DE CURVAS
OO-5	0.13x1.22	Pzo.	1	INDICADOR DE OBSTACULOS
OO-6	0.13x1.00	Pzo.	30	INDICADORES DE ALINAMIENTO

SENALES INFORMATIVAS DE DESTINO				
SID-13	3.315 x 1.52	Pzo.	4	RAMPA DE FRENADO

SENALES DE INFORMACION GENERAL				
SIG	3.00 x 0.86	Pzo.	1	RAMPA DE FRENADO A 500 m
SIG	3.00 x 0.86	Pzo.	1	RAMPA DE FRENADO A 1500 m

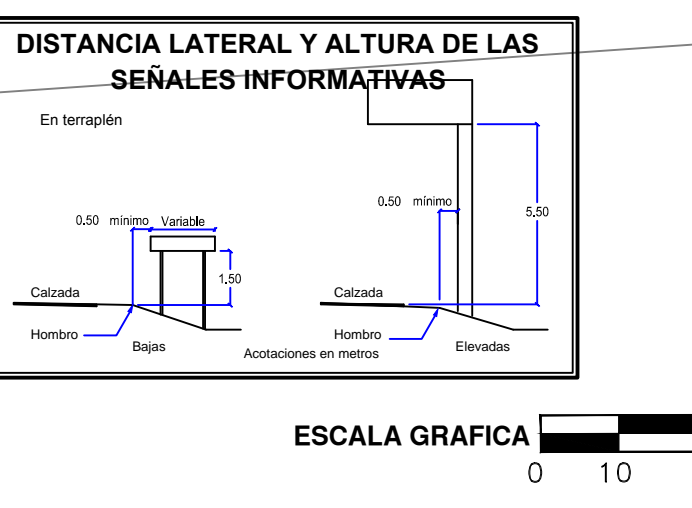
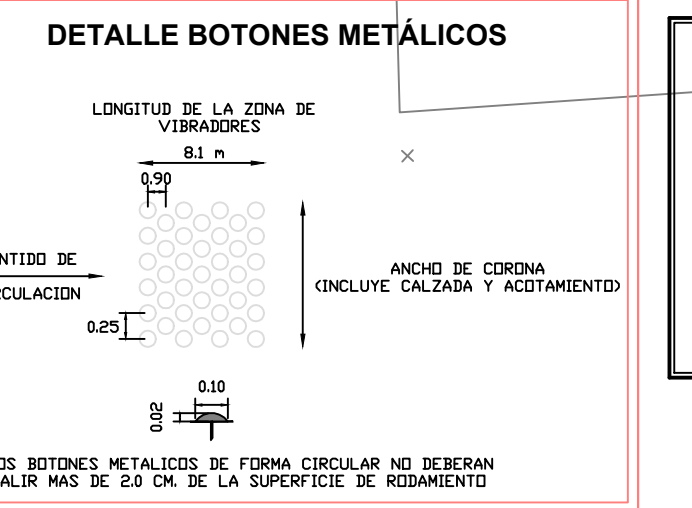
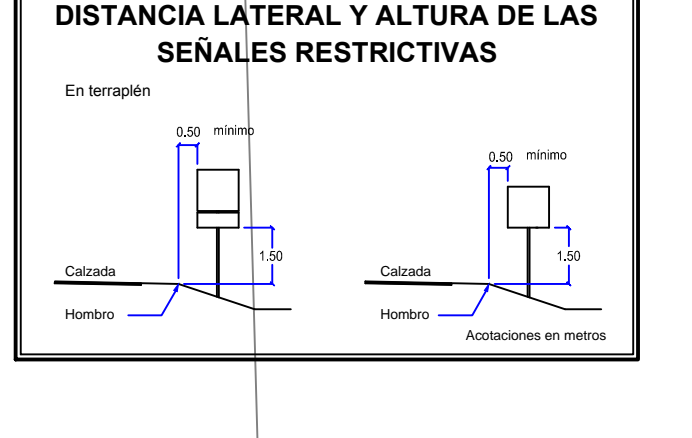
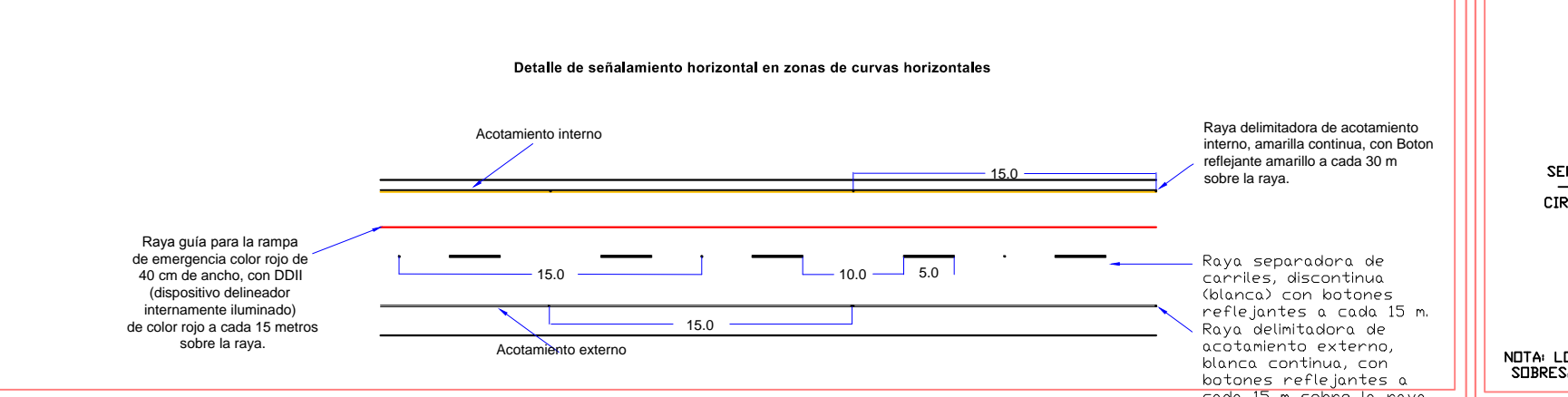
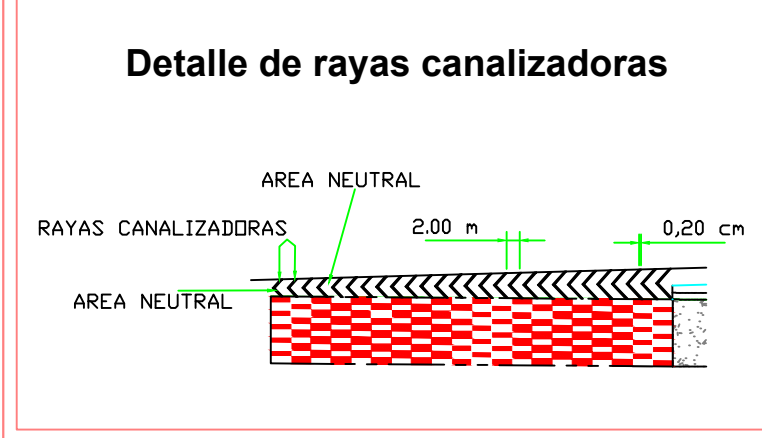
SENALES RESTRICTIVAS				
SR-22	1.17 x 1.17	Pzo.	6	PROHIBIDO ESTACIONARSE

