



U. M. S. N. H.

FACULTAD DE INGENIERÍA
CIVIL

TESIS:

**RECONSTRUCCION DEL TRAMO
CARRETERO ENTRADA A SAN
MIGUEL DEL MONTE KM 3+580 AL
4+580**

TESISTA:

Noé Arellano Vargas

ASESOR :

ING. PATRICIA ARAIZA CHÁVEZ.

Morelia, Michoacán, Diciembre de 2007.





DEDICATORIAS:

A MIS PADRES

SR. MAGDALENO ARELLANO CARBAJAL

SRA. GABRIELA VARGAS MARTINEZ

*QUE HAN SIDO MI APOYO EN CADA MOMENTO
DE MI VIDA, LA MANO QUE SIEMPRE HA GUIADO
CON ACIERTO MIS PASOS Y ME HAN LEVANTADO
DE MIS CAIDAS CON AMOR, PACIENCIA Y
COMPRENSION, POR SIEMPRE GRACIAS.*





INDICE

1. ANTECEDENTES	1
○ ANTECEDENTES HISTÓRICOS	1
▪ LOS PRIMEROS CAMINOS.	2
▪ LOS ORÍGENES DE LA INGENIERÍA DE CARRETERAS	9
▪ LAS CARRETERAS ACTUALES	17
○ ESTRUCTURACION DE LAS CARRETERAS	20
▪ CLASIFICACION DE LAS CARRETERAS	20
▪ PARTES QUE INTEGRAN UN CAMINO.	23
▪ PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO	39
▪ FACTORES QUE REDUCEN LA CAPACIDAD DE LAS CARRETERAS.	47
○ PLANIFICACIÓN VIAL	49
- OBJETIVOS	68
- JUSTIFICACION	68
2. PROYECTO DEL TRAMO EN RECONSTRUCCION	64
○ ESTUDIOS PRELIMINARES	65
○ ANTEPROYECTO	73
3. ALINEAMIENTO HORIZONTAL	74
○ LINEA DEFINITIVA	74
○ CURVAS HORIZONTALES	78
○ TRAZO DE CURVAS DE PROYECTO	85
4. ALINEAMIENTO VERTICAL	92
○ NIVELACION	92
○ PERFIL DEDUCIDO	92
○ PROYECTO DE LA SUBRASANTE	92





○	TRAZO DE CURVAS DE PROYECTO	96
5.	SECCIONES TRANSVERSALES Y DE CONSTRUCCION	109
○	DE LA SECCION TRANSVERSAL	109
○	DETERMINACION DE LAS SECCIONES	111
6.	CALCULO DE CURVA-MASA	117
○	DETERMINACION DE LOS VOLUMENES	117
○	DIAGRAMA DE MASAS	118
○	DIBUJO DE LA CURVA-MASA	119
○	ORDENADA DE CURVA MASA	
7.	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL TRAMO EN RECONSTRUCCION	126
○	TERRACERIAS	126
○	SUBASE	126
○	BASE HIDRAULICA	127
○	RIEGO DE IMPREGNACION	127
○	CARPETA ASFALTICA	127
	- BIBLIOGRAFIA	





1. ANTECEDENTES

1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

“La historia de la humanidad es la historia de los caminos y siempre éstos han cumplido análogas funciones en relación con el desarrollo y las tecnologías. Las civilizaciones y la barbarie se sirven de los caminos, sin los cuales no se concibe su expansión. Rastro del paso del hombre fueron los primeros caminos; rastro de la historia son al fin y al cabo todos los caminos”, afirma el eminente historiador Ramón Menéndez P.

El ser humano muchas veces es definido como *animal social*, ya que necesita relacionarse con sus semejantes y con su entorno para poder desempeñar correctamente sus funciones. En este sentido, la existencia de rutas, sendas o caminos proporciona y facilita la creación de **vínculos sociales** y comerciales entre distintos grupos humanos, bien sean individuos, tribus, pueblos, ciudades o naciones.

Cabe asimismo señalar la influencia que los caminos han tenido en la historia, así como recíprocamente el efecto que la historia ha tenido en la concepción y construcción de caminos. Algunos de los grandes imperios que han dominado el mundo antiguo –entre los que destaca el Imperio Romano– basaban su proceso de expansión, conquista y posterior control en el intrincado entramado de vías y caminos.

Por todo ello, es necesario estudiar y comprender la **evolución** que éstos han tenido a lo largo de los siglos, ya que como dijo Bertrand Russell, “Una ciencia sin historia es como un hombre sin memoria”.





1.1.1 LOS PRIMEROS CAMINOS

Desde la antigüedad, la construcción de vías de comunicación ha sido uno de los primeros signos de civilización avanzada. Cuando las ciudades de las primeras civilizaciones empezaron a aumentar de tamaño y densidad de población, la **comunicación** con otras regiones se tornó necesaria para hacer llegar suministros alimenticios o transportarlos a otros consumidores. Entre los primeros constructores de carreteras se encuentran los mesopotámicos.

Uno de los inventos que sin duda revolucionó el mundo del transporte en la antigüedad fue **la rueda**, inventada probablemente por los sumerios o los acadios; pueblos mesopotámicos que en los albores de la Historia, aproximadamente en el tercer milenio A.C., se vieron en la necesidad de comerciar gran cantidad de productos y de transportarlos; para llevar una contabilidad detallada de los productos comercializados surgió la escritura, y para su **transporte** surgió el carro con ruedas. Nació el concepto de giro sobre un eje, muy importante también a la hora de fabricar cerámica, por ejemplo a torno. Una pintura de un primitivo vehículo rodado hallada en Iraq, demuestra que hace 5000 años ya era conocida y utilizada, aunque no estaba generalizada, o por lo menos no constata esa generalización el registro arqueológico.

Las primeras ruedas estaban talladas en una única pieza de madera, fabricándose las más grandes mediante la unión de planchas de madera formando crucetas. En algunos países como China y Turquía, las grandes ruedas se fabricaban a partir de un bloque macizo de piedra.

Todas estas ruedas primitivas eran pesadas, y necesitaban la propulsión de hombres o animales; asimismo, eran propensas a atascarse en terrenos blandos. Para aligerarlas, sus constructores vaciaron su sección, pasando a componerse de un anillo provisto de radios que convergían en el centro, donde eran atravesadas por un eje; de este modo, las ruedas fueron a la vez resistentes y ligeras. El uso que se dio a los primeros carros fue fundamentalmente para transporte de mercancías y fines bélicos.





Fig. 1.1 – Diferentes tipos de rueda empleados en la antigüedad.

En siglos posteriores, tras la aparición de la rueda y a medida que se desarrollaban las grandes naciones, las necesidades militares primero y las comerciales después impulsaron la construcción de **caminos carreteros**. Aunque los caminos suelen estar diseñados principalmente para el paso de tráfico rodado, los Incas –quienes nunca llegaron a descubrir la rueda- construyeron una avanzada red de carreteras que atravesaba los Andes, partiendo desde el actual Ecuador y recorriendo 3,680km. Hacia el sur, realizando incluso galerías excavadas en roca.

Sobre el tercer milenio a.C., las civilizaciones de Egipto, Mesopotamia y del Valle del río Indo desarrollaron caminos, primero para el uso de sus bestias de carga y más tarde para el tránsito de vehículos rodados. Algunos eran de importancia similar a las actuales carreteras, como el construido en el Valle del Nilo por los egipcios, una verdadera carretera con firme artificial de 18 metros de anchura, utilizada para el transporte de los grandes bloques de piedra con que se construyeron las pirámides de los faraones Keops, Kefren y Mikerinos. Los escritos de Herodoto, historiador griego del siglo V A.C., dan constancia histórica de este aspecto.

Mientras que las carreteras egipcias tenían probablemente un carácter funerario, las mesopotámicas poseían un marcado carácter comercial. Desde el siglo VI A.C. los Persas comenzaron a unir caminos existentes para formar el "Camino Real" desde Éfeso a Susa, que contaba con más de 2,500km. de longitud. Por su parte, los chinos construyeron la **Ruta de la Seda** –la más larga del mundo- y desarrollaron un sistema de sendas y caminos en torno al siglo XI A.C. En el siglo III A.C. la dinastía Ch'in estableció una amplia red de caminos por todo el país.





LAS CALZADAS ROMANAS

Es sabido que los más grandes constructores de caminos del mundo antiguo fueron los Romanos, que construyeron una red de vías de comunicación muy eficiente y sin igual hasta los tiempos actuales. El desarrollo de la red de calzadas, que llegó a tener más de 80,000 km. de longitud, se produjo al mismo tiempo que su expansión territorial; su imperio se desarrolló partiendo de una ciudad-estado que fue invadiendo otros pequeños estados limítrofes, construyendo caminos que enlazaban las regiones ocupadas para ayudar consolidar sus conquistas. Así pues, es lógico deducir que la construcción de una **sólida red de calzadas** fue uno de los pilares de la colonización romana.

En un principio dicho sistema de vías fue diseñado con fines militares y políticos: mantener un control efectivo de las zonas incorporadas al Imperio era el principal objetivo de su construcción; posteriormente, las calzadas adquirieron una importancia económica añadida, pues al unir distintas regiones facilitaban el comercio y las comunicaciones.

ORÍGENES DE LA RED DE CALZADAS ROMANA

Hasta finales del siglo IV A.C. las calzadas romanas eran poco más que senderos que conducían a Roma desde las distintas ciudades del Lacio. Desde ese momento comenzaron a construirse según un plan establecido, diseñado conjuntamente con el programa táctico de expansión. Al tener un significado militar considerable, se desarrollaron sistemas más complejos de construcción de calzadas con la meta de hacerlas más permanentes y mejores para soportar diferentes tipos de tráfico. Ya en el año 340 A.C. y una vez conquistado Latium (Lacio), se construyó la Vía Latina para conectar Roma con Capua, que acababa de ser devastada en la Guerra Samnita.

A iniciativa de Appius Claudius Crassus, quien financió parte del proyecto de su propio bolsillo, se construyó la más famosa de las calzadas romanas, la **Vía Apia**, que pretendía ser una ruta alternativa a Capua. Su construcción comenzó en el año 312 A.C. y en el 244 A.C. el camino había alcanzado Brundisium (Brindisi), situada en el extremo sur de Italia.





El aspecto más revolucionario de la Vía Apia fue su **pavimentación**, realizada parcialmente con piedra y parcialmente con lava solidificada.

Otra de las calzadas importantes, la Via Flaminia, unía Roma con la colonia Latina de Ariminum, ubicada en territorio Celta.



Fig. 1.2 – La Vía Apia, una de las más emblemáticas calzadas romanas

Estos caminos pavimentados y otros –normalmente contruidos a base de piedras, ripios y morteros de diversa composición- eran de gran importancia estratégica, facilitando la administración y el control de las tierras conquistadas. Hacia el final de la República (fines del siglo I A.C.) se habían construido caminos en algunas de las provincias –tales como Galia meridional e Iliria-, aunque el gran periodo de construcción fuera de Italia se produjo en el siglo I y II, coincidiendo con la época de máximo esplendor del Imperio Romano. En Bretaña y el norte de África, así como en Italia, el progreso de expansión imperial puede ser trazado siguiendo el desarrollo de la red de calzadas romanas.



La **construcción** de los primeros grandes caminos era llevada a cabo por los censores y *curatores* especiales, quienes concedían los contratos y supervisaban su ejecución. Como los caminos pronto se extendieron al ámbito de las provincias, esta responsabilidad pasó a los gobernadores, quienes confiaban en encontrar fondos para su construcción y reparación. Con frecuencia era el propio emperador quien se encargaba de subvencionar la construcción, aunque destinaba la mayor parte de crédito a las inscripciones existentes en los hitos provincianos. Para el emperador, la construcción de calzadas era un medio de anunciar su benevolencia y autoridad.

La mayor parte de los usuarios de estas calzadas viajaban sobre el lomo del caballo o a pie; los altos funcionarios y los potentados, sin embargo, usaban carros de dos y cuatro ruedas. Se idearon también estaciones donde caballos y conductores podrían ser relevados o asistidos, emplazándose cada 16 km a lo largo de los caminos, aunque eran para el uso exclusivo del gobierno; las posadas se ubicaban también a intervalos razonablemente frecuentes para proveer al resto de viajeros. Aprovechando la creación de todas estas vías y servicios, se organizó un servicio postal para transmitir los mensajes de gobierno.

LA TÉCNICA DE CONSTRUCCIÓN DE CALZADAS

Generalmente las calzadas se construían en **línea recta**, tomando la ruta más directa allá donde fuera posible. Cuando las montañas no lo permitían, los ingenieros de la época diseñaban y construían complicados sistemas de circunvalación. Los logros romanos en este campo son del todo meritorios, dado que los agrimensores –antiguos topógrafos- tenían que replantear la línea de un nuevo camino y hacerlo tan recto como fuera posible privados de los instrumentos modernos de los que hoy en día disponemos y frecuentemente en circunstancias topográficas y climáticas muy desfavorables.

Una razón importante de por qué las calzadas romanas eran tan duraderas es el esmero que pusieron en el diseño y ejecución de un sistema de drenaje adecuado, que básicamente consistía en la excavación de zanjas en los extremos del camino y paralelas al mismo. La tierra procedente de aquéllas se utilizaba para la formación un banco asentado sobre una cimentación formada por fragmentos de piedra y cerámica cementados con limo.





Los grandes bloques poligonales de piedra dura o de lava solidificada –en zonas donde ésta existía – se encajaban cuidadosamente para formar la capa de terminación del camino. El término latino para esta superficie era *pavimentum*, que hoy en día conocemos como pavimento. Así, la sección-tipo de una calzada romana se hallaba integrada por las siguientes capas, en orden decreciente de profundidad:

- Un cimientado de piedras planas o *statumen*.
- Una capa formada por ripios y detritus de cantera, llamada *rudus*.
- Una capa intermedia de hormigón a base de piedra machacada y cal grasa, llamada *nucleus*.
- Una capa de terminación, formada por un enlosado de piedra sellado con mortero de cal, denominada *summum dorsum*.

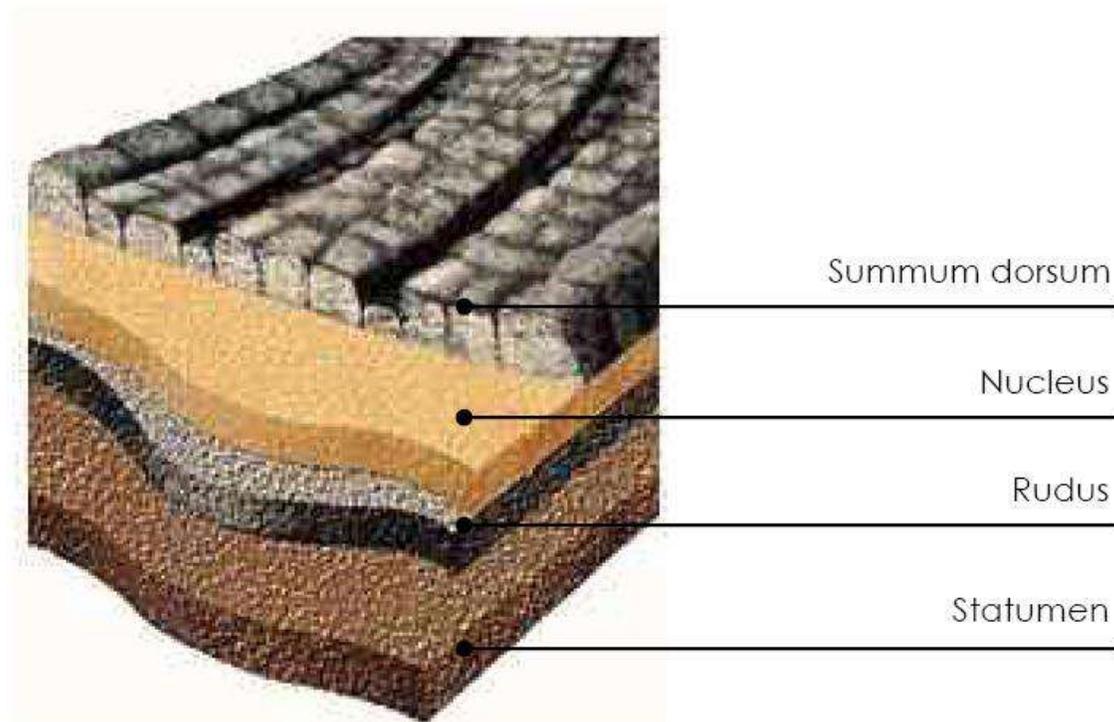


Fig. 1.3 – Sección transversal de una calzada romana

También son los romanos quienes adoptan medidas **normativas** encaminadas a la construcción, conservación, reparación y tránsito por los caminos y calzadas, estableciendo la protección para el uso, mantenimiento del tránsito y no deterioro de los caminos públicos. El llamado Itinerario de Antonino es el documento antiguo más completo para el estudio de las vías romanas, y data de finales del siglo III de nuestra era.





EL OCASO DEL IMPERIO

Las tribus bárbaras, que atacaron el Imperio Romano desde el siglo III, en adelante, no eran partidarias del poder centralizado. Tampoco eran adeptos a la vida en las ciudades y aunque seguían empleando los caminos romanos para abastecer las ciudades del interior, el escaso mantenimiento a que fueron sometidos provocó que fueran decayendo gradualmente. Pasaron siglos antes de que se realizara cualquier intento por reconstruir el sistema de calzadas romano.

Como se ha visto, fue el Imperio Romano quien más desarrolló y perfeccionó la construcción de carreteras en el mundo antiguo, extendiendo su red de calzadas hasta los más alejados confines imperiales. Hoy en día se conservan vestigios importantes en varios países de Europa que en su día dependieron de Roma, estando incluso algunos tramos habilitados para su uso.

Tras la desaparición del Imperio Romano y durante la Edad Media desapareció la construcción de carreteras y se abandonó la conservación de las existentes, por lo que quedaron prácticamente intransitables.

EL PERIODO MEDIEVAL

Al anterior ciclo, caracterizado por la existencia de un poder organizado y centralizado, sucedió una etapa donde los efímeros mandatos y las continuas luchas por el poder impidieron no sólo el desarrollo, sino también el mantenimiento de la red de carreteras heredada de los romanos. Cabe destacar de este período las **carreteras Brunehaut**, construidas en el siglo VI en el norte de Francia para remozar las vías romanas, que habían sido totalmente destruidas.

Con la formación de las nuevas naciones en el viejo continente fueron necesarias rutas de mayor importancia para el tránsito de las cortes reales itinerantes. A principios siglo XI, el auge que obtuvo la peregrinación a los templos sagrados aceleró el desarrollo de comercio internacional e hizo que los caminos alcanzaran su más importante ocupación desde la caída del Imperio Romano.





Es necesario reseñar que el transporte interior llevado a cabo por los caminos era muy reducido debido a los continuos asaltos que llevaban a cabo los bandoleros contra las mercancías y los comerciantes. Esa **inseguridad viaria** produjo que experimentase un auge importante el comercio marítimo y fluvial en la Edad Media, al ser un medio más barato y más seguro para comunicar dos ciudades más o menos próximas.

Aunque desde el punto de vista actual las superficies de tránsito estaban por debajo de las mínimas exigencias, los caminos estaban dotados a lo largo de su recorrido de fondas y posadas. El tráfico rodado era poco usual ya que tanto mercaderías como pasajeros se transportaban a lomos de caballos.

1.1.2. LOS ORÍGENES DE LA INGENIERÍA DE CARRETERAS

En el siglo XVII –especialmente después de la Guerra de los Treinta Años- y durante el siglo XVIII, la prosperidad de algunos países, las necesidades comerciales y el incremento constante del tráfico de viajeros dieron lugar a un nuevo auge en la construcción de carreteras. A finales del siglo XVIII y principios del XIX, se amplió la red extraordinariamente a causa de las necesidades militares de las campañas napoleónicas.

Durante todo el siglo XIX se prosiguió su construcción, bajo el impulso del desarrollo cada vez mayor del intercambio comercial entre ciudades de un mismo país y entre distintas naciones.

Gran Bretaña

El desarrollo de un gobierno centralizado no solía estar acompañado de una responsabilidad –también centralizada- en lo referente al mantenimiento de la red de caminos. En Inglaterra esta responsabilidad recayó en las parroquias, que cada año elegían un encargado de carreteras, quien se encargaba de reclutar a los hombres más fuertes y sanos de las mismas para realizar servicios a la comunidad, durante un número específico de horas al año, en concepto de labores de mantenimiento y reparación de caminos.





Posteriormente vino la era de los caminos de peaje: grupos de personas se asociaban para obtener facultades parlamentarias bajo las cuales asumían la gestión de un tramo de camino durante 21 años, o construían uno nuevo y financiaban su mantenimiento mediante el cobro de peajes. La Ingeniería de Carreteras era aún rudimentaria, y en muchas ocasiones no se supo conservar los caminos existentes.

Durante las tres primeras décadas del siglo XIX dos ingenieros británicos, Thomas Telford y John Loudon McAdam, así como un ingeniero de caminos francés, Pierre-Marie-Jérôme Trésaguet, perfeccionaron los **métodos y técnicas de construcción** de carreteras.

LA NUEVA CONCEPCIÓN CONSTRUCTIVA DE MCADAM

El ingeniero escocés John Loudon McAdam se dedicó a estudiar métodos de mejora de carreteras, consiguiendo construir caminos capaces de soportar tránsito rodado relativamente rápido. McAdam concebía la calzada como un colchón de reparto de las cargas de tráfico, y mantenía que un terreno bien drenado soportaría cualquier carga. En su sistema de construcción de carreteras, la capa de **pedra machacada** –sin ningún tipo de elemento aglomerante- se colocaba directamente sobre un cimiento de tierra que se elevaba del terreno circundante para asegurar un correcto desagüe.

Esencialmente su método consistía en disponer tres de capas de piedra de unos 10 cm. de espesor cada una, compactadas primero manualmente y posteriormente apisonadas por rodillos arrastrados por caballos. Debido al efecto del apisonando y del peso del tráfico rodado los bordes de las piedras iban puliéndose, haciendo resbaladiza la superficie del firme. Estos caminos *macadamizados* o **macadam** eran norma general en Gran Bretaña hasta la iniciación de la época de los vehículos a motor. Las llantas de goma de los automóviles más rápidos tendían a desconchar la superficie de piedra apareciendo baches y socavaciones, a lo que se añadía la gran cantidad de polvo levantado por los vehículos. Este problema condujo a la búsqueda de mejores superficies de rodadura, tales como el asfalto.





LAS MEJORAS ESTRUCTURALES DE TELFORD

Thomas Telford fue otro ingeniero Escocés de reconocida fama mundial. Su método consistía en hacer las carreteras lo suficientemente resistentes como para poder soportar la máxima carga admisible; esto fue posible debido a que a diferencia de McAdam, Telford dedicó más atención al estudio de la cimentación. Su sistema implicaba la construcción de cimientos de material resistente, roca a ser posible; éstos se recrecían en el centro para que la carretera se inclinara hacia los bordes permitiendo su desagüe. La parte superior de las carreteras se componía de una capa de unos 15 cm de piedra machacada y compactada. De esta forma se conseguía un mejor reparto de las tensiones transmitidas por los vehículos circulantes a lo largo de la estructura.

El sistema de McAdam, llamado macadamización, se adoptó en casi todas partes, sobre todo en Europa. Sin embargo, los cimientos de tierra de las carreteras macadamizadas no pudieron soportar los pesados camiones que se utilizaron en la I Guerra Mundial. Su principal consecuencia fue la adopción del sistema de Telford para construir carreteras sometidas a tráfico pesado, ya que proporcionaba una mejor distribución de las cargas de tráfico sobre el subsuelo subyacente.

FRANCIA

A mediados del siglo XVII el gobierno francés instituyó un sistema para reforzar el trabajo local en las carreteras, y con este método se construyeron aproximadamente 24,000 km de carreteras principales. Más o menos al mismo tiempo, el Parlamento instituyó un sistema de concesión de franquicias a compañías privadas para el mantenimiento de dichas carreteras, permitiendo a las mismas que cobraran un **peaje** o cuotas por el uso de aquéllas.

Al gobierno absolutista y fuertemente centralizado existente en Francia durante el siglo XVIII se le concedió el crédito suficiente para que pudiera realizar una sólida y asentada red nacional de carreteras. Así, en 1716 se creó el Departamento de Puentes y Caminos (Corps du Ponts et Chaussées), que se encargó de redactar **normas** para la construcción de diversos tipos de caminos.





La Ingeniería de Caminos se reconoció como profesión gracias, en su mayor parte, a los logros de Pierre-Marie-Jérôme Trésaguet, Inspector General de Caminos, al que se atribuye el haber codificado por primera vez y de forma detallada la construcción de carreteras.

Impulsado por el deseo de reducir el **espesor de las capas** que conforman el firme, su método de construcción se diferenciaba de los utilizados en Inglaterra por McAdam y Telford en que, aunque también utilizaba capas de áridos cuya granulometría iba aumentando con la profundidad, diseñó cada capa ligeramente bombeada –de sección transversal con una ligera pendiente a dos aguas, siendo el eje del camino el punto más alto- para así conseguir una mejor evacuación de las aguas hacia los flancos del camino. Estas capas eran las siguientes:

- **Un cimiento** a base de piedras gruesas hincadas a mano.
- **Una capa de regulación** constituida por fragmentos de piedras ordenadas y apisonadas a mano, que aseguraba la transmisión y el reparto de las cargas a la base.
- **Una capa de rodadura** de unos 8cm. de espesor, con agregados áridos del tamaño de una nuez, machacados con maceta y colocados mediante una paleta. Esta capa, compuesta de piedras muy duras, aseguraba el bombeo del 3% en el origen.

Además, en los laterales del camino existían unos encintados de piedra, cuya misión era la de impedir que las piedras pequeñas que conformaban la capa de rodadura de perdieran fuera del propio camino. También hizo un mayor uso de las capas del subsuelo para asentar correctamente el camino.

El Emperador Napoleón Bonaparte ordenó que los ingenieros franceses hicieran sustanciosas mejoras en los caminos que recorrían gran parte de Europa Occidental sin considerar el costo que suponía, ya fuera en dinero o vidas. Claros ejemplos fueron los caminos construidos sobre el Paso Simplon y el Paso de Mont Cenis.





A principios del siglo XIX Francia avanza en la investigación de carreteras empleando **pavimentos de mástic asfáltico** en la construcción de las mismas. A mediados del siglo pasado tanto franceses como ingleses utilizaban asfalto procedente de rocas comprimidas en la pavimentación calles urbanas. El rápido crecimiento del tráfico rodado en la tercera década del siglo XX acrecentó el uso del firme asfáltico al tener una superficie que no generaba polvo, aunque llegaba a ser resbaladizo y causante de accidentes sobre todo cuando se hallaba mojado. En 1929 se comenzó a añadir grava revestida de productos bituminosos –que facilitaban una mejor mezcla- al asfalto aún caliente y en estado líquido, lo que proporcionaba una mayor aspereza en la capa de rodadura, mejorando así el agarre de los vehículos.

ESTADOS UNIDOS

En Estados Unidos, las antiguas sendas Indias sirvieron para trazar los nuevos caminos; las sendas Mohawk y Natchez son algunas de ellas. Santa Fe, un poblado misionero que recibía abastecimiento desde México, llegó a convertirse un núcleo importante de comercio y atrajo a pioneros procedentes de tierras estadounidenses. En 1825 y como consecuencia del frecuente tránsito de viajeros, el Congreso destinó 30,000 dólares para la construcción de un camino a Santa Fe desde la ciudad de Independence, en el estado de Missouri. Los grandes movimientos migratorios hacia el oeste de mediados de siglo forzaron la construcción de la Ruta Overland, con desvíos hacia Oregón y posteriormente a California.

La llegada del primer **ferrocarril transcontinental** en la década de los 60 redujo la importancia de sendas y caminos, hasta que el desarrollo del motor de combustión interna y consecuentemente del automóvil renovó el interés por este tipo de vías de transporte. El general británico Edward Braddock construyó en 1755 un camino desde Cumberland, en Maryland –el llamado *Cumberland Road*- para facilitar el transporte de tropas en el asedio al Fuerte Duquesne; poco se hizo, sin embargo, para proveer a los estados ya asentados de caminos resistentes a todo tipo de condiciones meteorológicas hasta que, como sucediera en que Inglaterra, se establecieran los caminos de peaje. En 1785 se construyó en Virginia una carretera de peaje con fondos públicos, aunque fue el sector privado quien se encargó de la construcción y explotación de la mayor parte de la red de carreteras existente en los estados orientales antes de la llegada del ferrocarril.





Los estados eran particularmente reacios a financiar la construcción de caminos y el Gobierno Federal solo financió la construcción del *National Road*, una reconstrucción y prolongación del Cumberland Road. Después de muchos años, el Camino Nacional alcanzó San Luis. En 1838 la responsabilidad de construcción de carreteras recayó sobre los propios estados.

La proliferación de ferrocarriles en los Estados Unidos en la segunda mitad del siglo XIX y de vehículos eléctricos interurbanos en el este y el medio oeste del país entre 1900 y 1920 redujo la demanda de carreteras, aun siendo ya el automóvil un vehículo práctico. Con el fin de la I Guerra Mundial se intentó ampliar la red vial existente, aunque la construcción en este periodo se restringió únicamente a carreteras que abastecían zonas en proceso de expansión.

MÉXICO

La región que hoy ocupa el Estado de México estuvo habitada, antes de la llegada de los españoles, por diversos grupos étnicos, cuyas actividades económicas, culturales, sociales y religiosas, se basaron principalmente en intercambios con pueblos de otras regiones. Estos intercambios fueron posibles, en gran parte a los comerciantes, que deambulaban de pueblo en pueblo, comprando y vendiendo mercancías; estos comerciantes se les conocía como Pochtecas. En esos tiempos, los antiguos pobladores del Estado no contaban con bestias de carga, los hombres, los Tamemes, cumplían con esta actividad, soportando sobre sus espaldas grandes cargas de mercancías.

La gente recorría a pie los largos caminos trazados por ellos mismos; base de los caminos que más tarde, en la época de la Colonia se mejoraron. Los caminos eran brechas angostas, que serpenteaban a través de los bosques, a la orilla de las barrancas, o entre los cerros, pero con las dimensiones adecuadas para el tránsito exclusivo de personas. Tales caminos eran mantenidos por todos los lugareños, obligados por sus gobernantes a destinar unos días al año para estas actividades, principalmente después del tiempo de lluvias.





El uso de los caballos y mulas por parte de los españoles, vino a revolucionar el método de transporte en la Nueva España, pero al mismo tiempo, requirió de adaptar los caminos existentes para el paso de numerosos equinos. El Virrey de Mendoza dio gran importancia a la construcción y conservación de este tipo de caminos, enfocando su atención principalmente a los de Oaxaca, Acapulco, Michoacán y Taxco, que cruzaban por el Estado de México y que representaban el abastecimiento y comunicación de la ciudad de México, con otras regiones o países.

La ubicación de la capital de la Nueva España dentro de lo que es el Estado de México vino a privilegiar a este último, ya que a través de estas regiones pasaban la mayor parte de las rutas de comunicación y carga, situación que permitió al Estado contar con vías para su propio comercio y administración.

En 1531, Sebastián de Aparicio vino a agilizar el transporte de mercancías entre diversas regiones del país, al establecer por primera vez en México el uso comercial de carretas tiradas por bueyes. Estructuró verdaderas líneas de transporte de carga de gran eficiencia, en las rutas México-Veracruz, México-Querétaro y México-Zacatecas.

La carretera México - Toluca se concibió como proyecto desde 1563 y se empezaron a construir algunos puentes, como el de Río Hondito. Al estallar la lucha por la Independencia, muchos de los caminos existentes fueron destruidos, otros se les descuidó en su mantenimiento, dando como resultado, que al fin de esta guerra, era casi imposible transitar por el país; por esta razón, el Gobierno independiente tuvo que organizar la reconstrucción de los caminos destruidos.

A partir de 1830, se estableció una empresa que usaba carretas tiradas por caballos para hacer el transporte de carga y pasajeros entre Veracruz y México, lo que hizo más cómodo al transporte y permitió hacer las comunicaciones más ágiles. A finales del siglo XVIII, se empezaron a construir mejores y más modernos caminos, provistos de puentes de piedra y madera bien contruidos, para atravesar los ríos. Los cuantiosos recursos naturales de México, cuya explotación requería de caminos para la extracción y comercialización de





materias primas y productos, fueron grandes motivantes para hacer nuevos caminos. Cada región de México se caracterizó por una actividad económica en particular. Pueblos completos, como Capulhuac, Mexicalcingo, San Luis Mextepec y Acambay vivían del negocio de transportar mercancías desde el Valle de Toluca hasta las costas del Pacífico y el Bajío.

En Toluca existió la cofradía del Señor de Esquípuilas, compuesta de varios grupos de arrieros, que cada año, con enormes recuas hacían el duro y prolongado viaje desde el Estado de México hasta los límites de Guatemala con Honduras.

De 1877 a 1879, comenzaron a realizarse las primeras grandes inversiones en el Estado de México; se dieron facilidades a los empresarios para instalar industrias de todo tipo: fábricas textiles, cerveceras, molinos de trigo, fábricas de papel, etc. Casi a la par surgieron los ferrocarriles. De 1880 a 1889 vino la gran expansión del sistema ferroviario mexicano.

Con la atención puesta en los ferrocarriles, bajaron los presupuestos destinados a las carreteras, lo que ocasionó un gran deterioro de los caminos, llegando a desaparecer algunos de ellos. El 22 de septiembre de 1905, el Gobierno Federal, preocupado por esta terrible situación, estableció una junta directiva para ocuparse de la reparación de las carreteras, siendo la primera en atenderse, la carretera México-Toluca.

Con la invención de los motores de combustión interna, la producción en serie de automotores empezó a generar cambios en el modo de transporte; a fines de 1910 y principios de 1911 se adaptó un tramo del camino Toluca-México para el tráfico de automóviles. Había entonces 26 km de carretera, 250 km. de caminos de herradura y 822 km. de vías de ferrocarril (cuya red se había duplicado en 33 años). Pasado el período de lucha armada de la Revolución, después de 1921, se reconstruyeron los caminos existentes y se inició la construcción de otros. El Gobierno Federal dio gran impulso a los caminos carreteros pavimentados. Entonces, los ferrocarriles comenzaron a ceder importancia al autotransporte.





Los vehículos automotores comenzaron a aumentar en gran número durante los años 20's, lo que impulsó aún más la construcción de más carreteras y vialidades pavimentadas. La carretera México - Toluca, de dos carriles, fue pavimentada. En esa década, se puso en operación la línea de autobuses Triángulo Flecha, entre ambas ciudades.

Los problemas de la metrópoli fueron automáticamente exportados al Estado de México en su zona conurbada; el transporte a base de combis y microbuses se desarrolló en forma sorprendente y clandestina, haciendo difícil su control y creando problemas de congestión; en tanto que el número de autobuses disminuyó. De forma paralela, a partir de esos años, el problema de la contaminación atmosférica ocasionada por los vehículos automotores ha ido en aumento.

1.1.3 LAS CARRETERAS ACTUALES

Las variables más importantes a tener en cuenta en la ingeniería de carreteras moderna son las **pendientes** del terreno sobre el que se construye la carretera, la **capacidad de carga** tanto del suelo como del firme para soportar la carga esperada, la estimación correcta de la intensidad de uso de la carretera, la naturaleza geológica y geotécnica del suelo sobre el que va a construirse, así como la composición y espesor de la estructura de pavimentación.

El pavimento puede ser rígido o flexible, utilizando este último una mezcla de grava y arena con material bituminoso obtenido del petróleo y de los productos de la hulla. Esta mezcla es compacta, pero lo bastante plástica para absorber grandes golpes y soportar un elevado volumen de tráfico pesado. Los pavimentos rígidos se construyen con una mezcla de cemento Portland, grava y agregado fino. El espesor del pavimento puede variar de 15 a 45 cm, dependiendo del volumen de tráfico que deba soportar; generalmente se utiliza un refuerzo de acero en forma de malla reticulada para evitar la formación de grietas, fisuras, o incluso formación de tepalcates y rotura del firme. Bajo el pavimento se coloca un lecho de arena o grava fina.





Desde mediados de este siglo ha comenzado a ser posible en determinadas circunstancias estabilizar el suelo en lugar de construir cimientos a base de tierras compactadas o de hormigón, siempre y cuando aquél sea lo suficientemente homogéneo. El cemento, la cal y el betún asfáltico son los aglomerantes más empleados en este tipo de tratamientos. Una vez escarificado el suelo se agrega un riego de liga, y la mezcla es regada y compactada, recubriéndose de una capa impermeable una vez haya endurecido.

Sobre el cimiento –o el suelo estabilizado- se coloca una capa de base, normalmente pétreo, y sobre ella la capa de terminación o de rodadura, generalmente de betún asfáltico (carpeta asfáltica) o firme de concreto. Antiguamente se necesitaba la ayuda de un encofrado de madera para contener el concreto hasta que fraguase, pero la maquinaria actual en los países desarrollados hace innecesario este paso, produciendo concreto fuertemente compactado.

El concreto puede ser colocado por maquinaria específica que se encarga de extenderlo, para colocar posteriormente mediante grúas una malla de acero a modo de refuerzo, que evita la fisuración y levantamiento del firme. Otra máquina extendedora se encarga de recubrir dicha malla, mientras que un vibrador compacta firmemente la superficie.

Una tercera máquina asegura una correcta terminación, estriando la superficie para mejorar la adherencia neumático-carretera, y verifica que el bombeo es apropiado para un correcto drenaje. El proceso de construcción de carpetas asfálticas se realiza de forma similar, empleando maquinaria de extendido, nivelación y compactación.

Un gran apoyo a la Ingeniería de Carreteras ha sido el desarrollo de la fotogrametría aérea y fotografía satelital, que ha facilitado enormemente la elección del mejor trazado posible para una determinada vía. El diseño de carreteras y la planificación de nuevas rutas necesitan de estas potentes tecnologías para una correcta estimación del costo de cada una de las posibles variantes, teniendo en cuenta aspectos topográficos, geológicos y geotécnicos, así como las necesidades económicas del área afectada y los posibles daños causados al medio ambiente.





Aún poseyendo estos nuevos medios, el trazado de carreteras sigue estando condicionado: la fase de movimiento de tierras debe reducirse al mínimo, buscando siempre el equilibrio entre el volumen excavado (cortes) y el relleno (terraplenes). Además, en muchas ocasiones es conveniente rodear obstáculos naturales, tales como estratos difíciles que por su dureza o su potencia hagan antieconómica su retirada, o suelos inestables que no cumplan con lo necesario para su empleo como base de cimentación para carreteras.

Las carreteras modernas se construyen en líneas casi rectas a través de campo abierto en lugar de seguir las viejas rutas establecidas, y se evitan las áreas congestionadas o se cruzan utilizando avenidas especiales, túneles o pasos elevados. La seguridad se ha incrementado separando el tráfico y controlando los accesos; en las autopistas y autovías se separan los vehículos que viajan en direcciones opuestas mediante un camellón.

Las principales características de las autopistas y autovías modernas son la existencia de señales luminosas adecuadas para la conducción nocturna, de amplios acotamientos para detenerse fuera del tráfico, carriles con distintas velocidades, carriles de subida, carriles de retorno, zonas de frenado de emergencia, carriles para autobuses, dispositivos y marcas reflectantes en el pavimento y señales de control automático del tráfico, entre otras.

ORGANISMOS E INSTITUCIONES

Las organizaciones que persiguen la mejora de las carreteras existen en la mayoría de los países desarrollados. **La Federación Internacional de Carreteras** (International Road Federation), con sedes en Washington y Ginebra, promueve la construcción de autopistas intercontinentales y la mejora y enlace de carreteras ya existentes. Quizás el proyecto de autopista intercontinental más conocido es la Red Panamericana de Autopistas que cuando se complete, unirá las capitales de todas las naciones americanas.

La I.R.F. también recopila estadísticas anuales sobre el kilometraje de carreteras en todos los países del mundo excepto Campuchea, Laos y Vietnam; sus cifras muestran a Estados Unidos como el país con una red de carreteras más extensa, con 6,242,000km. Sin





embargo, en proporción al área del país considerado, Bélgica con 127,800km. y Holanda con 113,600, se sitúan a la cabeza la lista.

Por otra parte, los países disponen de una serie de organismos e institutos dedicados a la investigación y perfeccionamiento de las técnicas y materiales empleados en el proyecto y construcción de carreteras. Entre ellos, destacaremos el Transportation Research Board (TRB) y el American Association of State Highways and Transportation Officials (AASHTO) estadounidenses, el Transport and Road Research Laboratory (TRRL) británico, el SETRA y el CETUR franceses, el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) español, el OCDE europeo o el AIPCR internacional.

1.2 ESTRUCTURACION DE LAS CARRETERAS

La carretera, como vía proyectada y construida para la circulación de vehículos, no sólo deberá limitarse a resolver de forma efectiva el traslado de un punto a otro de la superficie terrestre, sino que deberá hacerlo asegurando las máximas condiciones de seguridad y comodidad a sus usuarios, así como integrándose en el paisaje por el que discurre y del que forma parte. Por lo que a continuación veremos detalladamente cada uno de los factores que intervienen en la construcción de las vías terrestres.

1.2.1 CLASIFICACION DE LAS CARRETERAS

En la práctica vial mexicana se pueden distinguir varias clasificaciones dadas en otros países. Ellas son:

- 1) CLASIFICACIÓN POR TRANSITABILIDAD.**
- 2) CLASIFICACIÓN POR SU ASPECTO ADMINISTRATIVO.**
- 3) CLASIFICACIÓN TÉCNICA-OFICIAL.**





A continuación de describe cada una de ellas:

1) CLASIFICACION POR SU TRANSITABILIDAD:

La clasificación por su transitabilidad corresponde a las etapas de construcción de las carreteras y se divide en:

a) **Tercerías:**

Cuando se ha construido una sección de proyecto hasta su nivel de subrasante transitable en tiempo de secas.

b) **Revestida:**

Cuando sobre la subrasante se ha colocado ya una o varias capas de material granular y es transitable en todo tiempo.

c) **Pavimentada:**

Cuando sobre la subrasante se ha construido ya totalmente el pavimento.

2) CLASIFICACION ADMINISTRATIVA

Por el aspecto administrativo las carreteras se clasifican en:

a) **Federales:**

Cuando son costeadas íntegramente por la federación y se encuentran por lo tanto a su cargo.

b) **Estatales:**

Cuando son construidos por el sistema de cooperación a razón del 50% aportados por el estado donde se construye y el 50% por la federación. Estos caminos quedan a cargo de las antes llamadas juntas locales de caminos.





c) **Vecinales o rurales:**

Cuando son construidos por la cooperación de los vecinos beneficiados pagando estos un tercio de su valor, otro tercio lo aporta la federación y el tercio restante el estado. Su construcción y conservación se hace por intermedio de las antes llamadas juntas locales de caminos y ahora sistema de caminos.

d) **De cuota:**

Las cuales quedan algunas a cargo de la dependencia oficial descentralizada denominada Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios y Conexos y otras como las autopistas o carreteras concesionadas a la iniciativa privada por tiempo determinado, siendo la inversión recuperable a través de cuotas de paso.