SENALES INFORMATIVAS DE RECOMENDACION				
SIR	3.00 x 0.86	Pzo.	2	CEDA EL PASO A VEHICULOS SIN FRENOS
SIR	2.39 x 0.56	Pzo.	1	PRUEBE SUS FRENOS
SIR	3.00 x 0.86	Pzo.	1	VEHICULOS SIN FRENOS SIGA LA RAYA ROJA



CARACTERISTICAS DE LAS SENALES

TIPO DE SENAL	MATERIAL	ACABADO	DIMENSIONES
SR	LARINA GALVANIZADA CALIBRE 16 CON CEA-M DE 25 CH	GRANDE MUY ALTA INTENSIDAD	117X117
SIR	LARINA GALVANIZADA CALIBRE 16 CON CEA-M DE 25 CH	GRANDE MUY ALTA INTENSIDAD	117X117
Botones refle.juntas	PLASTICO ACRILICO	UNA CARA EN FUERA DE PRESION REFLECTIVAS CON FERRE PARA SUELECCION	Ø100XØ100XØ18
Botones refle.juntas	ALUMINIO	CON FERRE PARA SUELECCION	DIAMETRO Ø 1 CM Y ALTURA 2.1 CM



$\Delta = 87^{\circ}38'17.81''$ der
 $S = 273.294$
 $P = 62+382.96$
 $G = 4^{\circ}1'25.00''$
 $Lc = 435.620$
 $Rc = 284.798$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 1.40$
 $Le entrada = 100.00$
 $Le salida = 100.00$



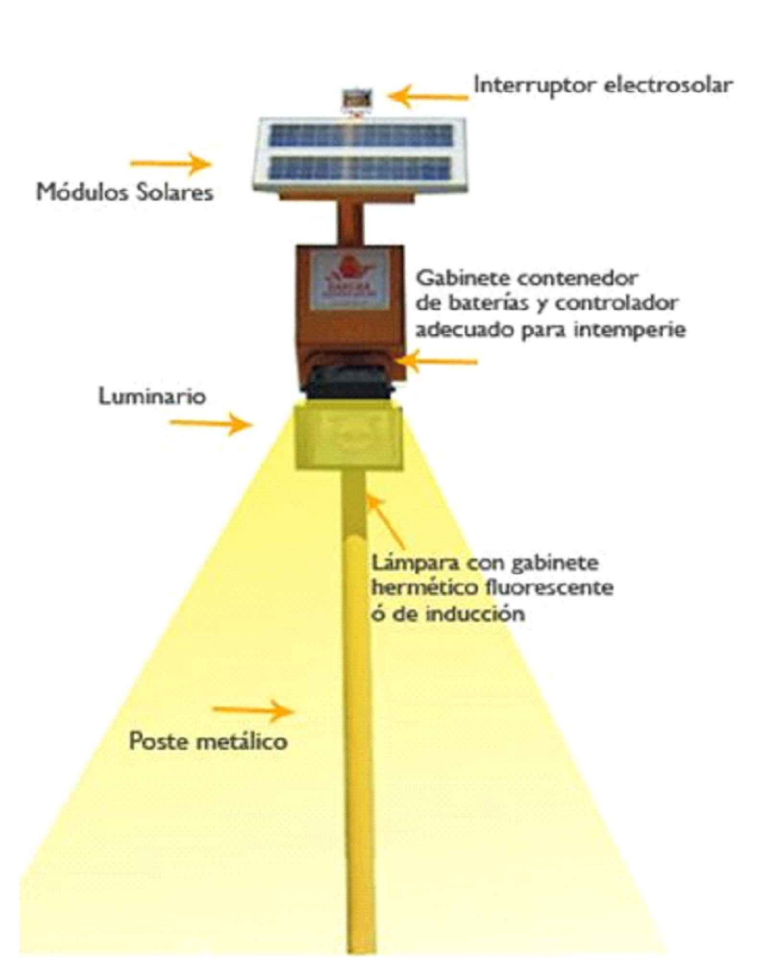
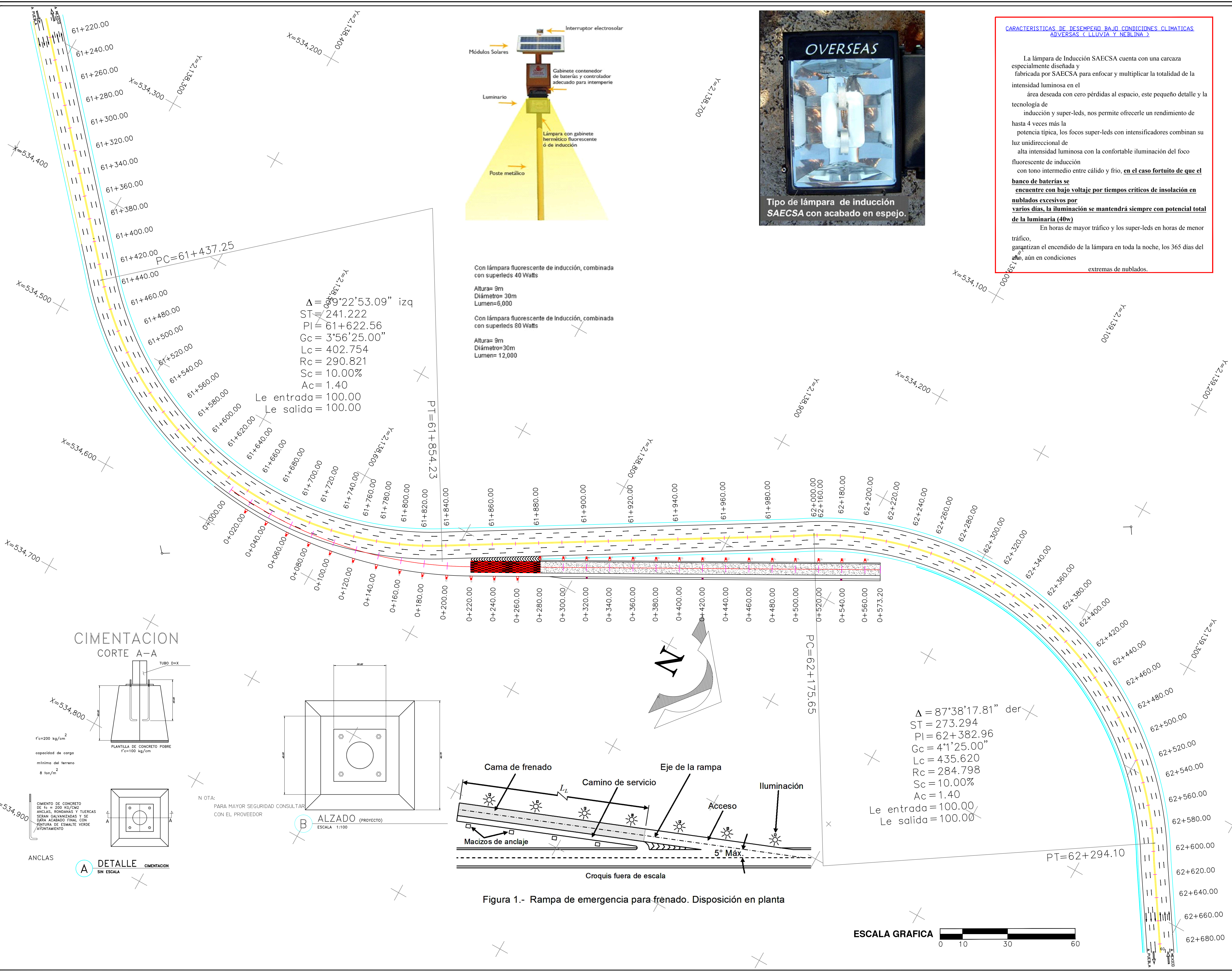
CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
 DELEGACION REGIONAL Y ZONA CENTRO - ORIENTE
 SUBDELEGACION TECNICA