3) **CLASIFICACION TÉCNICA OFICIAL**

Esta clasificación permite distinguir en forma precisa la categoría física del camino, ya que toma en cuenta los volúmenes de tránsito sobre el camino y las especificaciones geométricas aplicadas. En México la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) clasifica técnicamente a las carreteras de la manera siguiente:

a) **Tipo A:**

Para tránsito promedio diario anual superior a 3,000 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 360 vehículos o más (o sea un 12% de T.P.D.) estos caminos requieren de un estudio especial, pudiendo tener corona de dos o de cuatro carriles en un solo cuerpo, designándoles A2 y A4, respectivamente, o empleando cuatro carriles en dos cuerpos diferentes designándoseles como A4S.

b) **Tipo B:**

Para un tránsito promedio diario anual de 1,500 a 3,000 equivalente a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos (12% del T.P.D.).





c) **Tipo C:**

Para un tránsito promedio diario anual de 500 a 1,500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos (12% de T.P.D.)

d) **Tipo D:**

Para un tránsito promedio diario anual de 100 a 500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 12 a 60 vehículos (12% del T.P.D.)

e) **Tipo E:**

Para un tránsito promedio diario anual menor de 100 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual menor a 12 vehículos (12% del T.P.D.)

En la clasificación técnica anterior, que ha sufrido algunas modificaciones en su implantación, se ha considerado un 50% de vehículos pesados igual a tres toneladas por eje. El número de vehículos es total en ambas direcciones y sin considerar ninguna transformación de vehículos comerciales a vehículos ligeros.

En México, en virtud a la composición promedio del tránsito en las carreteras nacionales, que arroja un 50% de vehículos comerciales, de los cuales un 15% esta constituido por remolques, se ha considerado conveniente que los factores de transformación de los vehículos comerciales a vehículos ligeros en caminos de dos carriles, sea de dos para terreno plano, de cuatro en lomeríos y de seis en terrenos montañosos.

1.2.2. PARTES QUE INTEGRAN UN CAMINO

Para efectuar la descripción de las partes de que consta la vía nos centraremos en su sección transversal, ya que en ella se distinguen la mayoría de ellas perfectamente.

La sección transversal será un corte vertical en un punto cualquiera normalmente al alineamiento horizontal, que permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la vía en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.





La sección transversal de una vialidad quedará compuesta por los siguientes elementos:

I.- La corona

A.- Rasante

B.- Pendiente Transversal

1.- Bombeo

2.- Sobreelevación

3.- Transición del bombeo a la sobreelevación

C.- Calzada

D.- Carril de estacionamiento de emergencia o acotamiento.

II.- La subcorona

A.- Subrasante

B.- Pendiente transversal

III.- Cunetas y Contracunetas.

IV.- Taludes

V.- Partes complementarias

A.- Las Guarniciones

B.- Las Banquetas

VI.- Fajas separadoras y camellones



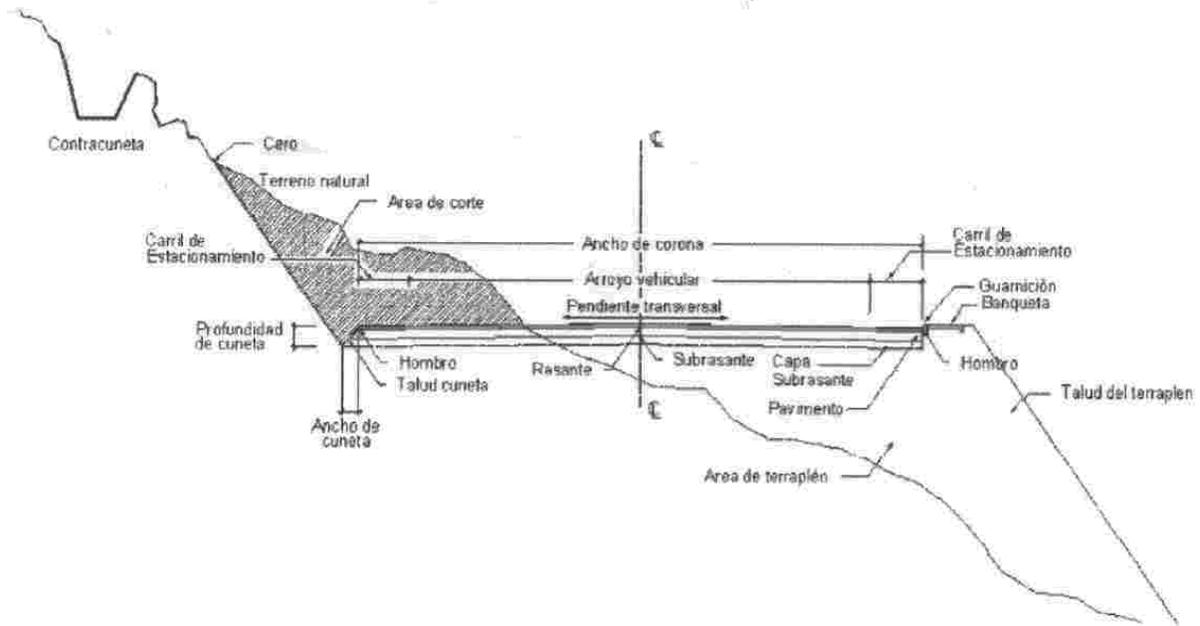


Figura 1.4 Elementos que integran la sección transversal

Definición de términos:

- 1 **LA CORONA:** Es la superficie de la vialidad terminada comprendida entre los hombros del camino y/o los interiores de la cuneta. Los elementos que definen la corona serán:
 - 1.1 **LA RASANTE:** será la línea que se obtiene al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino. En la sección transversal será representado por un punto.
 - 1.2 **LA PENDIENTE TRANSVERSAL:** será la pendiente que se da a la corona perpendicular a su eje. Según su relación con los elementos de alineamiento horizontal se presentan tres casos: Bombeo, sobreelevación y transición de bombeo a la sobreelevación.
 - 1.2.1 **EL BOMBEO:** Es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia ambos lados de la rasante, para evitar la acumulación del agua sobre la vialidad. El bombeo deberá permitir un drenaje adecuado de la corona con una pendiente mínima, y que no genere sensación de incomodidad e inseguridad a los usuarios. El bombeo para las superficies de concreto hidráulico o





asfáltico será de 3% en zonas planas y del 2% en zonas montañosas o con lomerío, para superficies de tierra será de 3 a 4 %; sin embargo, estas pendientes podrán variar a juicio de la autoridad correspondiente en aquellos casos que presenten situaciones particulares como remates a pavimentos existentes, instalaciones existentes, sobreelevaciones, intersecciones, etc.

- 1.2.2 **LA SOBREELEVACIÓN:** Será la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal. Sin embargo algunos problemas relacionados con la construcción, operación y conservación de la vialidad han demostrado la necesidad de fijar una sobreelevación máxima, admitiendo cuatro valores.

VELOCIDAD DE PROYECTO	COEFICIENTE DE FRICCIÓN LATERAL	VALORES PARA PROYECTO							
		S=0.12		S=0.10		S=0.08		S=0.06	
		G	R	G	R	G	R	G	R
30	0.280	65	17.63	62	18.48	58	19.76	55	20.83
45	0.210	32	35.81	30	38.20	28	40.93	26	44.07
55	0.177	18	63.66	17	67.41	16	71.62	15	76.39
65	0.157	12	95.49	11	104.17	10	114.59	9	127.32
70	0.150	8	143.24	7.5	152.79	7	163.70	6.5	183.34
80	0.140	6	190.99	5.5	208.35	5	229.18	4.5	254.65
90	0.135	4.5	259.65	4.25	246.10	4	286.48	3.5	327.40
100	0.130	3.5	327.40	3.25	352.59	3	381.97	2.75	416.69
110	0.125	3	381.97	2.75	416.89	2.5	458.37	2.25	509.29

Tabla 1.1. Establece para cada valor de sobreelevación “S”, los grados “G” y radios “R” máximos para las curvas.

- 1.2.3 **TRANSICIÓN DEL BOMBEO:** Es la sobreelevación, al efecto de pasar de una sección en tangente a otra situada en la curva del alineamiento horizontal, será necesario efectuar un cambio de la pendiente transversal de la corona, desde el bombeo hasta la sobreelevación requerida en la curva. Este cambio se hará gradualmente en toda la longitud de la espiral de transición.





Cuando la curva circular no tiene espirales de transición el cambio puede realizarse de la siguiente manera: Una parte en una tangente contigua a la curva y la otra sobre la curva circular. Se puede tomar hasta el 50% de la longitud de transición dentro de la curva circular, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede con la sobreelevación completa.

La consideración anterior limita la longitud mínima de las tangentes entre dos curvas circulares de sentido contrario y que no tengan espirales de transición. Esa longitud deberá ser igual a la semisuma de las dos longitudes de transición correspondientes a cada curva. Esa longitud de transición puede calcularse de la misma manera que las espirales de transición y numéricamente son iguales.

- 1.3 **LA CALZADA:** será la parte de la corona que se destine al tránsito de vehículos y que estará constituida por uno más carriles.
- 1.4 **ACOTAMIENTO:** Serán las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino. Destinadas para el estacionamiento por emergencia de los vehículos. Actualmente los acotamientos van de: 0.5m a 3.00m. Dependiendo del tipo de camino que se construya y de las condiciones económicas que imperen. Es aconsejable que los acotamientos vayan cubiertos ó pavimentados hasta el riego de impregnación con el fin de proteger la vía y además para dar sensación de seguridad al conductor.
- 2 **LA SUBCORONA:** es la superficie que limita a las terracerías y sobre la que se apoyan las capas subsecuentes de material pétreo y la carpeta. En la sección transversal será una línea. Los elementos que definen la subcorona y que son básicos para el proyecto de las secciones de construcción de la vialidad, son la subrasante, la pendiente transversal y el ancho.
 - 2.1 **LA SUBRASANTE:** será la línea que se obtiene al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la subcorona del camino. En la sección transversal será representado por un punto.





- 2.2 **LA PENDIENTE TRANSVERSAL:** será la pendiente que se da a la terracería perpendicular a su eje. Según su relación con los elementos de alineamiento horizontal se presentan tres casos: Bombeo, sobreelevación y transición de bombeo a la sobreelevación los cuales serán los mismos que en el nivel de corona.
- 3 **CUNETAS Y CONTRACUNETAS:** Son las obras de drenaje que por su naturaleza quedan incluidas en la sección transversal.

Las cunetas serán las zanjas construidas en los tramos en corte a uno o ambos lados de la corona, contiguas a los hombros, con el objeto de recibir en ellas el agua que escurre por la corona y los taludes del corte. Normalmente su sección triangular es de un ancho de 1.00 m, medido horizontalmente del hombro de la corona al fondo de la cuneta; y su talud de 3:1; el fondo de la cuneta parte el talud del corte. Deberán cumplir con lo siguiente lineamientos:

I.- La capacidad hidráulica debe ser acorde con la precipitación pluvial de la zona y la área drenada.

II.- La longitud de una cuneta está limitada por su capacidad hidráulica, pues no debe permitirse que el agua rebase su sección y se extienda por el acontecimiento; por lo que deberá limitarse esta longitud colocando alcantarillas de alivio o proyectando las canalizaciones convenientes.

III.- Cuando la velocidad de agua es fuerte puede causar erosiones en la cuneta; para evitarlas habrá que disminuir esa velocidad o proteger las cunetas con materiales resistentes a la erosión.

Las contracunetas Son las zanjas de sección trapezoidal, que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural. Se construyen perpendiculares a la pendiente máxima del terreno con el fin de lograr una interceptación del escurrimiento laminar. Sus dimensiones y localización están determinada por el escurrimiento posible, por la configuración del terreno y características geotécnicas de





los materiales que lo forman, pues a veces las contracunetas son perjudiciales si en su longitud ocurren filtraciones que aumentan la inestabilidad de los taludes del corte; en estos casos debe estudiarse la conveniencia de impermeabilizarlas, sustituirlas por bordos o buscar otra solución.

- 4 **EL TALUD:** Es la inclinación del parámetro de los cortes o de los terraplenes, expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente. En vialidades se llamará talud a la superficie que en cortes queda comprendida entre la línea de ceros y el fondo de la cuneta; y en terraplenes la que queda comprendida entre la línea de ceros y el hombro correspondiente.
- 5 Se entenderá por **partes complementarias** a aquellos elementos de la sección transversal que concurren ocasionalmente y con los cuales se trata de mejorar la operación y conservación de la vialidad. Tales elementos serán, las guarniciones, banquetas, fajas separadoras y camellones.

Las guarniciones son elementos parcialmente enterrados, con concreto hidráulico utilizados para limitar banquetas, camellones, isletas, delinear la orilla del pavimento y canalizar los escurrimientos superficiales hacia las instalaciones de drenaje pluvial. Las guarniciones pueden ser de dos tipos:

1. “Tipo L”. Parte saliente vertical ligeramente inclinada, el patín de la guarnición sigue el bombeo de la rasante y conduce las aguas pluviales que escurren superficialmente.
2. “Tipo I”. Parte saliente vertical ligeramente inclinada, se utilizan para confinar áreas definidas de tercerías en camellones, banquetas, en zonas donde no se requiere conducir escurrimientos superficiales.

Se entenderá por andadores y banquetas las franjas destinadas a la circulación de peatones, ubicadas a un nivel superior al de la corona y a uno o ambos lados de ella. El diseño de banquetas estará sujeto a los siguientes lineamientos:





I.- Anchura: La acera deberá abarcar desde la guarnición hasta el límite de derecho de vía o límite de la propiedad adyacente. La anchura mínima deberá ser la estipulada en la Sección IV, del presente Capítulo de este Reglamento para los distintos tipos de vías. En caso de zonas de intenso tráfico peatonal, los anchos mínimos especificados deberán verificarse considerando que por cada 55 centímetros de anchura se obtiene una capacidad máxima de 1,100 al 1,600 peatones por hora;

II.- Ubicación: Las banquetas deberán estar ubicadas en forma tal que presenten al peatón una continuidad y claridad de la ruta, evitando la ubicación incorrecta de elementos que obstruyan el paso peatonal tales como postes, señales de tránsito, puestos de periódicos u otro tipo mobiliario urbano. En el caso de arterias donde se permita el estacionamiento en batería, no deberá obstaculizarse el flujo peatonal por la presencia de los vehículos estacionados, ya sea remetiéndolo el área de estacionamiento dentro del límite de propiedad, para dejar libre el ancho mínimo requerido para la banqueta o bien desviando el trazo de la banqueta hacia la parte frontal del estacionamiento, en cuyo caso esta superficie, aún cuando quedará dentro del límite de propiedad, será considerada de uso público;

III.- Pendientes: Para el caso de que una banqueta forme parte de una vía vehicular la pendiente máxima que deberá tener será del 8 por ciento y tratándose de andadores exclusivos para peatones la pendiente máxima será del 5 por ciento;

IV.- Rampas: Para el ingreso y salida de vehículos se deberán construir rampas que ligen la acera con la superficie de rodamiento, las cuales deberán tener una pendiente máxima de 10 por ciento y llevar lados inclinados y no verticales. Para el caso de rampas de uso peatonal y de personas con discapacidad, se seguirán los lineamientos señalados en el Capítulo VI, Sección I, de este Reglamento.





Se considerarán fajas separadoras a las zonas que se utilizan para dividir carriles de tránsito de un sentido de otros de sentido opuesto, o bien para dividir carriles del mismo sentido pero de diferente naturaleza. A las primeras se les llamará fajas separadoras centrales y a las segundas fajas separadoras laterales. Cuando a estas fajas se le construyan guarniciones laterales y entre ellas se coloque material para obtener un nivel superior al de la calzada, se les llamará camellones, que igualmente pueden ser centrales o laterales; su anchura será variable dependiendo del derecho de vía y de las necesidades del tránsito. El ancho mínimo será de 1.20 m.

ANCHOS DE CORONA, DE CALZADA, DE ACOTAMIENTOS Y DE LA FAJA SEPARADORA CENTRAL					
TIPO DE CARRETERA	ANCHOS DE				
	CORONA (m)	CALZADA (m)	ACOTAMIENTOS (m)		FAJA SEPARADORA CENTRAL (m)
E	4.00	4.00	-		-
D	6.00	6.00	-		-
C	7.00	6.00	0.50		-
B	9.00	7.00	1.00		-
A	(A2)	12.00	7.00		2.50
	(A4)	22.00 mínimo	2 x 7.00	EXT	INT
				3.00	0.50 *
	(A4S)	2 x 11.00	2 x 7.00	3.00	1.00

* Deberá prolongarse la carpeta hasta la guarnición

TAULA 102-4

Tabla 1.2 Datos complementarios para el proyecto de una carretera

DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DE LA CARRETERA

Geoméricamente, la carretera es un cuerpo tridimensional totalmente irregular, lo que en un principio hace complicada su representación. Sin embargo, posee una serie de particularidades que simplifican y facilitan su estudio:

- El predominio de una de sus dimensiones respecto a las otras dos: la carretera es una obra lineal.
- La posibilidad de reproducirla fielmente mediante el desplazamiento de una sección transversal que permanece constante a lo largo de un eje que define su trayectoria.





Estas dos características permiten la adopción de un sistema de representación relativamente sencillo, de fácil interpretación y muy útil desde el punto de vista constructivo. En base a este sistema, la carretera queda totalmente definida mediante tres tipos de vistas: planta, perfil longitudinal y perfil transversal. No obstante, pueden emplearse otros tipos de representación –como la perspectiva cónica- de cara a realizar estudios más específicos sobre un determinado aspecto, como la visibilidad o el impacto ambiental. A continuación se comentan las tres vistas más importantes:

(a) Planta: Es la vista más importante de todas, ya que sobre ella se representa de forma explícita la proyección horizontal de la carretera. Se emplea para la confección de planos que recojan información de diversa índole, útil para la correcta definición de la vía: trazado, replanteo, geología, topografía, pluviometría, señalización, uso del suelo, etc.

(b) Perfil: Es el desarrollo sobre un plano de la sección obtenida empleando como plano de corte una superficie reglada cuya directriz es el eje longitudinal de la carretera, empleando una recta vertical como generatriz. En esta vista se sintetiza gran parte de la información necesaria para la construcción de la carretera, expresada tanto de forma gráfica como numérica.

(c) Perfil transversal: Se obtiene seccionando la vía mediante un plano perpendicular a la proyección horizontal del eje. En él se definen geoméricamente los diferentes elementos que conforman la sección transversal de la vía: taludes de desmonte y terraplén, cunetas, arcenes, pendientes o peraltes. Normalmente suelen tomarse varios perfiles a lo largo del eje, con un intervalo de separación constante y que viene condicionado por las condiciones topográficas del terreno. Una importante aplicación de estos perfiles es facilitar el cálculo el movimiento de tierras que acarrea la construcción de la carretera.



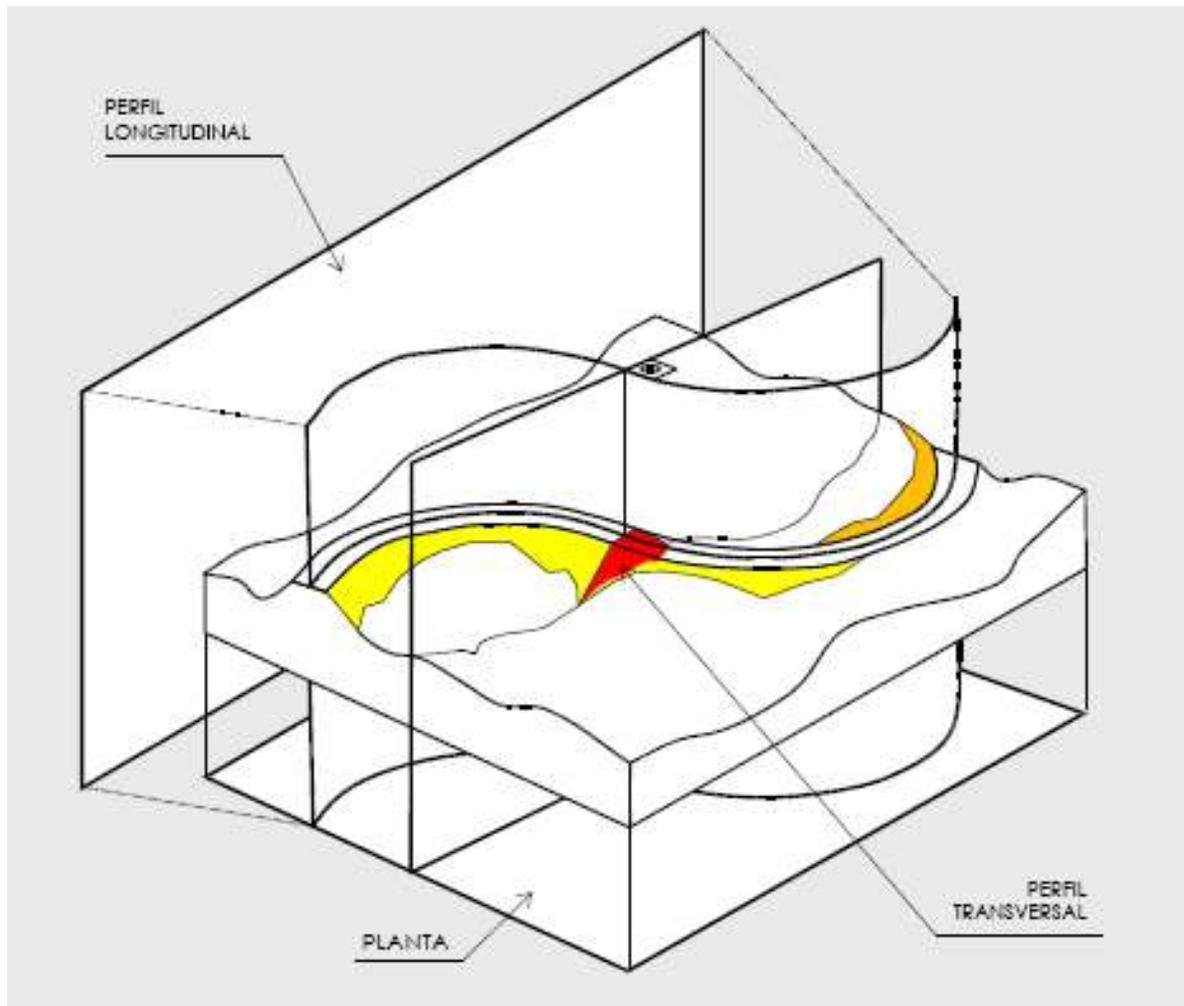


Figura 1.5 Tipos de perfiles para el proyecto

ALINEAMIENTO Y PUNTOS OBLIGADOS.

En la construcción de un camino se trata siempre de que la línea quede siempre alojada en terreno plano la mayor extensión posible, pero siempre conservándola dentro de la ruta general. Esto no es siempre posible debido a la topografía de los terrenos y así cuando llegamos al pie de una cuesta la pendiente del terreno es mayor que la máxima permitida para ese camino y es necesario entonces desarrollar la ruta.

Debido a estos desarrollos necesarios y a la búsqueda de pasos adecuados es por lo que los caminos resultan de mayor longitud de la marcada en la línea recta entre dos puntos. Sin embargo, debe tratarse siempre, hasta donde ello sea posible, que el alineamiento entre





dos puntos obligados sea lo mas recto que se pueda dé acuerdo con la topografía de la región y de acuerdo también con él tránsito actual y el futuro del camino a efecto de que las mejoras que posteriormente se lleven a cabo en el alineamiento no sean causa de una perdida fuerte al tener que abandonar tramos del camino en el cual se haya invertido mucho dinero. Es decir, que hay que tener visión del futuro con respecto al camino para evitar fracasos económicos posteriores, pero hay que tener presente también que tramos rectos de más de diez kilómetros producen fatiga a la vista y una hipnosis en el conductor que puede ser causa de accidentes.

También hay que hacer notar que en el proyecto moderno de las carreteras deben evitarse, hasta donde sea económicamente posible, el paso por alguna de las calles de los centros de población siendo preferible construir libramientos a dichos núcleos.

En base al reconocimiento se localizan puntos obligados principales y puntos obligados intermedios, cuando el tipo de terreno no tiene problemas topográficos únicamente se ubicaran estos puntos de acuerdo con las características geológicas o hidrológicas y el beneficio o economía del lugar, en caso contrario se requiere de una localización que permita establecer pendientes dentro de los lineamientos o especificaciones técnicas.

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE LAS CARRETERAS

Existen parámetros establecidos por la S.C.T. para el proyecto geometrico de carreteras el cual se presenta una descripción de los

Derecho de vía.

Se conoce como “derecho de vía” a la faja de terreno dentro de la cual se aloja una vía de comunicación y sus servicios auxiliares y cuya anchura mínima absoluta es de 20.00m a cada lado del eje de la vía; ancho que puede ampliarse bien por las previsiones que determine el proyecto para fines inmediatos ó futuras relacionados con la obra vial ó bien por las necesidades que impongan condiciones topográficas, terraplenes altas, zonas de prestamos.





Curvatura

Se denomina “grado de curvatura” al ángulo en el centro correspondiente a un desarrollo de arco de 20 m y su relación con el arco de la curva:

$$\frac{360 \text{ (grados)}}{G_c \text{ (grados)}} = \frac{2\pi \text{ (Radio)}}{20}$$

De donde: $G_c = 360^\circ \frac{20}{2\pi R}$

La tabla siguiente muestra los grados máximos de curvatura recomendables según el tipo de camino y topografía.

TIPO DE CAMINO.	PLANO	PLANO CON POCO LOMERÍO.	PLANO CON LOMERÍO FUERTE.	LOMERÍO FUERTE.	MONTAÑOSO POCO ESCARPADO.	MONTAÑOSO MUY ESCARPADO.
TIPO A.	2.75°	3.25°	4.25°	5.50°	7.50°	11.00°
TIPO B.	3.25°	4.25°	5.50°	7.50°	11.00°	17.00°
TIPO C.	4.25°	5.50°	7.50°	11.00°	17.00°	30.00°
TIPO D.	5.50°	7.50°	11.00°	17.00°	30.00°	60.00°
TIPO E.	5.50°	7.50°	11.00°	17.00°	30.00°	60.00°

Tabla 1.3 Grados maximos de curvatura

Pendiente.

La pendiente que debe dársele a un camino en sus diferentes tramos. Se presenta un problema que el ingeniero debe solucionar con mucho cuidado, ya que pendientes bajas obligan a altos costos de construcción y pendientes altas influyen en el costo del transporte por que:

- Disminuye la velocidad.
- Aumenta el gasto de combustible por km.
- Desgaste de los vehículos especialmente los neumáticos.

Por lo anterior hay que tener siempre presente que es necesario una solución adecuada en cada caso especial, estudiando independientemente, ya que afecta grandemente al costo del proyecto.





La pendiente que se escoja para un camino debe estar en relación con la categoría del mismo y como en dicha categoría influye la velocidad se recomienda tener presente los siguientes límites.

Las pendientes máximas se suelen establecer generalmente de acuerdo con la potencia de los vehículos que tendrán que circular.

La sociedad americana de ingenieros automovilistas recomienda la siguiente formula para calcular la pendiente máxima que puede “vencer un camión” de una potencia dada, circulando a una determinada velocidad:

$$i = \frac{0.15 CN}{VP} - 1.5$$

V = velocidad de traslación del camión.

C = cilindrado en cm^3 .

N = velocidad de rotación del motor en mph.

P = peso del camión en Kg. (bruto).

i = pendiente del terreno en %.

El 1.5 representa una constante que resulta de suponer una resistencia media al rodamiento de 1.5kg por Ton de peso del vehículo. Ahora bien, el hecho de que un camión hacienda una pendiente no significa que dicha pendiente deba aceptarse como conveniente y económica.

Si la pendiente es exagerada limita la capacidad de tránsito y la vida de los vehículos se reduce (por el desgaste del motor), también hace que los costos de operación suban. Además es importante considerar que no todos los vehículos que transitan son “nuevos”.

Se recomienda no emplear los máximos indicado en la tabla en trayectos continuos cuya longitud exceda los 500m ya que si los tramos con pendiente limite son muy largos, obligan a los vehículos a circular en velocidades bajas, produciendo un desgaste adicional al revolucionar mas de lo necesario el motor lo que originaque se caliente mucho la maquina y hervirá el agua del radiador, haciendo que el rendimiento del motor baje aun mas.





También se recomienda que antes ó después de cualquier tramo de pendiente máxima se intercale un tramo con pendiente de 2 % menor que la máxima y con longitud mínima de 300 m.

Otro aspecto que es necesario tomar en cuenta al escoger la pendiente es la altura de la zona. En las alturas los motores de explosión parte de su potencia debida al enrarecimiento del aire o sea a la menor cantidad de oxígeno en el ambiente para alimentar los cilindros esa perdida varia en razón inversa de la densidad del aire. Para compensar esa perdida se puede dotar a los motores de súper-cargadores que inyectan la mezcla explosiva a presión como los motores de aviación, o se puede afectar compensando las pendientes con las alturas. En la practica se emplea un método que consiste en reducir 0.5 % la pendiente máxima a partir de los 1000 m por cada mil metros de ascenso.

Las curvas “horizontales” en especial de radio pequeño ofrecen cierta resistencia al movimiento de los vehículos que los obliga a desarrollar un exceso de potencia equivalente a la necesaria para vencer un aumento de pendiente en la rasante.

Para ello es necesario compensar esa resistencia disminuyendo proporcionalmente la pendiente en todo el desarrollo de la curva.

La compensación mencionada se puede relacionar mediante la formula:

$$D = \frac{36 i}{R}$$

D = radio de pendiente en %.

R = radio de curvatura en m.

i = pendiente en m.

A CONTINUACIÓN DE PRESENTA LA TABLA DE S.C.T. DEL MANUAL DE PROYECTOS GEOMÉTRICOS DONDE APARECE RESUMIDO TODOS LOS PARÁMETROS Y NORMAS ESPECIFICAS:





CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CARRETERAS

CONCEPTO		UNIDAD	TIPO DE CARRETERA																														
			E					d					c					B					A										
TDPA	EN EL HORIZONTE DE PROYECTO	Veh/día	HASTA 100					100 a 500					500 a 1500					1500 a 3000					MAS DE 3000										
TERRENO	MONTAÑOSO																																
	LOMERIO																																
	PLANO																																
VELOCIDAD DE PROYECTO		Km/h	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	40	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	110	60	70	80	90	100	110	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA		m	30	40	55	75	95	30	40	55	75	95	40	55	75	95	115	135	155	55	75	95	115	135	155	175	75	95	115	135	155	175	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE		m						135	100	225	270	315	180	225	270	315	360	405	450	225	270	315	360	405	450	495	270	315	360	405	450	495	
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA		°	60	30	17	11	7.5	60	30	17	11	7.5	30	17	11	7.5	5.5	4.25	3.25	17	11	7.5	5.5	4.25	3.25	2.75	11	7.5	5.5	4.25	3.25	2.75	
CURVAS VERTICALES	K	CRESTA	m/%	4	7	12	23	36	3	4	8	14	20	4	8	14	20	31	43	57	8	14	20	31	43	57	72	14	20	31	43	57	72
		COLUMPIO	m/%	4	7	10	15	20	4	7	10	15	20	7	10	15	20	25	31	37	10	15	20	25	31	37	43	15	20	25	31	37	43
	LONGITUD MINIMA	m	20	30	30	40	40	20	30	30	40	40	30	30	40	40	50	50	60	30	40	40	50	50	60	60	40	40	50	50	60	60	
PENDIENTE GOBERNADORA		m	9					8					6					5					4										
PENDIENTE MAXIMA		m	13					12					8					7					6										
LONGITUD CRITICA		m	VER FIG. NO. 004,4					VER FIG. NO. 004,4					VER FIG. NO. 004,4					VER FIG. NO. 004,4					VER FIG. NO. 004,4										
ANCHO DE CALZADA		m	4.0					6.0					6.0					7.0					A2	A4	A4S								
ANCHO DE CORONA		m	4.0					6.0					6.0					7.0					7.00	2 X 7.0	2 X 7.0								
ANCHO DE ACOTAMIENTOS		m	-					-					0.5					1.0					2.50	3.0 EXTERIOR	3.0 EXTERIOR								
ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL		m	-					-					-					-					-	? 1.0	? 8.0								
BOMBEO		%	3					3					2					2					2										
SOBREELEVACIÓN MAXIMA		%	10					10					10					10					10										
SOBREELEVACIONES PARA GRADOS MENORES AL MÁXIMO		%	VER TABLA NO. 004-5					VER TABLA NO. 004-5					VER TABLA NO. 004-6					VER TABLA NO. 004-7					VER TABLA NO. 004-8										
AMPLIACIONES Y LONGITUDES MINIMAS DE TRANSICIÓN		m																															

TABLA 002-1

Tabla 1.4 Tabla con parámetros básicos de diseño del Manual de Proyectos Geométricos de la S.C.T.





1.2.3 PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO

Para poder cumplir normas básicas de diseño de toda carretera, el proyectista debe valerse de una serie de parámetros cuantificables que garanticen una adecuada calidad de trazado de la vía que se pretende construir.

VELOCIDAD DE PROYECTO.

Se define la velocidad como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo, o sea, una relación de movimiento que queda expresada, para velocidad constante, por la formula: $V = d/t$.

Como la velocidad que desarrolla un vehículo queda afectada por sus propias características, por las características del conductor y de la vía, por el volumen de tránsito y por las condiciones atmosféricas imperantes, quiere decir que la velocidad a la que se mueve un vehículo varía constantemente, causa que obliga a trabajar con valores medios de velocidad.

Una velocidad que es de suma importancia es la llamada Velocidad de Proyecto o Velocidad Directriz que no es otra cosa que aquella velocidad que ha sido escogida para gobernar y correlacionar las características y el proyecto geométrico de un camino en su aspecto operacional. La velocidad de proyecto es un factor de primordial importancia que determina normalmente el costo del camino y es por ello por lo que debe limitarse para obtener costos bajos.

Todos los elementos del proyecto de un camino deben calcularse en función de la velocidad de proyecto. Al hacer esto, se tendrá un todo armónico que no ofrecerá sorpresas al conductor.

La mayor parte de los estudios de velocidad se refieren a la “velocidad de punto “que no es otra cosa que la velocidad que lleva el vehículo en un determinado punto de una vía.





Los métodos de medición de velocidades aplicables al estudio de la “velocidad de punto “son los siguientes:

- a) Métodos de cronometro.
- b) Método del hemoscopio.
- c) Método radormétrico.
- d) Con relación al tiempo recomendable.

Para efectuar mediciones de velocidades se hayan divididas en 3 partes:

Estas mediciones se harán de la siguiente manera.

- a) Una hora entre 9:00 y 12:00.
- b) Una hora entre 15:00 y 18:00.
- c) Una hora entre 20:00 y 22:00.

Para dar una magnitud del problema se emplean los “índices de accidentes “que sirven para comparar su gravedad en diferentes lugares durante el mínimo periodo ó en el mínimo lugar pero diferentes épocas de esta manera se tienen:

Índices de accidentes:

1. Basados en la población.
2. Basados en el número de vehículos.
3. Basados en el tránsito.

Nota: generalmente se toma como periodo un año.

a) índice de cadentes basado en la población.

Es la relación que existe entre el número de accidentes que ocurren en una ciudad, región ó país y el número de habitantes de la unidad geográfica considerada en centenares de millones o sea:

$$\text{Índice} = \frac{\# \text{ de accidentes}}{\# \text{ de habitantes}} \times 100,000. \quad (p/c) \times 100,000 \text{ habitantes}$$





b) índice de accidentes basados en el # de vehículos.

Es una relación muy parecida a la anterior, pero usa el # de vehículos registrados en la unidad geográfica considerada expresada en decenas de millar.

$$\text{Índice} = \frac{\text{\# de accidentes por 10,000}}{\text{\# de vehículos registrados}} \quad (\text{p/c} \times 10,000 \text{ vehículos.})$$

c) índices de accidentes basados en el tránsito.

Es posiblemente el procedimiento mas adecuado y la medida mas exacta de la magnitud del problema de los accidentes de tránsito. Este índice viene dado por la relación entre el # de cadentes de una determinada unidad geográfica y el trafico existente en una misma unidad expresada en centenares de millares de vehículos-kilómetros.

$$\text{Índice} = \frac{\text{\# de accidentes por 100,000, 000}}{\text{\# de vehículos - kilómetro.}}$$

Continuación: los vehículos-kilómetro de tránsito es factible obtener este dato multiplicando el consumo total de combustible por el rendimiento promedio de los vehículos. Hay que recordar que la mayor proporción de accidentes de tránsito mortales ocurre a velocidades muy altas, pero la menor proporción no tiene lugar a bajas velocidades, si no a velocidades media.

Para obtener lo índices de mortalidad se usan las mismas formulas anteriores pero sustituyendo el # de accidentes por el # de mortalidad.

LA TOPOGRAFIA

En general toda región en la cual el promedio de inclinación del terreno en una longitud de 30km sea mayor del 4% será considerado “montañoso”, si el promedio de inclinación fluctúa entre el 2 y 1 4% será considerado “ondulado o en lomerío” y si el promedio de inclinación es menor del 2% se considera como terreno “plano”.

El escoger montañoso poco escarpado o montañoso muy escarpado dependerá si el promedio se acerca o se aleja del valor dado del 4%.





VOLUMEN DE TRÁNSITO.

Se entiende por volumen de tránsito cierta cantidad de vehículos de motor que transitan por un camino en un determinado tiempo y en el mismo sentido.

Las unidades comúnmente empleadas son:

- a) vehículos por día y/o
- b) vehículos por hora.

Se llama tránsito promedio diario (T.P.D.) al promedio de los vehículos de tránsito que circulan durante 24 horas en un cierto periodo de tiempo normalmente este periodo de tiempo es de un año. (Salvo que se indique otra cosa). El T.P.D. es comúnmente empleado en los estudios económicos ya que representa la utilización de la vía y sirve para efectuar distribuciones de fondos económicos mas no se puede usar para determinar las características geométricas del camino. Pues no es un valor sensitivo o los cambios significantes de los volúmenes y no indican las variaciones del tránsito que pueden presentarse en las horas días y meses del año. El volumen horario es el que resulta de dividir el número de vehículos que pasan por un determinado punto en un periodo de tiempo; este periodo de tiempo en horas.

Los volúmenes horarios máximos son los que se emplean para definir los aspectos geométricos de lo caminos y se les denomina “volumen directriz “.

AFOROS.

Una vez definidas las magnitudes y los fundamentos teóricos del tráfico, se hace indispensable recabar información acerca de las características de la circulación de vehículos en las carreteras existentes. Para ello se emplean métodos de aforo que serán más o menos precisos dependiendo del grado de exactitud que pretenda obtenerse. Las características que son objeto de un estudio de aforo son:

- Intensidades de circulación.
- Velocidades y tiempos de recorrido de los vehículos.
- Origen, destino y objeto de los viajes realizados.
- Accidentes de circulación.





MÉTODOS DE AFORO

Para realizar estas mediciones se dispone de diversos métodos, entre los cuales destacan los siguientes:

(a) **Aforos manuales:** Este tipo de aforos son los más costosos dado que emplean personal cualificado para su realización. Su metodología es simple: el observador se coloca en una sección de carretera y realiza un conteo de todos los vehículos que circulan a través de ella, bien por medio de impresos destinados a tal efecto, bien a través de aparatos electrónicos o pulsadores.

La efectividad de este tipo de aforo es mayor que la del resto, ya que permite distinguir entre los diferentes tipos de vehículos que transitan. En algunas situaciones se antoja imprescindible, como es el caso de las intersecciones, donde interesa cuantificar todos los movimientos posibles. El inconveniente que posee es que sólo es recomendable para períodos cortos, no superiores a 24 h. ya que su alto costo hace injustificable períodos de aforo superiores.

(b) **Aforos automáticos:** Se basan en la utilización de mecanismos automáticos que detectan el paso de vehículos, procediendo a su conteo y posterior almacenamiento. Los aparatos más empleados en este tipo de aforos son los neumáticos, que constan de un captador formado por un tubo de goma colocado transversalmente sobre la calzada, y un detector compuesto por una membrana formada por dos láminas metálicas que entran en contacto cada vez que un vehículo pisa el captador. Otro tipo de sistemas empleados –aunque en menor medida- son los detectores de lazo o bucle, basados en la inducción electromagnética e incluso detectores basados en ondas de choque o en el láser.

(c) **Aforos móviles:** En determinadas ocasiones puede interesar la determinación de aforos en un tramo determinado, para lo que se recurre al conteo de vehículos desde otro automóvil en movimiento e integrado en la corriente de tráfico. La intensidad horaria empleando este peculiar método viene determinada por la siguiente expresión:

$$I = (C+A-a) / T$$





Donde **C** es el número de vehículos con los que se cruza el aforador
A es el número de vehículos que nos adelantan
a es el número de vehículos adelantados
T es el tiempo de control

Para no desvirtuar la medición efectuada, interesa que el valor de T no sea excesivamente alto, ya que significaría que la intensidad obtenida no corresponde a una sección determinada, sino más bien a un tramo de carretera.

(d) **Aforos fotográficos:** Se basan en el control aéreo de la circulación, aprovechando los medios de los que se dispone para la vigilancia del tráfico, los populares helicópteros y las camaras de video. Aun así, este método es caro y poco usual, aunque puede ofrecer información interesante acerca de las densidades, velocidades e incluso intensidades de tráfico.

Estaciones de aforo

Para realizar una correcta y completa medida de las constantes vitales del tráfico a lo largo y ancho de la red viaria, se recurre al establecimiento de una serie de estaciones dedicadas al aforo de vehículos y situadas en puntos estratégicos previamente escogidos. Evidentemente, no todas las estaciones realizarán medidas de la misma calidad; algunas, las situadas en zonas de gran tráfico, realizarán un conteo más exhaustivo y de mayor duración; otras, se limitarán al aforo en periodos restringidos de tiempo. Se tienen tres tipos de estaciones de aforo:

(a) **Estaciones permanentes:** Este tipo de estaciones realiza un aforo continuo por medio de un contador automático, conociéndose de esta forma la intensidad de cada una de las horas durante todo un año. Gracias a las medidas proporcionadas por las estaciones permanentes pueden estimarse los ciclos y fluctuaciones del tráfico –diario, semanal y anual- así como obtener tendencias de evolución a largo plazo. Este tipo de estaciones, cuyo número es de 200 en nuestro país, deben situarse en todo los tipos de carreteras representativos de la red.





(b) **Estaciones de control:** Tienen por objeto la detección de las variaciones diarias, semanales y anuales que se producen en la intensidad del tráfico. Se subdividen en primarias y secundarias, según sea el periodo de aforo empleado.

Primarias: Aforos durante una semana completa y al menos un periodo de 4 días que incluya dos laborables, un sábado y un domingo, con un intervalo de repetición de uno o dos meses.

Secundarias: Suele aforarse un día laborable completo cada dos meses.

(c) **Estaciones de cobertura:** Su finalidad es la estimación de el TPDA a partir de un único aforo anual como mínimo y de duración no superior a las 24 horas. Es recomendable realizar dos aforos anuales. Debe colocarse al menos una estación de cobertura en cada tramo de carretera en el que se suponga constante la intensidad de tráfico. Para auxiliar en su cometido a estas estaciones, se realizan recuentos manuales para conocer la composición del tráfico en las estaciones permanentes y en algunas estaciones de control seleccionadas, bastando para ello un período de varias horas en un día laborable.

TIPO DE TRÁNSITO.

Las clases de vehículos que transitan ó van a transitar por un camino, varia según el tipo de camino. El tipo de tránsito influye en el proyecto ya que afecta a la geometría del camino como a su estructura. Es necesario que dicho tránsito sea correctamente estimado considerando cualquier aumento posible.