PROYECTO: ESTUDIO Y PROYECTO PARA RAMPA DE EMERGENCIA DEL KM 62+000 CUERPO "A" DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA

PLANO : PLANTA DE SEÑALAMIENTO

REALIZO: PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ANPE S.A. DE C.V.
 CARRETERA TRAMO: Km.62 + 000
 AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA ORIGEN: PUEBLA

PLANO MITT-12
 ESCALA GRAFICA 1:1000
 FECHA: JULIO 2012 CUERNAVACA MOR.



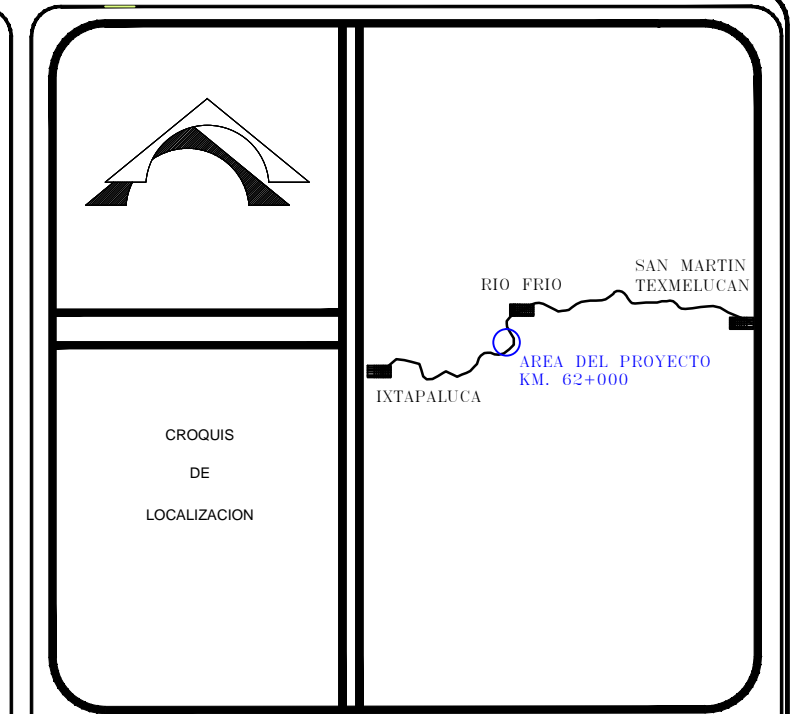
CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO BAJO CONDICIONES CLIMÁTICAS ADVERSAS (LLUVIA Y NEBLINA)

La lámpara de Inducción SAECSA cuenta con una carcasa especialmente diseñada y fabricada por SAECSA para enfocar y multiplicar la totalidad de la intensidad luminosa en el área deseada con cero pérdidas al espacio, este pequeño detalle y la tecnología de inducción y super-leds, nos permite ofrecerte un rendimiento de hasta 4 veces más la potencia típica, los focos super-leds con intensificadores combinan su luz unidireccional de alta intensidad luminosa con la confortable iluminación del foco fluorescente de inducción con tono intermedio entre cálido y frío, **en el caso fortuito de que el banco de baterías se encuentre con bajo voltaje por tiempos críticos de insolación en nublados excesivos por varios días, la iluminación se mantendrá siempre con potencial total de la luminaria (40w)**

En horas de mayor tráfico y los super-leds en horas de menor tráfico, garantizan el encendido de la lámpara en toda la noche, los 365 días del año, aún en condiciones extremas de nublados.

Con lámpara fluorescente de inducción, combinada con superleds 40 Watts
 Altura= 9m
 Diámetro= 30m
 Lumen= 6,000

Con lámpara fluorescente de inducción, combinada con superleds 80 Watts
 Altura= 9m
 Diámetro= 30m
 Lumen= 12,000



SIMBOLOGIA

- ACOTAMIENTO
- LINEA SEPARADORA DE CARRILES
- EJE DE AUTOPISTA
- EJE DE RAMPA
- LUMINARIA SOLAR
- CADENAMIENTO
- CUNETA
- ZONA DE TRANSICION
- CAMA DE FRENADO
- SENTIDO DE CIRCULACION
- CARRIL DE SERVICIO
- Macizo de anclaje

NOTAS GENERALES

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
 DELEGACION REGIONAL V ZONA CENTRO - ORIENTE
 SUBDELEGACION TECNICA

PROYECTO:
 ESTUDIO Y PROYECTO PARA RAMPA DE EMERGENCIA DEL
 KM 62+000 CUERPO "A" DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA

PLANO : PLANTA DE ALUMBRADO

REALIZO:
 PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES ANPE S.A. DE C.V

CARRETERA TRAMO: Km.62 + 000
 AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA ORIGEN:PUEBLA

PLANO MITT-13
 ESCALA GRAFICA 1:1000
 FECHA: JULIO 2012 CUERNAVACA MOR.

Figura 1.- Rampa de emergencia para frenado. Disposición en planta