En caso de que el camino este funcionando la obtención del tránsito se reduce a un conteo, no así en el caso que se valla a proyectar el camino, en este caso es necesario llevar a cabo estudios geográficos, físicos, socioeconómicos y políticos para obtener datos y así poder proyectar. Para el conteo de vehículos el mas usado es el “conteo – automático “aunque este





no proporciona el tipo de tránsito, esto solo se logra con el “conteo manual “aunque tiene un costo mayor, ya que necesita una persona por cada 1000 vehículos por hora, en la vía.

NIVEL DE SERVICIO

El término de nivel de servicio, introducido por el Manual de Capacidad del Transportation Research Board estadounidense, se define como una medida de la calidad que la vía ofrece al usuario.

Son varios los factores que entran en juego a la hora de definir un concepto tan poco cuantificable como es la calidad de una vía:

- Velocidad a la que se puede circular por ella.
- Tiempo de recorrido, o de otra forma, ausencia de detenciones y esperas.
- Comodidad que experimenta el usuario: ausencia de ruidos, trazados suaves...
- Seguridad que ofrece la vía, tanto activa como pasiva.
- Costes de funcionamiento.

Todos estos factores de difícil evaluación pueden relacionarse con dos variables que sí son cuantificables: la velocidad de servicio y el índice de servicio.

(a) Velocidad de servicio: Se define como la mayor velocidad media de recorrido que puede conseguir un conductor que circule por un tramo de carretera en buenas condiciones meteorológicas y bajo unas determinadas condiciones de tráfico. Estadísticamente, es aquella que sólo supera el 5% de los vehículos.

(b) Índice de servicio: Relación entre la intensidad de tráfico y la capacidad de la vía.

Dado un determinado nivel de servicio, se define intensidad de servicio como la máxima posible para que se mantenga un determinado nivel de servicio. Caso de superarse, se entraría en un nivel de servicio más bajo.





CAPACIDAD DE UN CAMINO.

Se define **capacidad** de una sección de carretera como el máximo número de vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar dicha sección durante un determinado período de tiempo –normalmente una hora- para unas condiciones particulares de la vía y del tráfico. Dicho de otra forma, es la máxima intensidad capaz de albergar una vía sin colapsarse.

La capacidad depende de las propias características de la vía –geometría y estado del pavimento- y del tráfico, especialmente su composición. Además, se deben tener en cuenta las regulaciones de circulación existentes, como limitaciones de velocidad o prohibiciones de rebase, así como las condiciones ambientales y meteorológicas. Estos dos últimos factores no se hallan lo suficientemente estudiados al no influir decisivamente, salvo en casos aislados.

El ingeniero necesita saber cual es la capacidad practica de trabajo de un camino, tanto para nuevos que va a construir y en los cuales pueda prever los volúmenes de tránsito que va a alojar, como para los caminos viejos los cuales pueden llegar a la saturación y entonces requieren de la construcción de otro camino paralelo ó el mejoramiento del anterior.

1.2.4 FACTORES QUE REDUCEN LA CAPACIDAD DE LAS CARRETERAS.

Las capacidades prácticas indicadas anteriormente, corresponden como ya se ha visto, a condiciones en cuanto a:

- a) sección.
- b) alineamiento.
- c) visibilidad.

Pero, en realidad es muy fácil que estas condiciones prevalezcan en un camino y por lo tanto, es que las capacidades sean menores a las mencionadas. Las más importantes condiciones que afectan la capacidad de las carreteras son:





- a) ancho de la sección.
- b) visibilidad.
- c) pendiente.
- d) ancho de los acotamientos.
- e) % de vehículos pesados.
- f) obstrucción lateral.

Las obstrucciones laterales son:

- 1) muros de detención de tierra.
- 2) postes de señalamientos.
- 3) vehículos estacionados.

El diseño de la sección transversal de un camino es un problema al cual hay que presentarle mucha atención, ya que ello influye de manera considerable en el costo de la obra como, en su capacidad de tránsito.

Una sección medida pero económica, por su capacidad de tránsito será también reducida, por otro lado una amplia sección tendrá magnífica capacidad de tránsito pero será costosa.

De aquí que el proyecto deba coordinar, ambas necesidades para encontrar la solución más conveniente, posiblemente proyectando con visión del futuro y con miras a construir lo que sea estrictamente necesario en el presente, pero dejando una manera fácil y económica para la ampliación futura.

El ancho de cada uno de circulación pavimentada en un camino depende de:

- 1. Las dimensiones máximas de los vehículos que harán uso.
- 2. Velocidad de los vehículos que harán uso.

A mayor velocidad mayor ancho de la vía, ya que los vehículos trataran de separarse mas del bordo de la carpeta asfáltica.





1.3. PLANIFICACIÓN VIAL

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

El sistema de carreteras que conforma un determinado territorio permanece en constante evolución, por lo que se hace imprescindible introducir un elemento regulador que se encargue de que ésta se produzca adecuada y ordenadamente.

Surge así en concepto de planificación vial, que puede definirse como el conjunto de estudios necesarios para definir la función que debe cumplir una red viaria determinada, ordenando el conjunto de actuaciones a lo largo de un tiempo fijado, determinando las características de las vías que la componen, estableciendo la oportuna jerarquía y determinando los medios que deben dedicarse a cada una de las fases para su correcta realización, fijando asimismo las prioridades convenientes.

Una adecuada planificación vial se limitará a facilitar y dosificar los medios para satisfacer la demanda existente y produciendo un mínimo impacto, tanto económico como social, territorial o medioambiental. Aparte de este objetivo primordial, existen otras metas de carácter secundario que puede cumplir, tales como:

- Promover el desarrollo de determinados sectores, como turismo o industria.
- Contribuir al equilibrio regional y social en determinadas zonas marginales o deprimidas.
- Servir a fines de defensa nacional.
- Constituir itinerarios especiales.

La proyección materializa las directrices adoptadas en la etapa de planificación, definiendo la estructura que adoptará físicamente la red. Las diferentes fases del planeamiento vial son las que a continuación se detallan:





- a) Análisis de la situación actual, realizando un inventario de los medios disponibles – infraestructuras y vehículos- y determinando el uso que se hace de los mismos y el rendimiento obtenido, en calidad del servicio o costes.
- b) Análisis de la situación futura, desarrollando métodos, técnicas y modelos que permitan estudiar el comportamiento futuro del sistema de carreteras y prever su respuesta a posibles actuaciones sobre éste para alcanzar el objetivo propuesto.
- c) Posibles opciones para alcanzar el objetivo establecido, analizando los resultados obtenidos al aplicar los modelos y métodos desarrollados en la etapa anterior, así como la evaluación de cada una de ellas.
- d) Selección de la opción más conveniente, exponiendo los recursos que precisa su aplicación y las etapas de la misma.
- e) Una vez finalizado el proceso de planeamiento de las actividades necesarias para conseguir el objetivo marcado, será preciso acometer la puesta en práctica de la opción seleccionada, efectuando un control y seguimiento de su evolución y de los resultados conseguidos con las acciones emprendidas, introduciendo las modificaciones que se consideren oportunas.

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

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





CONSIDERACIONES GEOGRÁFICAS – FÍSICAS

Las consideraciones geográficas – físicas, así como los aspectos económicos – sociales vistos mas adelante, son de gran relevancia ya ellos nos proporcionaran las bases para poder definir el tipo de camino necesario para alguna zona en particular.

Para la realización de las consideraciones geográficas – físicas, se deberán de tomar en cuenta todas y cada una de las características geográficas y físicas de la región donde se vaya a hacer un proyecto carretero. A continuación se tratara de mencionar las características primordiales a tomar en cuenta.

Una vez ubicada el área total de la región que se destinara a nuestra futura carretera, se procederá a ubicar los limites naturales, como los son: sierras, golfos, mares, etc. a continuación se procede a delimitar con los limites políticos de los estados, es decir, cuales y cuantos son los estados por donde se trazara el camino. Se mencionara también todos los tipos de topografía del terreno por donde se considero el trazo, así también los rumbos, latitudes, longitudes y las superficies que ocupan cada uno de los diferentes tipos de terreno.

Se consideraran las condiciones climatológicas, meteorológicas, edafológicas, hidrológicas y de vegetación natural.

Una vez recopilada y organizada toda esta información, se procederá a establecer diferentes zonas de terreno de acuerdo con la similitud de sus características naturales como lo son: tipo de terreno, las condiciones climáticas, etc. esto para poder tener el conocimiento real de que actividades realizaremos dentro de nuestras diferentes zona, así también poder utilizar los recursos con mayor ahorro y eficiencia.

ASPECTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES.

Desde el punto de vista de la evaluación económica – social de los proyectos carreteros y atendiendo a sus características físicas, financiamiento y nivel de participación en los objetivos de desarrollo, los proyectos carreteros se clasifican de la siguiente manera.





CARRETERAS DE FUNCIÓN SOCIAL.-

En este tipo de proyectos se utiliza, para su evaluación el criterio del beneficio para la colectividad. Deben considerarse los costos por habitante servido, así como los elementos de carácter social que se logra, como, asistencia médica, educación, cultura, etc.

La información que se requiere para evaluar las carreteras en función social consiste en el número de habitantes potencialmente beneficiados, localizados en la zona de influencia del proyecto. Entendamos como zona de influencia aquella área geográfica, económica y social afectada y beneficiada directa o indirectamente por la construcción del camino.

CARRETERAS DE PENETRACIÓN ECONOMICA.-

El criterio a utilizar en la evaluación de los proyectos de carreteras de penetración económica puede evaluarse bajo la perspectiva de desarrollo económico. Tomando en cuenta los efectos del aprovechamiento actual y potencial para la zona de influencia.

El beneficio para el proyecto se obtiene de la cuantificación de la producción obtenida y su incremento debido a la carretera que se registra en la zona de estudio; pueden también incorporarse en cierta medida el beneficio obtenido para la sociedad local en términos de aumento de ingresos por habitante.

Es recomendable que para recabar la información necesaria, que el encargado del estudio reciba la colaboración de un experto en el rubro agrícola, que conozca los recursos que se van a obtener, para esto debe limitarse la zona de influencia, clasificar el suelo según su uso y aprovechamiento, conocer la producción agrícola y ganadera actual, superficie agrícola aprovechable, costos de transporte, ingresos por habitante, salario mínimo y longitud y costo del proyecto.

CARRETERAS NUEVAS O MEJORADAS.-

Se evalúan mediante el criterio de rentabilidad económica. Se tienen como principales efectos los ahorros en costos de operación, disminución del tiempo de recorrido, aumento de la velocidad de operación. De la misma manera, una ruta alterna más corta o el mejoramiento en las especificaciones hacen abatir el tiempo de recorrido.





Los proyectos que mejoran la comunicación se dividen en dos tipos:

El **mejoramiento** de la carretera actual consiste en una ampliación de sus carriles o la rectificación de los alineamientos horizontales y verticales.

EL MEJORAMIENTO MEDIANTE UNA NUEVA RUTA

Consiste en generar una opción que una dos centros de población mejorando las características geométricas que contribuyan a obtener ahorros en el tiempo de recorrido, costos de operación, reducción de accidentes, etc.

La información a recabar comprende el tránsito diario promedio anual, su tasa de crecimiento anual, su composición vehicular, velocidad media de marcha, velocidad media de recorrido con y sin proyecto para determinar el ahorro de tiempo para los usuarios. Los costos de operación se obtienen para cada tipo de vehículo (automóvil, autobús y camión), y para los tipos de terreno y superficie de rodamiento actual y de proyecto y para cada velocidad de marcha. Deben quedar definidos el costo y tiempo de construcción mediante un presupuesto.

Para las rutas alternas se requieren los mismos datos, incluyendo el TDPA para la nueva ruta, su tasa de crecimiento, su composición obtenida mediante estudios de origen y destino, cuantificación de tránsito desviado, etc.

MÉTODO DE ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN DE ZONAS VITALES

El método de planeación adoptado para cada una de las sub-zonas, combina un procedimiento analítico con otro gráfico. El primero, un estudio socioeconómico, tuvo como finalidad descubrir y valorar las características de población, el grado de aprovechamiento de los recursos naturales, el rendimiento obtenido de las diferentes actividades productivas y los niveles de consumo; en resumen, la investigación a tenido por objeto mediante la comparación de ciertos coeficientes, encontrar las categorías de cada zona, según la mayor o menor actividad humana que realicen, para después asignarles prioridades en la construcción de caminos.





En cuanto a población se refiere, fue necesario conocer sus tendencias generales de crecimiento, su distribución en núcleos urbanos, suburbanos o rurales, su estructura ocupacional y su repartición sobre la superficie considerada; el cuadro total así obtenido se completo tratando los aspectos sanitarios – asistenciales, mortalidad por enfermedades endémicas, alfabetización, educación y características habitacionales.

El análisis económico por otra parte, comprendió los factores principales de la producción, la distribución y el consumo, a saber:

AGRICULTURA.- Monto de la producción; rendimiento de cada cultivo por hectárea y por trabajador agrícola; índice de productividad o eficiencia de la tierra; irrigación; problemas edafológicos; superficie cosechada y superficie susceptible de abrirse al cultivo; mercado interno y externo de productos agrícolas; tendencia de la tierra; problemas, deficiencias y posibilidades.

GANADERÍA.- Valor de la producción; tipo de explotación pecuaria, calidad y cantidad de los ganados; abundancia, escasez y clase de pastos; posibilidades para formar una industria ganadera integral; tamaño de la propiedad; el mercado de carne; rendimientos obtenidos y productividad del ganado; problemas y perspectivas.

SILVICULTURA.- Valor de la producción forestal; especies explotadas; aprovechamiento eficiente de los bosques; mercados y medios de transporte; posibilidades de la industria de la transformación; conveniencia y rendimiento de la explotación actual; problemas y perspectivas.

PESCA.- Valor de la producción; calculo de los recursos marinos; rendimientos actuales en función de los procedimientos aplicados; perspectivas para la industrialización de los productos pesqueros; problemas y posibilidades.

MINERÍA.- Valor de la producción; principales minerales objeto de explotación; el problema de sus mercados; yacimientos minerales; transportes, posibilidades de establecer empresas que transformen ciertos minerales en manufacturas metálicas; problemas y perspectivas.





INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACIÓN.- Valor de producción; industrias existentes; facilidades para una conveniente localización; eficiencia y rendimiento de las industrias establecidas; mercado y transportes; problemas y perspectivas.

ACTIVIDADES COMERCIALES.- Estado actual y posibilidades de desenvolvimiento.

CRÉDITO Y HACIENDA.- Difusiones y alcances; crédito de las diversas ramas de la producción, crédito refaccionario agrícola y ganadero; crédito de habilitación y avío; el seguro agrícola; recursos de la hacienda municipal; impuestos; posibilidades y perspectivas.

COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.- Estado actual; numero de vehículos; líneas establecidas; posibilidades y perspectivas. Posible tránsito inducido y generado.

El procedimiento analítico hasta aquí descrito se complementa con el sistema grafico, que se llevo a cabo al mismo tiempo y utilizando los mismos datos estadísticos; este ultimo consiste en plasmar y localizar sobre mapas geograficos regionales, la realidad economica y social.

El tránsito inducido se obtiene del análisis de origen y destino de caminos existentes, y el generado se obtiene del desarrollo probable de la región al hacerse la vía.

ZONAS VITALES.- Considerando en conjunto todos los factores hasta aquí someramente expuestos, que se reducen al análisis de la población, recursos, producción y consumo, se llega al conocimiento de zonas vitales, como aquellas que soportan una gran actividad humana y económica.

ECONOMÍA DE CAMINOS.

Los gobiernos dedican los fondos públicos al mejoramiento de carreteras porque estas benefician a la sociedad, ya sea a toda o bien una parte. Los buenos sistemas de transporte elevan el nivel de toda la economía proporcionando un transporte expedito de las mercancías; ayudan en mucho a los problemas de la defensa nacional, hacen más sencillas la prestación de servicios comunales tales como la policía y la protección contra incendios, las atenciones medicas, los servicios escolares y la entrega de correo; abren mayores oportunidades para la diversión y el recreo.





Las carreteras benefician al terrateniente debido a que un sencillo acceso hace a su propiedad más valiosa. Por otra parte el mejoramiento de las carreteras absorbe dinero que podría ser utilizado para otros propósitos productivos por los individuos o por el gobierno. Pueden ser justificadas solamente si en resumen, las consecuencias son favorables; esto es, si las reducciones de costos a los usuarios de carreteras ya otros beneficiarios del mejoramiento exceden los costos, incluyendo cierto margen para la recuperación del dinero invertido.

La economía de carreteras estuvo bajo discusión hace mas de un siglo. El profesor de ingeniería civil W. M. Gillespie estableció que "Un gasto mínimo es, por supuesto, deseado" pero la carretera que es realmente la más económica, no es la que ha costado menos, sino la que proporciona mayores beneficios en razón del dinero que se invirtió para hacerla".

MARCO PARA LOS ESTUDIOS ECONOMICOS EN CARRETERAS.

Los estudios económicos se relacionan con la predicción de los hechos futuros; esto es, las consecuencias monetarias anticipadas de diferentes cursos de acción. Tratándose de individuos aislados o de negocios, el punto de vista es reducido, el objeto del estudio es determinar únicamente los más ventajosos cursos de acción desde el punto de vista de los individuos o de los negocios. Sin embargo, en el campo de los trabajos públicos, el acceso debe ser amplio e incluir todo; debe valuar las consecuencias para todos los que sean afectados en las mejoras propuestas.

La ley de control de avenidas de 1936, que estipulo que los beneficios, sin importar quien o quienes sean los afectados, deberá exceder los costos, expresa este punto de vista. Los estudios económicos para carreteras deben considerar por igual las consecuencias no solo para las agencias carreteras y usuarios de estas, sino también para todos los ciudadanos.

COSTOS DE CARRETERAS.

ELEMENTOS DE COSTO.

El primer costo total en la mejora de un tramo de carretera incluye los gastos de diseño y de ingeniería, los gastos para adquirir los derechos de vía y los costos de construcción del camino, estructuras y pavimentos. La selección de los tipos de costos que se





incluyen o se excluyen de los estudios económicos requiere un análisis directo y cuidadoso. Un tratado detallado no es posible presentarlo en esta tesis. Sin embargo cuatro de las consideraciones más importantes son las siguientes:

1. En general, los costos fijos, usados para fines de contabilidad, deberían ser omitidos de los estudios de económicos. Para ilustrar, un porcentaje determinado se puede añadir a los costos estimados para administración, planeación y cargos de ingeniería. Probablemente se incurrirá en estos costos dependiendo de que un proyecto específico se emprenda o no; si es así, no son pertinentes en comparación de los posibles cursos de acción. De otro modo, solo los costos añadidos o incrementados son aplicables.
2. Los gastos hechos antes del estudio económico no deben ser considerados. Estos son llamaos costos con perdidas o rebajados, en los cuales no podrá haber recuperación debida a una acción presente o futura. Por ejemplo, la base y pavimento de una carretera puede estar en buena condición y tener un "valor en libros" sustancial en los registros de la agencia carretera. Sin embargo, por alguna alternativa propuesta se abandona el camino, seria un error cargar un valor por esto contra cualquier alternativa en el estudio económico.
3. Todos los costos aplicables deben de ser incluidos y todos los cargos inapropiados excluidos. En este caso, los costos traspasados pueden causar problemas. Por ejemplo, en que uno de los planos propuestos para un arreglo de carretera requiera una compañía particular para hacer sus instalaciones por cuenta propia. Para un presupuesto fijo, este costo no se puede cargar contra el proyecto. Sin embargo, desde un estudio económico de trabajos públicos, si puede ser cargado: los recursos económicos se consumen, aunque sean pagados por fondos privados.
4. Es propio hacer un abono por el valor de rescate de una maquina o estructura al final de su vida útil estimada. El valor de rescate debería ser ignorado por los estudios económicos para carreteras. Una excepción podría ser el asignar valor de rescate al terreno ocupado por el camino. Aun en esa situación, solo el valor bruto del terreno en su futuro uso determinado, después de deducir el costo de convertirlo en dicho uso, se incluirá. Otros costos asociados por la adquisición del





terreno en primer lugar, tales como gastos legales y el costo de limpia de edificios, no podrán ser recuperados y no serán parte del valor de rescate.

VOLUMEN Y TIPO DE TRÁNSITO.

ELEMENTOS DEL TRÁNSITO.

La aparición del tránsito se remonta a los orígenes mismos del hombre, cuando para desplazarse de un lugar a otro formo veredas, al domesticar a las bestias de carga amplio las veredas a brechas, con el paso del tiempo aparece la rueda y con esta las carretas y carruajes, sé amplio la capacidad de transporte y las brechas ceden su lugar a caminos rudimentarios. Desde estas épocas comienzan a manifestarse los efectos del tránsito como producto de la interacción del camino mismo y los usuarios y peatones.

Hacen su aparición los vehículos automotores y las primeras carreteras, los vehículos evolucionan rápidamente, se hacen más potentes, más veloces y aparecen explosivamente en todo el mundo. Como consecuencia de esto ultimo se acentúan los problemas de tránsito y se realizan las primeras investigaciones. En un principio se involucro el elemento humano como principal responsable en los conflictos de tránsito; en la actualidad se han establecido como elementos del tránsito los siguientes.

- 1) Usuarios.
 - a) *El peatón*
 - b) *El pasajero*
 - c) *El conductor*
- 2) El vehículo.
- 3) El camino.

TIPOS DE TRÁNSITO.

Cuando se lleva a cabo la sustitución de una carretera S por otra C en mejor estado, sirviendo ambas a los mismos centros de población, se tiene la existencia de un tránsito de vehículos, previo a la construcción de la nueva carretera o a la modernización de la existente, llamado tránsito normal. Si no se construye la carretera C, el tránsito en la carretera actual





aumentara de acuerdo a una tasa de crecimiento dada, cuyo valor seria completamente distinto si se llevara a cabo el proyecto. De estas observaciones se ha determinado la existencia de tres tipos de tránsito relacionado con cualquier proyecto.

- A. *TRÁNSITO NORMAL*. Es aquel que circula normalmente por la carretera. El crecimiento normal del tránsito es el incremento del volumen debido al aumento en numero y uso de vehículos de motor. El crecimiento del tránsito debido al desarrollo normal del tránsito.

- B. *TRÁNSITO INDUCIDO*. Es aquel tránsito que no se hubiera presentado sin el proyecto; aparecen gracias a la disminución de los costos de operación de los vehículos y debido al mejoramiento en el uso del suelo adyacente al camino.

- C. *TRÁNSITO DESVIADO*. Corresponde a aquel existente en otras vías de transporte como rutas alternas, ríos, ferrocarriles y aviones, que dada la reducción de los costos de operación en la nueva carretera se transfiere a esta.

VARIACIONES DE LOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO.

El tránsito que circula por una infraestructura vial no es uniforme a través del tiempo ni con respecto al espacio, ya que hay variaciones de un mes a otro, variaciones diarias, variaciones horarias, variaciones en intervalos de tiempo menor a la hora y variaciones en la distribución del tránsito en los carriles. Estas variaciones son el reflejo de las actividades sociales y económicas de la zona en estudio.

Es de suma importancia considerar estas fluctuaciones en la demanda del tránsito si se desea que las infraestructuras viales sean capaces de dar cabida a las demandas vehiculares máximas.





1) Variaciones en el tiempo

- a) Estacionales y mensuales
- b) Diarias
- c) Horarias
- d) Intervalos menores a la hora

2) Variaciones en el espacio

- a) Distribución por sentidos
- b) Distribución por carriles

3) Variación en composición

- a) Automóviles y pick up
- b) Vehículos recreativos
- c) Camiones
- d) Autobuses

PRONOSTICOS DEL TRÁNSITO.

Uno de los factores más importantes que debe considerarse en el análisis de la sección transversal de un camino y en general en un proyecto de todo tipo de obra vial es estimar el volumen de tránsito que circula y circulara a lo largo de la misma.

La auscultación permanente de las infraestructuras viales proporciona la información básica para la toma de decisiones respecto a su mantenimiento y ampliación.

Existen dos métodos básicos de aforo, el mecánico, que es aquel que realiza los aforos automáticamente y el manual.

Los anteriores métodos permiten conocer el grado de ocupación y las condiciones en que operan las vialidades; así como el análisis de la evolución histórica de la demanda permite definir las tendencias de crecimiento y el momento a partir del cual ciertos segmentos dejaran de prestar un servicio adecuado, convirtiéndose en cuellos de botella que propicien el estancamiento del desarrollo en lugar de propiciarlo.

Con el objeto de actualizar y detallar las características de tránsito, en un tramo de carretera deben realizarse aforos de corta duración bajo la observación de importantes aspectos locales como puede ser el entorno agrícola, en cuyo caso ha de procurarse realizar





aforos en las épocas de siembra y cosecha; o si la zona es de influencia turística, estudiar los periodos normales y los de mayor afluencia del turismo.

No se ha establecido una duración estándar para efectuar un aforo de tránsito, esto supone una cierta libertad para elegirlo. El criterio que debe seguirse en la elección debe considerar el grado de precisión que se desee y la variabilidad de los volúmenes a lo largo de la semana, en general, se recomienda periodos de tres horas y cinco o siete días. Los aforos de tres horas se realizan dentro del periodo de mayor demanda y sirven para determinar el volumen de la hora de máxima demanda, así como para estimar la composición vehicular. Los aforos de 15 horas se realizan de siete de la mañana a diez de la noche en lugares con gran variabilidad en el tránsito durante el transcurso del día. Los aforos de 48 horas se efectúan con medios mecánicos y deben realizarse en días hábiles. Los aforos de cinco o siete días se efectúan también con medios mecánicos y deben abarcar también los días sábado y domingo.

Los puntos de medición o estaciones de aforo han de corresponder a puntos importantes y representativos del tramo. Una carretera entre dos centros de población puede tener dos caminos alimentadores, en este caso se recomienda contar con tres puntos de medición, con este sistema se puede determinar de manera confiable los niveles promedio de tránsito en ambas direcciones. La demanda de transporte es producto de la interacción en el espacio de las actividades socioeconómicas y el pronostico de su magnitud es decisivo para predecir los volúmenes de trafico que se manifestaran en una instalación de transporte cualquiera.

El estudio de la evolución de la demanda de transporte puede efectuarse a partir de dos perspectivas: desagregada y agregada. La primera, que se basa en el análisis del comportamiento individual para estimar la magnitud de la demanda total de un sistema, constituye un enfoque de reciente aparición que aun no se aplica en forma generalizada en países en vías de desarrollo. Por sus menores requerimientos en materia de información, en estos países se usa el enfoque desagregado que pronostica directamente la demanda futura a partir de los valores conocidos de variables de interés.

En el campo de las carreteras, algunos modelos de frecuente utilización son los siguientes:





A. Modelos de crecimiento lineal

Es un método que supone en la demanda en base a una tasa de interés simple. Es el método que actualmente emplea la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, su expresión matemática es:

$$T_n = T_o (1 + r / 100 * n)$$

Donde:

T_n: tránsito en el año

T_o: tránsito en el año o

r: tasa de crecimiento anual del tránsito en porcentaje

B. Modelos de crecimiento exponencial

Son los modelos que anteriormente se usaban, y son de la forma:

$$T_n = T_o (1 + r / 100)^n$$

Donde:

T_n: tránsito en el año n

T_o: tránsito en el año o

r: tasa de crecimiento anual del tránsito en porcentaje

C. Modelos logísticos

Su expresión analítica es la siguiente:

$$T_n = T_{max} / (1 + e + Bn)$$

Donde:

T_n: tránsito en el año n

T_{max}: tránsito máximo que puede atender la instalación analizada

B: parámetros estadísticos

e: 2.71828

Según este modelo, independientemente del valor de n, T_n nunca podrá exceder el valor de T_{max}.

D. Modelos de crecimiento por analogía

La evolución de la demanda en una instalación dada se aplica en función del crecimiento ya registrado en alguna otra instalación o país determinado, con condiciones análogas a las de la instalación en estudio pero en un estado mas avanzado de desarrollo.





E. Modelos de crecimiento con base en variables.

VARIABLES de mayor jerarquía, tales como producto interno bruto (PIB), población (P), empleo, etc. en estos casos, el crecimiento del tránsito se escribe como:

$$T_n = f(\text{PIB}, P, \text{etc})$$

Y el problema consiste, por una parte, en predecir la evolución de las variables agregadas, y por otra parte determinar la expresión matemática que sirva para predecir tránsitos de manera confiable, lo que generalmente se lleva a cabo con ayuda de técnicas estadísticas.





2. PROYECTO DEL TRAMO EN RECONSTRUCCION

Muchos son los factores que entran en juego a la hora de diseñar una vía y el proyectista de carreteras debe considerarlos ponderadamente, ajustando la solución final de forma que cumpla con las máximas exigencias a un mínimo coste. De la anterior frase puede inferirse que el factor económico adquiere preponderancia sobre el resto; generalmente es así, aunque hay casos en los que necesariamente debe sacrificarse este aspecto en favor de otros, generalmente de índole geográfico, político o estratégico.

Estos factores, los cuales son sopesados utilizando criterios eminentemente técnicos y prácticos, van introduciéndose a lo largo de las distintas etapas que se van ejecutando durante el largo proceso de proyecto de una carretera. Cada una de ellas se apoya en las anteriores para seguir avanzando y concretando más cada uno de los aspectos, bien descartando posibles soluciones o bien matizando las existentes para finalmente cristalizarse en un documento: *EL PROYECTO*.

El proyecto es el pilar fundamental sobre el que se asienta la realización de cualquier tipo de obra; es un compendio de toda la información necesaria para llevarla a buen término, donde se reflejan y establecen justificadamente todas sus características y dimensiones, se dan las precisas instrucciones para su construcción, indicándose además los materiales apropiados y valorándose todas y cada una de las unidades que la componen.

La calidad de una vía está seriamente condicionada por su trazado. Un trazado deficiente o poco estudiado puede acarrear pésimas consecuencias, que van desde la disminución del nivel de servicio de la carretera hasta el aumento del número de accidentes en determinadas zonas de la misma. El trazado también influye en aspectos externos a la propia vía, como son factores de tipo ambiental, socioeconómico e incluso político.





2.1 ESTUDIOS PRELIMINARES

INTRODUCCION DEL TRAMO EN RECONSTRUCCION

El objetivo del proyecto es modernizar la carretera del camino para que cumpla con las características dadas por la secretaria de obras públicas y así aumentar los beneficios que los usuarios recibirán al término de dicho proyecto.

ANTECEDENTES DEL TRAMO EN RECONSTRUCCION

La vía es un camino rural relativamente nuevo que conectará el poblado de San Miguel del Monte y pueblos circunvecinos con Jesús del Monte donde ya se cuentan con las vías necesarias para llegar sin problemas a la capital del estado Morelia. ya que años atrás el camino para llegar al pueblo era a través de una brecha en muy malas condiciones que se localizaba junto a un arroyo de cause natural.

Al proponerse este nuevo camino se procedió a la ejecución de la obra en años anteriores llegando únicamente hasta el impregnado del camino. Con el paso de los años y a consecuencia de la falta de mantenimiento del camino; el desprendimiento de la capa de impregnación dio origen a que la capa de base se deteriorara a través del tiempo y originando baches que incluso llegaron al nivel de la tercería en varias partes del camino.

RECONOCIMIENTO TOPOGRÁFICO.

Antes de iniciar propiamente los estudios topográficos se requiere de un reconocimiento preliminar en el cual, primero se hará una entrevista o reunión con los beneficiarios para recoger datos de gran utilidad en el proyecto como lo relativo a afectaciones, características de ríos, nombre de lugares intermedios, localización de zonas bajas o de inundación, niveles de agua en crecientes y si es posible alguna de esas personas auxiliara como guía en el reconocimiento técnico del camino.

Una vez hecho esto se procederá a hacer un reconocimiento directo del camino para determinar en general las siguientes características:

- Geológicas
- Hidrológicas
- Topográficas y complementarias





Así sé vera el tipo de suelo en el que se construirá el camino, su composición y características generales, ubicación de bancos para revestimientos y agregados para las obras de drenaje, cruces apropiados para el camino sobre ríos o arroyos, existencia de escurrimientos superficiales o subterráneos que afloren a la superficie y que afecten el camino, tipo de vegetación y densidad, así como pendientes aproximadas y ruta a seguir en el terreno.

Este reconocimiento requiere del tiempo que sea necesario para conocer las características del terreno donde se construirá el camino, y para llevarlo a cabo se utilizan instrumentos sencillos de medición como brújulas para determinar rumbos, clisimetro para determinar pendientes, odómetro de vehículos y otros instrumentos sencillos. A través del reconocimiento se determinan puertos topográficos que son puntos obligados de acuerdo a la topografía y puertos determinados por lugares obligados de paso, ya sea por beneficio social, político o de producción de bienes y servicios.

Con todos los datos recabados, resaltando los más importantes, se establecerá una ruta tentativa para el proyecto.

Existen procedimientos modernos para el reconocimiento como el de fotogrametría electrónica, pero resulta demasiado costoso, muchas veces para el presupuesto que puede tener un camino, también es importante decir que el tipo de vegetación y clima de algunas regiones no permite usar este procedimiento por lo que se tiene que recurrir al reconocimiento directo que se puede auxiliar por cartas topográficas.

DESCRIPCION DEL LUGAR

Este camino se ubica al sur de Morelia en lo que es adentrándose en la Sierra Madre del Sur por lo que esta en un región extremadamente montañosa por lo que las pendientes serán muy fuertes. Se presentan problemas hidrológicos ya que el tramo se localiza en la falda de una montaña y por lo tanto se genera bastante captación de agua pluvial, el tramo cuenta con tres obras de drenaje que serán reconstruidas para su mejor funcionamiento.





En la carta del INEGI correspondiente a Morelia (e14 a23) se puede observar que el camino se encuentra en las condiciones topográficas antes mencionadas.

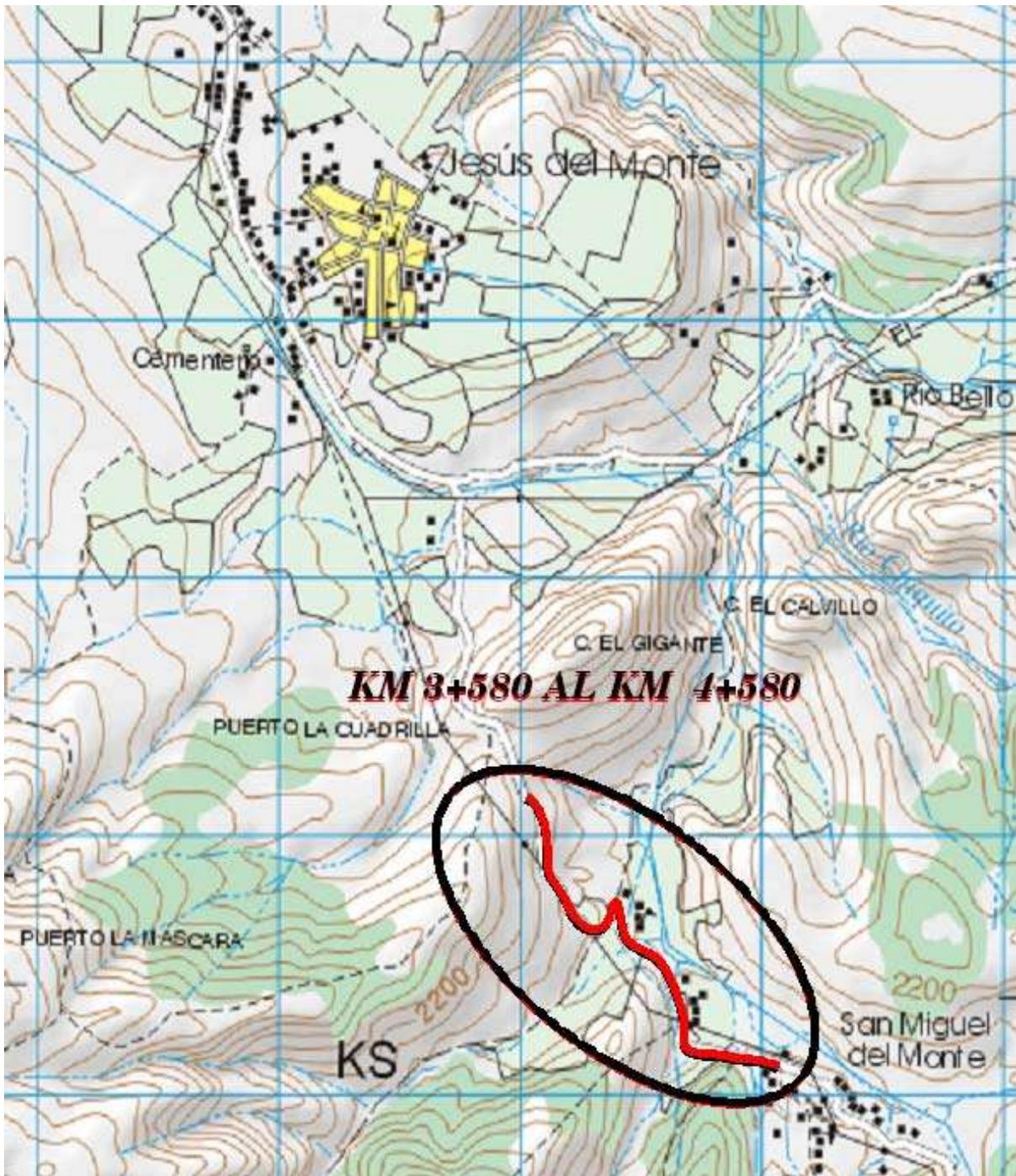


Figura 2.1 Tramo carretero KM 4+580 al KM 5+580 localizado en la carta topográfica.





EL PRESENTE TRABAJO TIENE LOS SIGUIENTES OBJETIVOS:

- Comunicar las comunidades que se encuentran por la zona con la cabecera municipal Morelia.
- Mejorar el nivel de vida de los pobladores al proporcionar una vía de comunicación para la introducción de servicios varios como son: agua potable, alcantarillado, escuelas, sector salud, etc.
- Reactivar las actividades económicas de cada comunidad, como puede ser la industria de la madera, acopio de resina, centros turísticos y recorridos ambientales.
- Reducir el tiempo de traslado y aumentar la comodidad así como la seguridad en el recorrido del tramo carretero.

JUSTIFICACION

Debe reconstruirse este tramo carretero por que al ser este un camino que una las comunidades en desarrollo con la ciudad de Morelia, estas sustentarán su propia economía al permitir el transporte de productos y de personas; esperando así una mejora en el nivel de vida para las comunidades como también para la ciudad de Morelia.

Se podrán introducir los servicios básicos en las comunidades y las que ya cuenten con estos los pueden reconstruir o incrementar la instalación para mejorar el servicio ya que con el paso del tiempo llegaran a ser comunidades tan grandes y con necesidades mayores que se necesita la actualización inmediata en todos los ámbitos ya sea educación, obras hidráulicas y drenaje, electricidad y telefonía entre otros.

Así como el aumento en el ecoturismo en la zona ya que esta cuenta con centros turísticos ambientales de gran renombre nacional donde se tienen mas de once atractivos turísticos, entre estos esta el MotoCross, ciclismo, caminatas, cabalgatas, etc. Al mejorar la seguridad y la comodidad en el transporte a los centros turísticos, se incrementará la derrama económica que genere la zona y por consiguiente mayores ganancias para invertirlas en la conservación de la carretera.

Morelia se beneficiará al ser transportados con más seguridad y precaución todos los productos realizados en las comunidades, resultando esto en un producto de mejor calidad gracias a los cuidados en el transporte; los cuales son consumidos o transportados a otras ciudades.





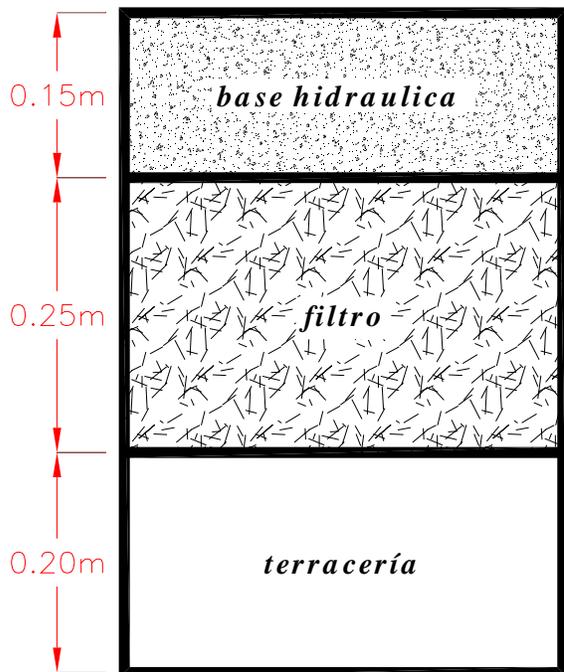
Acerca del tipo de suelo se considera que los conglomerados afloran en los alrededores de San Miguel del Monte por lo que se tiene una uniformidad a lo largo del tramo.

ESTADO FISICO ACTUAL

Se realizaron sondeos en las partes más dañadas del tramo tomando dos sondeos por estación; una en la zona aceptable y otra en la dañada; todo esto bajo criterio visual.

SONDEO No. 1

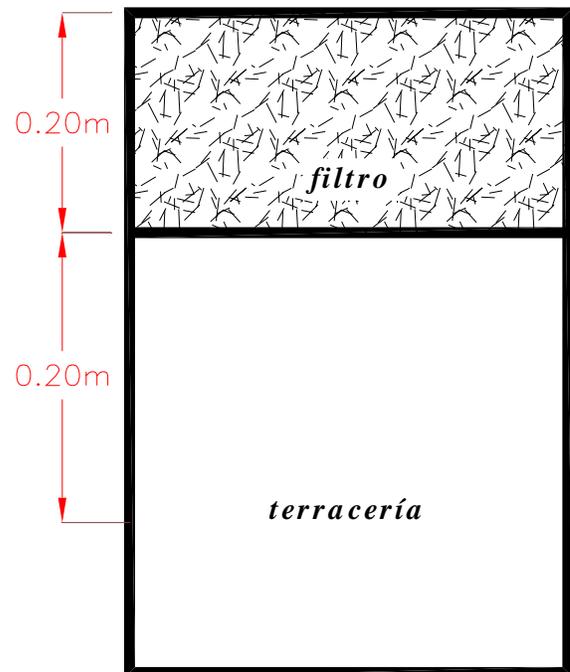
Descripción visual



pozo a cielo abierto
zona aceptable
lado izquierdo
km 3+590

SONDEO No. 2

Descripción visual



pozo a cielo abierto
zona dañada
centro
km 3+590

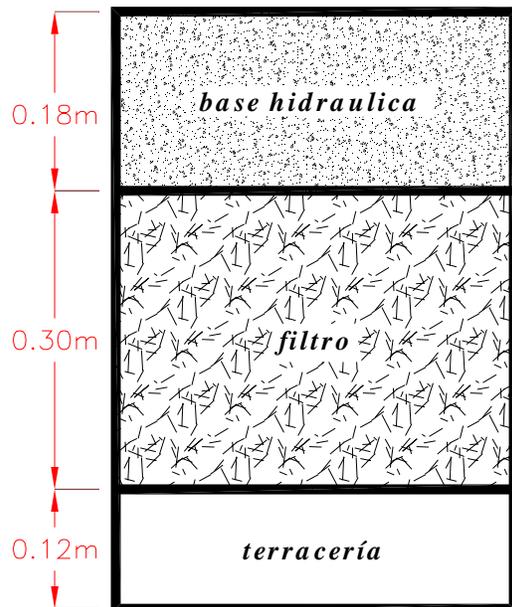
Figura 2.2 Sondeos 1 y 2 en la estación 3+590.





SONDEO No. 7

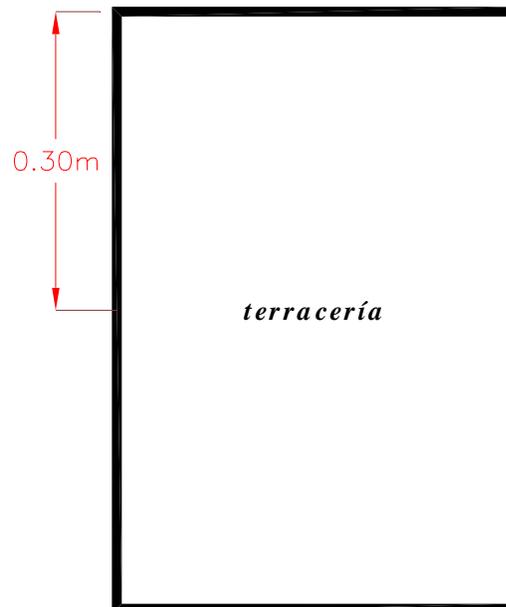
Descripción visual



pozo a cielo abierto
zona aceptable
lado izquierdo
km 3+920

SONDEO No. 8

Descripción visual



pozo a cielo abierto
zona dañada bache
lado derecho
km 3+920

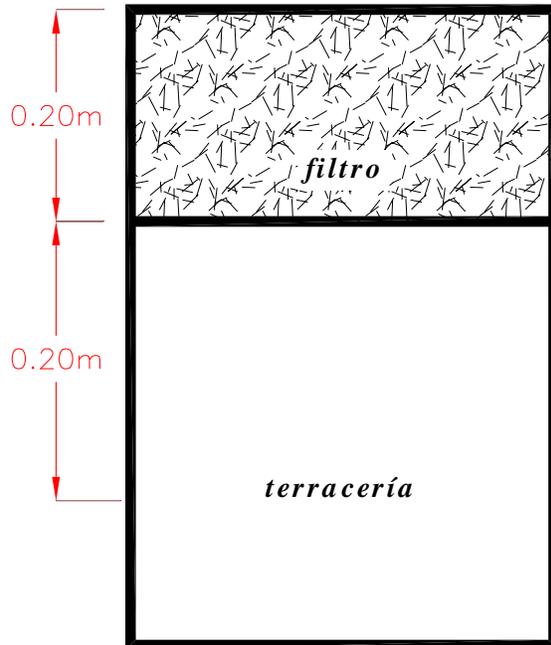
Figura 2.3 Sondeos 7 y 8 en la estación 3+920





SONDEO No. 13

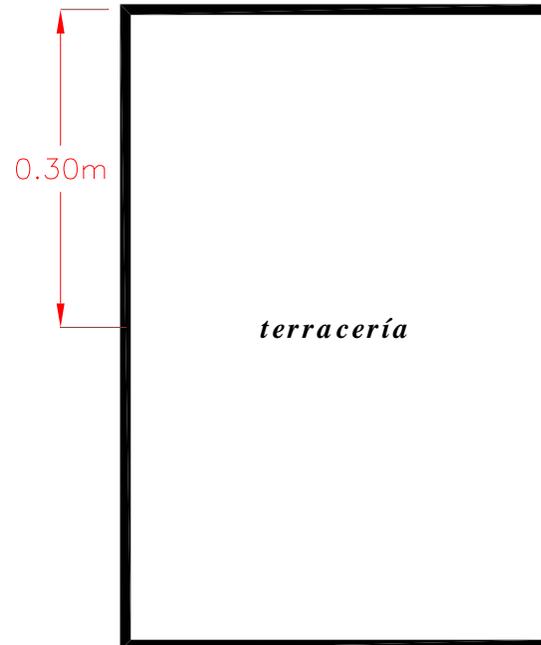
Descripción visual



pozo a cielo abierto
zona dañada
centro
km 4+160

SONDEO No. 14

Descripción visual



pozo a cielo abierto
zona dañada bache
lado derecho
km 4+180

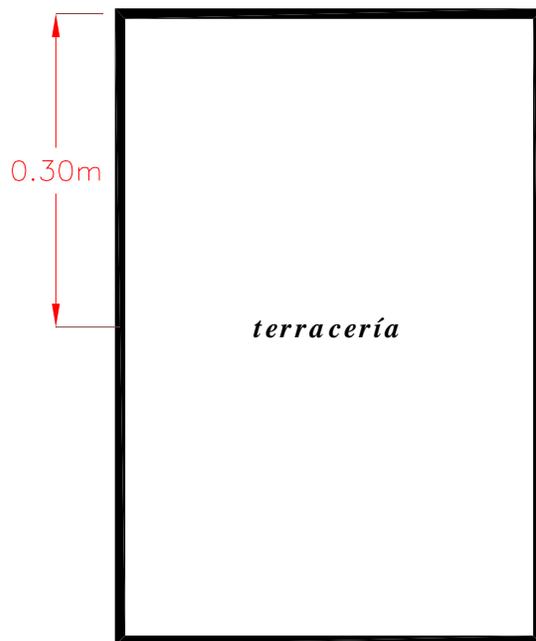
Figura 2.4 Sondeos 13 y 14 en la estación 4+180





SONDEO No. 15

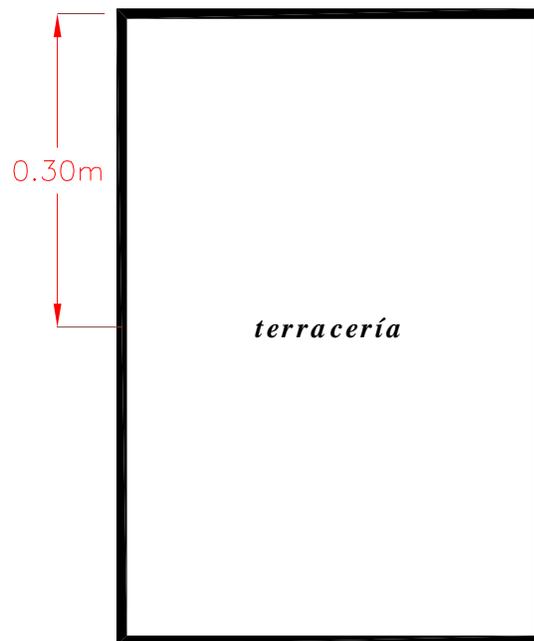
Descripción visual



pozo a cielo abierto
zona sin material
mejorado
centro
km 4+300

SONDEO No. 16

Descripción visual



pozo a cielo abierto
zona sin material
mejorado
centro
km 4+350

Figura 2.5 Sondeos 15 y 16 en la estación 4+300 y 4+350.

Nota: Los sondeos faltantes corresponden a resultados intermedios a los presentados. A lo largo del camino se tiene una capa superficial de 2 cm de material fino arcilloso por lo cual el material de la capa Base se encuentra parcialmente contaminada; también el material filtro se encuentra contaminado en su mayoría con parte de la terracería por lo que se recomienda eliminar las partes dañadas.





Debido a los resultados anteriores se tiene que dicho camino presenta fallas de la estructura de pavimento, por lo que para su reconstrucción se recomienda apegarse a lo siguiente:

2.2 ANTEPROYECTO

El anteproyecto se plantea como una fase más elaborada aunque no definitiva del proyecto de carreteras. Su objetivo básico es el análisis detallado de las posibles variantes o trazados alternativos de la vía. Dichas variantes obedecen fundamentalmente a criterios de encaje en la topografía de la zona; los datos topográficos han sido obtenidos previamente mediante vuelos fotogramétricos, tecnología que como ya se ha comentado acelera en gran medida el proceso de proyecto por motivos obvios. Otros factores preponderantes son la disponibilidad de los terrenos, la aptitud geotécnica de los mismos y el posible impacto ambiental generado tanto en la fase de construcción como en la de explotación de la obra, aunque por encima de todos estos factores, el criterio económico –salvo en contadas ocasiones- siempre prevalece.

TRAZO PRELIMINAR.

Gracias a la tecnología ahora contamos con la estación total con la cual podemos hacer levantamientos topográficos muy completos; al obtener puntos geoméricamente definidos se puede conocer la topografía exacta del terreno. Cuando se tienen localizados los puntos obligados se procede a ligar estos mediante un procedimiento que requiere trazar varios ejes de proyecto tentativos hasta estar seguros de seleccionar la mejor opción.

Para el caso del camino en estudio, como el proyecto es una reconstrucción de un tramo ya existente, solo se tendrá un margen muy pequeño de diseño ya que solo se cuenta con el ancho existente en la zona del balcón.





3. ALINEAMIENTO

HORIZONTAL

3.1. LINEA DEFINITIVA.

El proyecto definitivo del trazo se establecerá sobre el dibujo del trazo preliminar, por medio de tangentes unidas entre sí, a través de sus PI'S o puntos de inflexión que se utilizaran para ligar las tangentes a través de curvas horizontales.



Figura 2.6 Ancho máximo en sección de balcón existente.

Cuanto más prolongadas se tracen las tangentes se obtendrá mejor alineamiento horizontal con la consecuencia que marcarlas prolongadas implica un mayor movimiento de volúmenes de material, dadas las condiciones del tramo solo tenemos que ubicarla dentro de





la franja hecha anteriormente para así evitar en la medida de lo posible cortes y terraplenes muy grandes.



Figura 2.7 trazo definitivo de tangentes.

Nota: Cuando se encuentra dibujado en planta el trazo definitivo, podemos antes de trazarlo en el campo dibujar un perfil deducido, de acuerdo con los datos que tenemos de la poligonal de apoyo y las curvas de nivel.

El procedimiento para dibujarlo es diferente al que se utiliza con un perfil normal ya que a cada estación ubicada en la línea teórica del camino se le asigna la elevación de la curva de nivel en este punto. Con este perfil tenemos una idea más clara de cómo se compensaran los volúmenes según el trazo propuesto e inclusive tener unas secciones deducidas para suponer un volumen.





Una vez que sé ubicado el trazo preliminar en los planos topográficos, y también así decidido el tipo de camino que será necesario construir, es necesario definir algunas de las características importantes de la carretera como lo son, Velocidad de proyecto, Grado máximo de curvatura, Longitudes, Sobreelevacion, y muchas otras de gran importancia.

Es necesario revisar que en todo momento la pendiente de nuestro trazo definitivo nunca sea mayor que la pendiente máxima permitida.

Con la siguiente tabla de clasificación y características realizada por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, es fácil ubicar todas y cada una de estas características.

Para poder explicar con más facilidad algunos de los puntos mencionados en esta tesis, se ejemplificara durante las siguientes páginas algunos de las soluciones posibles.

Se ha elegido un camino tipo "D" para la realización de algunos ejemplos, con las siguientes características de carretera.

- TDPA de 100 A 500 unidades.
- Tipo de terreno: Montañoso.
- Velocidad de proyecto de 30km/h.
- Distancia de visibilidad de parada de 30m.
- Distancia de visibilidad de rebase de 135m
- Grado máximo de curvatura de 60°
- Porcentaje de pendiente en curvas verticales en cresta de 3
- Porcentaje de pendiente en curvas verticales en columpio de 4
- Longitud mínima en curvas verticales de 20m
- Pendiente gobernadora de 8%
- Pendiente máxima de 12%
- El bombeo será de 2% por órdenes del supervisor.





3.2. CURVAS HORIZONTALES.

Como la liga entre una y otra tangente requiere el empleo de curvas horizontales, es necesario estudiar el procedimiento para su realización, estas se calculan y se proyectan según las especificaciones del camino y requerimientos de la topografía.

A CONTINUACION SE MUESTRAN LOS DIFERENTES ELEMENTOS DE UNA CURVA CIRCULAR

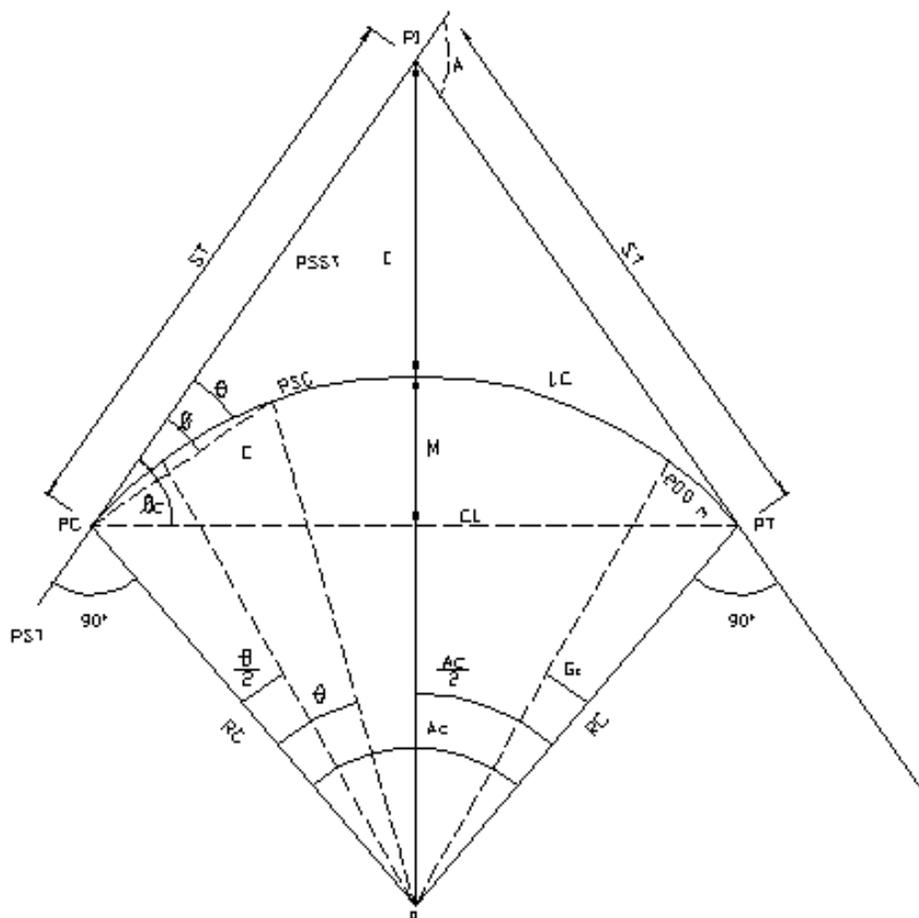


Figura 2.8 Elementos de una curva horizontal.





PI	Punto de intersección de la prolongación de las tangentes	\emptyset	Angulo a una cuerda cualquiera
PC	Punto donde comienza la curva circular simple	\emptyset_c	Angulo de la cuerda larga
PT	Punto en donde termina la curva circular simple	Gc	Grado de curvatura de la curva circular
PST	Punto sobra tangente	Rc	Radio de la curva circular
PSST	Punto sobra subtangente	ST	Subtangente
PSC	Punto sobra la curva circular	E	Externa
O	Centro de la curva circular	M	Ordenada media
A	Angulo de deflexión de la tangente	C	Cuerda
Ac	Angulo central de la curva circular	CL	Cuerda larga
θ	Angulo de deflexión a un PSC	t	Longitud de un arco
		Lc	Longitud de la curva circular

$$Rc = \frac{114592}{Gc}$$

$$C = \frac{2 Rc \text{ Sen } \theta}{2}$$

$$ST = Rc \text{ tang. } \frac{Ac}{2}$$

$$CL = 2 Rc \text{ Sen. } \frac{Ac}{2}$$

$$E = \frac{Rc (\text{secante} \frac{Ac}{2} - 1)}{2}$$

$$t = \frac{200}{Gc}$$

Las normas de servicios técnicos de la SCT (Secretaria de Comunicaciones y Transportes, México), en sección de *manual de proyecto geométrico de carreteras*, indica las siguientes normas de cálculo para las curvas horizontales:

Tangentes.- las tangentes horizontales estarán definidas por su longitud y su azimut

a.- Longitud mínima

1. Entre dos curvas circulares inversas con transición mixta deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de dichas transiciones
2. Entre dos curvas circulares inversas con espirales de transición, podrá ser igual a cero
3. Entre dos curvas circulares inversas cuando una de ellas tiene espiral de transición y la otra tiene transición mixta, deberá ser igual a la mitad de la longitud de la transición mixta.





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

b.- Longitud máxima.- la longitud máxima de tangentes no tiene limite especificado.

c.- Azimut.- el azimut definirá la dirección de las tangentes.

Curvas circulares.- las curvas circulares del alineamiento horizontal estarán definidas por su grado de curvatura y por su longitud, los elementos que la caracterizan están definidos en la figura anterior.

a.- Grado máximo de curvatura.- el valor máximo del grado de curvatura correspondiente a cada velocidad de proyecto, estará dado por la expresión:

$$G_{MAX} = 146000 \frac{\mu + S_{MAX}}{V^2}$$

En donde:

G_{MAX} = Grado máximo de curvatura

μ = Coeficiente de fricción lateral

S_{MAX} = Sobre elevación máxima de la curva en m/m

V = Velocidad de proyecto en Km/h

En la siguiente tabla se indican los valores máximos de curvatura para cada velocidad de proyecto.





GRADO MAXIMO DE CURVATURA				
VELOCIDAD DE PROYECTO Km/h.	COEFICIENTE DE FRICCIÓN LATERAL	SOBREELEVACION MAXIMA m/m	GRADO MAXIMO DE CURVATURA CALCULADO grados	GRADO MAXIMO DE CURVATURA PARA PROYECTO grados
30	0.280	0.10	61.6444	60
40	0.230	0.10	30.1125	30
50	0.190	0.10	16.9360	17
60	0.165	0.10	10.7472	11
70	0.150	0.10	7.4490	7.5
80	0.140	0.10	5.4750	5.5
90	0.135	0.10	4.2358	4.25
100	0.130	0.10	3.3580	3.25
110	0.125	0.10	2.7149	2.75

TABLA 004-1

Tabla 2.2 Valores máximos de grado de curvatura.

b.- Longitud mínima:

La longitud mínima de una curva circular con transiciones mixtas deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de esas transiciones.

La longitud mínima de una curva circular con espirales de transición podrá ser igual a cero.

c.- Longitud máxima.

La longitud máxima de una curva circular no tendrá límite especificado.

Curvas espirales de transición.- Las curvas espirales de transición se utilizan para unir las tangentes con las curvas circulares formando una curva compuesta por una transición de entrada, una curva circular central y una transición de salida de longitud igual a la de entrada





a.- Para efectuar las transiciones se empleara la clotoide o espiral de Euler, cuya expresión es:

$$R_c L_e = K^2$$

En donde:

R_c = Radio de la curva circular en metros

L_e = Longitud de la espiral de transición en metros

K = Parámetros de la espiral en mts.

b.- La longitud mínima de la espiral para carreteras tipo A de dos carriles y de cuatro carriles en cuerpos separados, B y C, estará dada por la expresión:

$$L_{e \text{ min}} = 8VS$$

En donde:

$L_{e \text{ min}}$ = Longitud mínima de la espiral en metros

V = Velocidad de proyecto en Km/h

S = Sobreelevación de la curva circular en m/m

Para carreteras tipo A de cuatro carriles en un solo cuerpo, la longitud mínima de la espiral calculada con esta formula deberá multiplicarse por uno punto siete (1.7)

c.- Las curvas espirales de transición se utilizaran exclusivamente para carreteras tipo A, B y C, y solo cuando la sobreelevación de las curvas circulares sea de siete por ciento (7%) o mayor.

d.- En la siguiente figura se muestran los elementos que caracterizan a las curvas circulares con espiral de transición.





Visibilidad.- Toda curva horizontal deberá satisfacer la distancia de visibilidad de parada para una velocidad de proyecto y una curvatura dada, para ello cuando exista un obstáculo en el lado interior de la curva, la distancia mínima "m" que debe haber entre el y el eje del carril interior de la curva estarán dadas por la expresión y la grafica que mencionaremos mas adelante.

Distancia de visibilidad de parada.- La distancia de visibilidad de parada se obtiene con la expresión:

$$D_p = \frac{Vt + \frac{V^2}{254f}}$$

Donde:

D_p = Distancia de visibilidad de parada en metros

V = Velocidad de marcha, en Km/h

t = Tiempo de reacción, en segundos

f = Coeficiente de fricción longitudinal

En la siguiente tabla se muestran los valores para proyecto de la distancia de visibilidad de parada que corresponden a velocidades de proyecto de treinta a ciento diez Km/h.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA							
VELOCIDAD DE PROYECTO Km/h	VELOCIDAD DE MARCHA Km/h	REACCION		COEFICIENTE DE FRICCION LONGITUDINAL	DISTANCIA DE FRENADO m.	DISTANCIA DE VISIBILIDAD	
		TIEMPO seg.	DISTANCIA m.			CALCULADA m.	PARA PROYECTO m.
30	28	2.5	19.44	0.40	7.72	27.16	30
40	37	2.5	25.69	0.38	14.18	39.88	40
50	46	2.5	31.94	0.36	23.14	55.09	55
60	55	2.5	38.19	0.34	35.03	73.22	75
70	63	2.5	43.75	0.33	48.08	91.83	95
80	71	2.5	49.30	0.31	64.02	113.33	115
90	79	2.5	54.86	0.31	80.56	135.42	135
100	86	2.5	59.72	0.30	97.06	156.78	155
110	92	2.5	63.89	0.30	112.96	176.85	175

TABLA 003-1

Tabla 2.3 Distancia de visibilidad de parada.





Distancia de visibilidad de rebase.- La distancia de visibilidad de rebase se obtiene con la expresión

$$D_r = 4.5 v$$

Donde:

D_r = distancia de visibilidad de rebase, en metros

V = velocidad de proyecto, en km/h

Los valores para proyecto de la distancia de visibilidad de rebase se indican en la tabla de clasificación y características de las carreteras.

Distancia de visibilidad de encuentro.- La distancia de visibilidad de encuentro se obtiene con la expresión:

$$D_e = 2 D_p$$

En donde:

D_e = Distancia de visibilidad de encuentro, en metros

D_p = Distancia de visibilidad de parada, en metros





3.3. TRAZO DE CURVA HORIZONTAL DE PROYECTO:

Como se ha visto en nuestro trazo definitivo, tenemos que calcular varias curvas circulares simples, con los datos obtenidos de la tabla de clasificación y tipos de carretera, procederemos al cálculo de la primera curva.

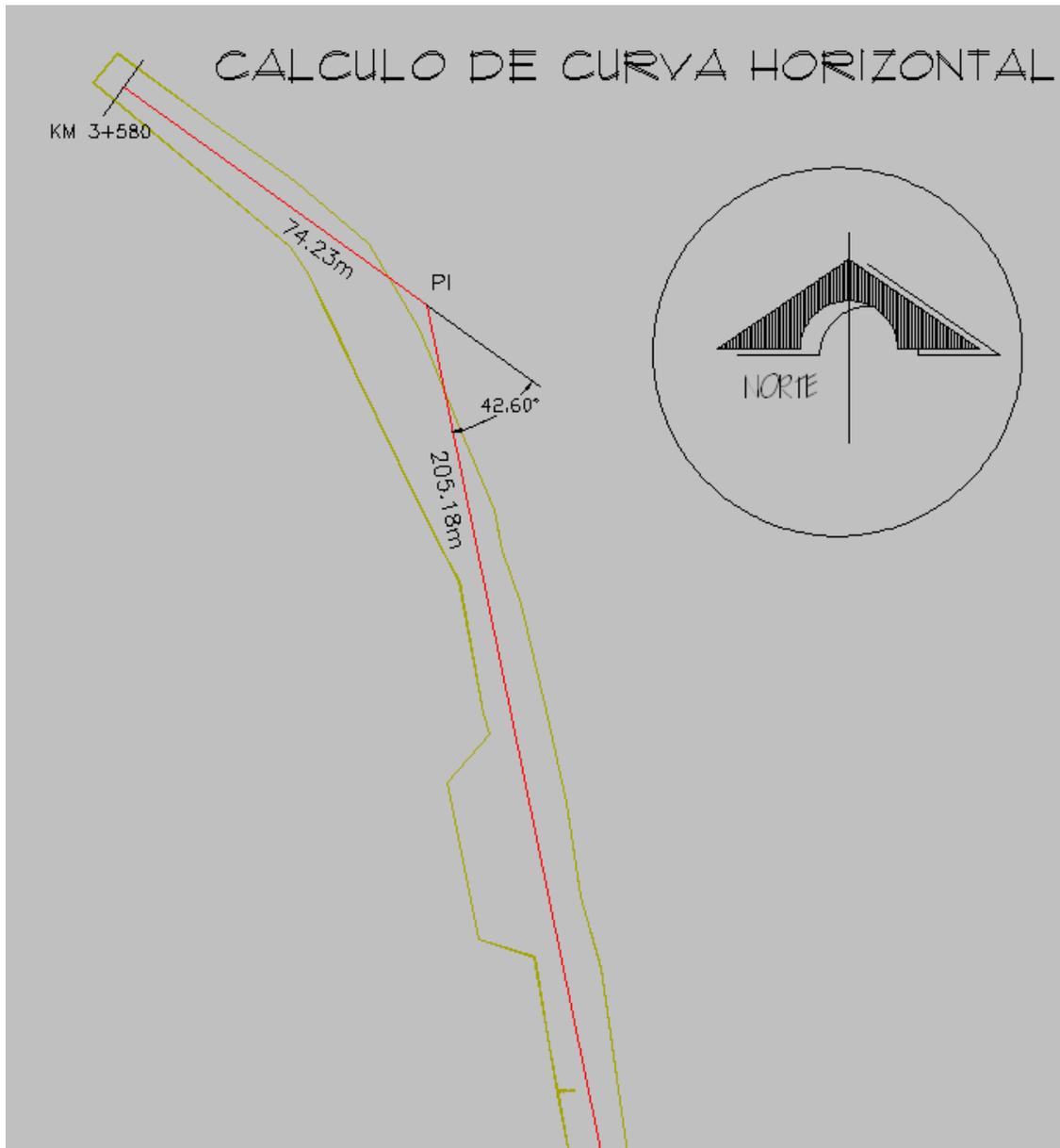


Figura 2.9 Representación del PI No1.

Para el calculo de la curva horizontal es necesario el trazo de las tangentes a la curva y determinar el **ángulo de deflexión de la tangente (Δ)**, que en este caso es de 42.60° lado





derecho, es necesario también el valor del **grado de curvatura de la curva circular (G_c)**, que en este caso es propuesto de 8.5° , el grado de curvatura de la curva circular se propone cuidando que el punto donde comienza la curva y el punto donde termina la curva no se traslape con ninguna otra curva existente, así también cuidando que no sobrepase el grado máximo de curvatura de acuerdo a la tabla de clasificación y tipos de carretera.

$$R_c = \frac{20m}{2\pi} \cdot \frac{360^\circ}{G_c} = \frac{1145.92}{G_c} = \frac{1145.92}{8.5} = 134.81m$$

Para la obtención del ángulo central de la curva circular, es necesario trazar dos líneas perpendiculares a las tangentes que se unan en un punto, de las cuales se podrá obtener Δ_c , que en este caso es de 42.60° .

$$ST = R_c (\tan(\Delta_c / 2)) = (134.81) \tan(42.60 / 2) = 52.56m$$

$$E = (R_c) \sec(\Delta / 2) - 1 = (134.81) \sec(42.60 / 2) - 1 = 9.88m$$

$$L_c = \frac{(20)(\Delta)}{G_c} = \frac{20(42.60)}{8.5} = 100.24m$$

$$CL = 2(R_c) \sen(\Delta_c / 2) = 2(134.81) \sen(42.60 / 2) = 97.84m$$

$$PC = PI - ST = 3 + 654.53 - 52.56 = 3 + 601.97$$

$$PT = PC + L_c = 3 + 601.97 + 100.24 = 3 + 702.21$$

Datos para el topógrafo

$$\text{Deflexión para 1 metro (grados)} = \frac{\Delta}{2} \frac{1}{L_c} = \frac{42.60}{2} \frac{1}{100.24} = 0.21^\circ / m$$

$$\text{Deflexión para 1 metro (radianes)} = \frac{0.21(180)}{\pi} = \frac{0.21}{57.29535} = 0.00367 \text{ rad} / m$$

Tabla de datos para el topógrafo:





Cadenamiento	Metros de curva	Def/metro	° Deflexión (decimales)	Deflexión acumulada	o ' "
PC 3+601.96					
3+620.00	18.04	0.21	3.788	3.788	3° 47' 18"
3+640.00	20.00		4.200	7.988	7° 59' 18"
3+660.00	20.00		4.200	12.188	12° 11' 18"
3+680.00	20.00		4.200	16.388	16° 23' 18"
3+700.00	20.00		4.200	20.588	20° 35' 18"
3+702.21	2.21		0.464	21.053	21° 3' 9"
PT 3+702.21	-		-	-	21.053

Tabla 2.4 Datos para el topógrafo.

Con los datos calculados es posible el trazo de la curva circular, como se muestra a continuación.

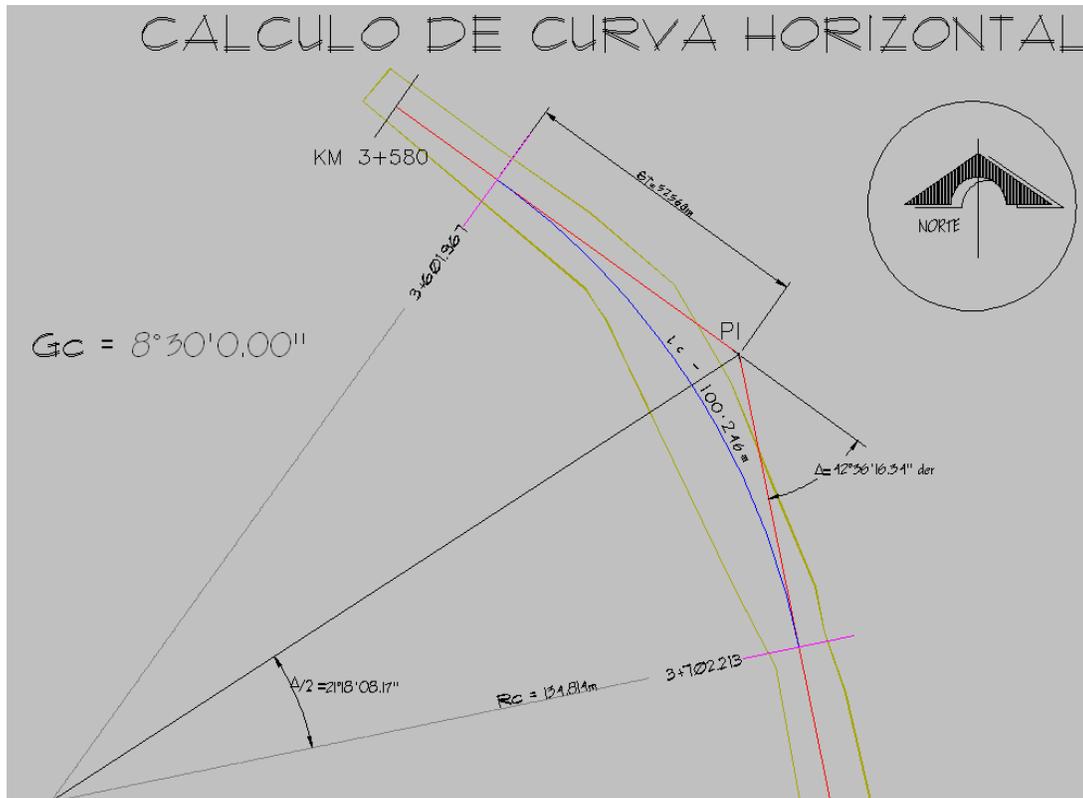


Figura 2.10 Representación de la curva ya calculada.





A continuación se presenta un reporte generalizado de los datos de las curvas horizontales.

ESTACION		deflexión	CUERDA INVERSA	DATOS DE CURVA	Azimuth
KM	TIPO				
3+580.00					
3+600.00			20.000		125° 46' 11.58"
3+601.97	PC		1.967	$\Delta = 42^\circ 36' 16.34''$ der	125° 46' 11.58"
3+620.00		3° 49' 54.95"	18.019	ST = 52.568	129° 36' 6.53"
3+640.00		8° 4' 54.95"	37.907	PI = 3+654.54	133° 51' 6.53"
3+660.00		12° 19' 54.95"	57.586	Gc = 8° 30' 0.00"	138° 6' 6.53"
3+680.00		16° 34' 54.95"	76.948	Lc = 100.246	142° 21' 6.53"
3+700.00		20° 49' 54.95"	95.887	Rc = 134.814	146° 36' 6.53"
3+702.21	PT	21° 18' 8.17"	97.952		147° 4' 19.75"
3+720.00			17.787		168° 22' 27.92"
3+740.00			20.000		168° 22' 27.92"
3+760.00			20.000		168° 22' 27.92"
3+780.00			20.000		168° 22' 27.92"
3+800.00			20.000		168° 22' 27.92"
3+820.00			20.000		168° 22' 27.92"
3+823.55	PC		3.554	$\Delta = 36^\circ 15' 41.26''$ izq	168° 22' 27.92"
3+840.00		355° 3' 58.66"	16.425	ST = 31.269	163° 26' 26.59"
3+860.00		349° 3' 58.66"	36.225	PI = 3+854.82	157° 26' 26.59"
3+880.00		343° 3' 58.66"	55.628	Gc = 12° 0' 0.00"	151° 26' 26.59"
3+883.99	PT	341° 52' 9.37"	59.432	Lc = 60.436	150° 14' 37.29"
				Rc = 95.493	
3+900.00			16.010		132° 6' 46.67"
3+920.00			20.000		132° 6' 46.67"
3+940.00			20.000		132° 6' 46.67"
3+955.42	PC		15.423	$\Delta = 13^\circ 39' 25.91''$ der	132° 6' 46.67"
3+960.00		1° 22' 23.06"	4.576	ST = 11.435	133° 29' 9.73"
3+978.19	PT	6° 49' 42.95"	22.708	PI = 3+966.86	138° 56' 29.62"
				Gc = 12° 0' 0.00"	
				Lc = 22.762	
				Rc = 95.493	
3+980.00			1.815		145° 46' 12.57"
4+000.00			20.000		145° 46' 12.57"
4+020.00			20.000		145° 46' 12.57"
4+030.45	PC		10.448	$\Delta = 32^\circ 37' 45.69''$ izq	145° 46' 12.57"
4+040.00		357° 8' 4.24"	9.548	ST = 27.951	142° 54' 16.82"
4+060.00		351° 8' 4.24"	29.434	PI = 4+058.40	136° 54' 16.82"
4+080.00		345° 8' 4.24"	48.998	Gc = 12° 0' 0.00"	130° 54' 16.82"
4+084.83	PT	343° 41' 7.15"	53.650	Lc = 54.382	129° 27' 19.73"
				Rc = 95.493	
4+100.00			15.169		113° 8' 26.88"
4+113.80	PC		13.801	$\Delta = 19^\circ 28' 15.59''$ der	113° 8' 26.88"
4+120.00		1° 51' 34.54"	6.198	ST = 16.384	115° 0' 1.42"
4+140.00		7° 51' 34.54"	26.117	PI = 4+130.19	121° 0' 1.42"
4+146.25	PT	9° 44' 7.79"	32.296	Gc = 12° 0' 0.00"	122° 52' 34.68"
				Lc = 32.452	
				Rc = 95.493	





ESTACION		deflexión	CUERDA INVERSA	DATOS DE CURVA	Azimuth
KM	TIPO				
4+160.00			13.747		132° 36' 42.47"
4+167.22	PC		7.222	$\Delta = 119^\circ 13' 2.18''$ izq	132° 36' 42.47"
4+180.00		351° 3' 19.83"	12.726	ST = 69.780	123° 40' 2.30"
4+200.00		337° 3' 19.83"	31.909	PI = 4+237.00	109° 40' 2.30"
4+220.00		323° 3' 19.83"	49.196	Gc = 28° 0' 0.00"	95° 40' 2.30"
4+240.00		309° 3' 19.83"	63.560	Lc = 85.155	81° 40' 2.30"
4+252.38	PT	300° 23' 28.91"	70.604	Rc = 40.926	73° 0' 11.38"
4+260.00			7.623		13° 23' 40.29"
4+280.00			20.000		13° 23' 40.29"
4+300.00			20.000		13° 23' 40.29"
4+318.52	PC		18.518	$\Delta = 142^\circ 0' 47.63''$ der	13° 23' 40.29"
4+320.00		3° 42' 18.77"	1.481	ST = 33.292	17° 5' 59.06"
4+340.00		53° 42' 18.77"	18.472	PI = 4+351.81	67° 5' 59.06"
4+346.92	PT	71° 0' 23.82"	21.671	Gc = 100° 0' 0.00"	84° 24' 4.10"
				Lc = 28.403	
				Rc = 11.459	
4+360.00			13.079		155° 24' 27.92"
4+380.00			20.000		155° 24' 27.92"
4+400.00			20.000		155° 24' 27.92"
4+420.00			20.000		155° 24' 27.92"
4+440.00			20.000		155° 24' 27.92"
4+456.60	PC		16.595	$\Delta = 79^\circ 59' 49.98''$ izq	155° 24' 27.92"
4+460.00		357° 26' 47.13"	3.404	ST = 32.050	152° 51' 15.05"
4+480.00		342° 26' 47.13"	23.040	PI = 4+488.64	137° 51' 15.05"
4+500.00		327° 26' 47.13"	41.107	Gc = 30° 0' 0.00"	122° 51' 15.05"
4+509.93	PT	320° 0' 5.01"	49.104	Lc = 53.331	115° 24' 32.93"
				Rc = 38.197	
4+520.00			10.073		75° 24' 37.94"
4+524.18	PC		4.175	$\Delta = 56^\circ 15' 28.47''$ der	75° 24' 37.94"
4+540.00		5° 56' 3.39"	15.796	ST = 40.840	81° 20' 41.33"
4+560.00		13° 26' 3.39"	35.497	PI = 4+565.02	88° 50' 41.33"
4+580.00		20° 56' 3.39"	54.591	Gc = 15° 0' 0.00"	96° 20' 41.33"
4+599.19	PT	28° 7' 44.23"	72.033	Lc = 75.011	103° 32' 22.17"
				Rc = 76.394	

Tabla 2.5 Tabla de CivilCad de datos para el topógrafo.

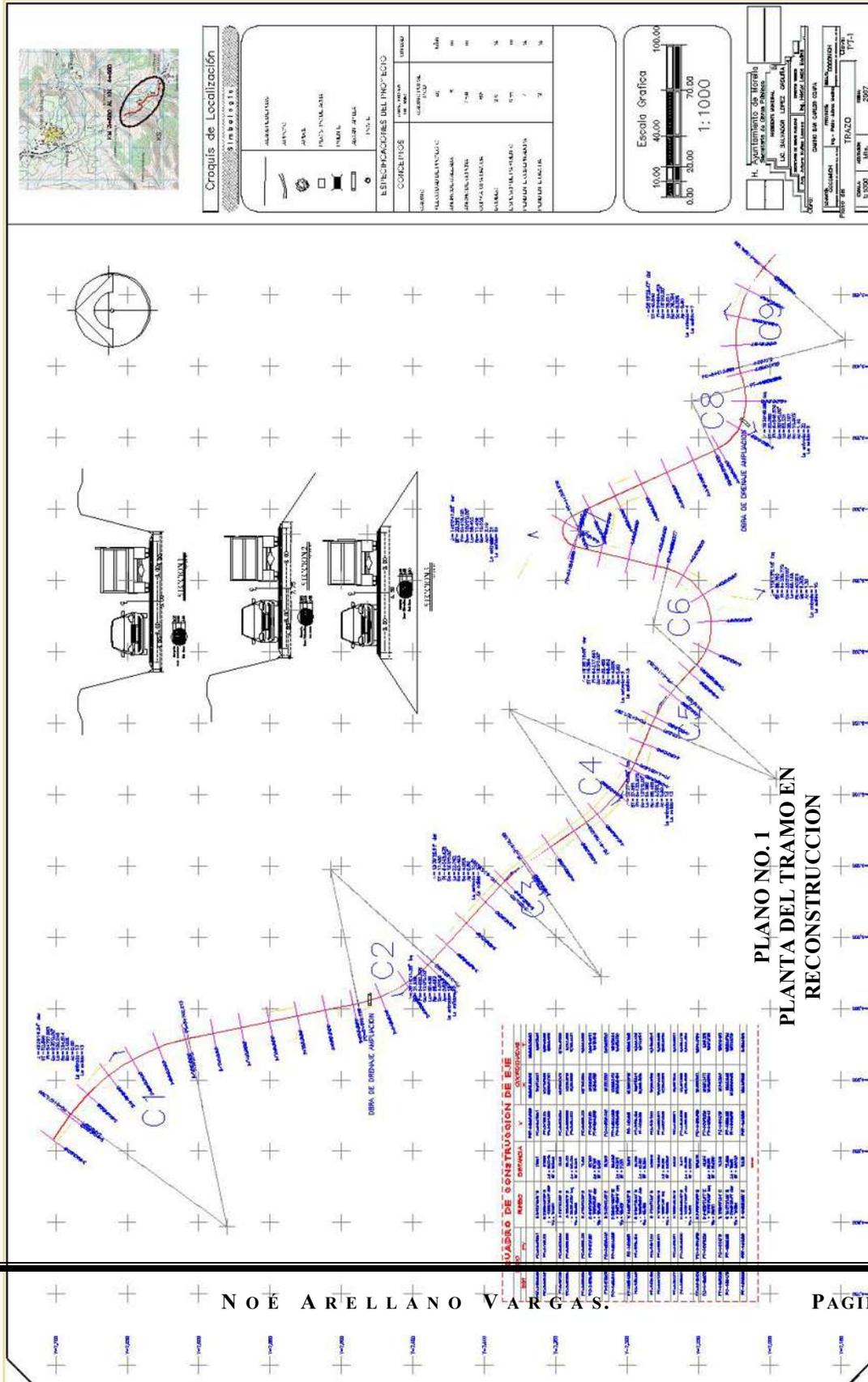




CUADRO DE CURVAS						
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	AREA BAJO CUERDA
C1	42°36'16.34"	134.814	100.246	52.568	97.952	605.719
C2	36°15'41.26"	95.493	60.436	31.269	59.432	188.811
C3	13°39'25.91"	95.493	22.762	11.435	22.708	10.262
C4	32°37'45.69"	95.493	54.382	27.951	53.650	138.094
C5	19°28'15.59"	95.493	32.452	16.384	32.296	29.652
C6	119°13'2.18"	40.926	85.155	69.780	70.604	1,011.606
C7	142°0'47.63"	11.459	28.403	33.292	21.671	122.325
C8	79°59'49.98"	38.197	53.331	32.050	49.104	300.133
C9	56°15'28.47"	76.394	75.011	40.840	72.033	438.698

Tabla 2.6 Tabla de CivilCad de datos para el topógrafo del eje generalizado.







ALINEAMIENTO VERTICAL

3.4. NIVELACIÓN.

Ahora con el trazo definitivo se deberá realizar una nivelación del perfil, obteniendo las elevaciones de las estaciones a cada 20 metros o aquellas donde se presenten detalles importantes como alturas variables intermedias, cruces de ríos, ubicación de canales, etc. los bancos de nivel se colocaran a cada 500 metros aproximadamente y se revisara lo ejecutado con nivelación diferencial ida y vuelta, doble punto de liga o doble altura del aparato.

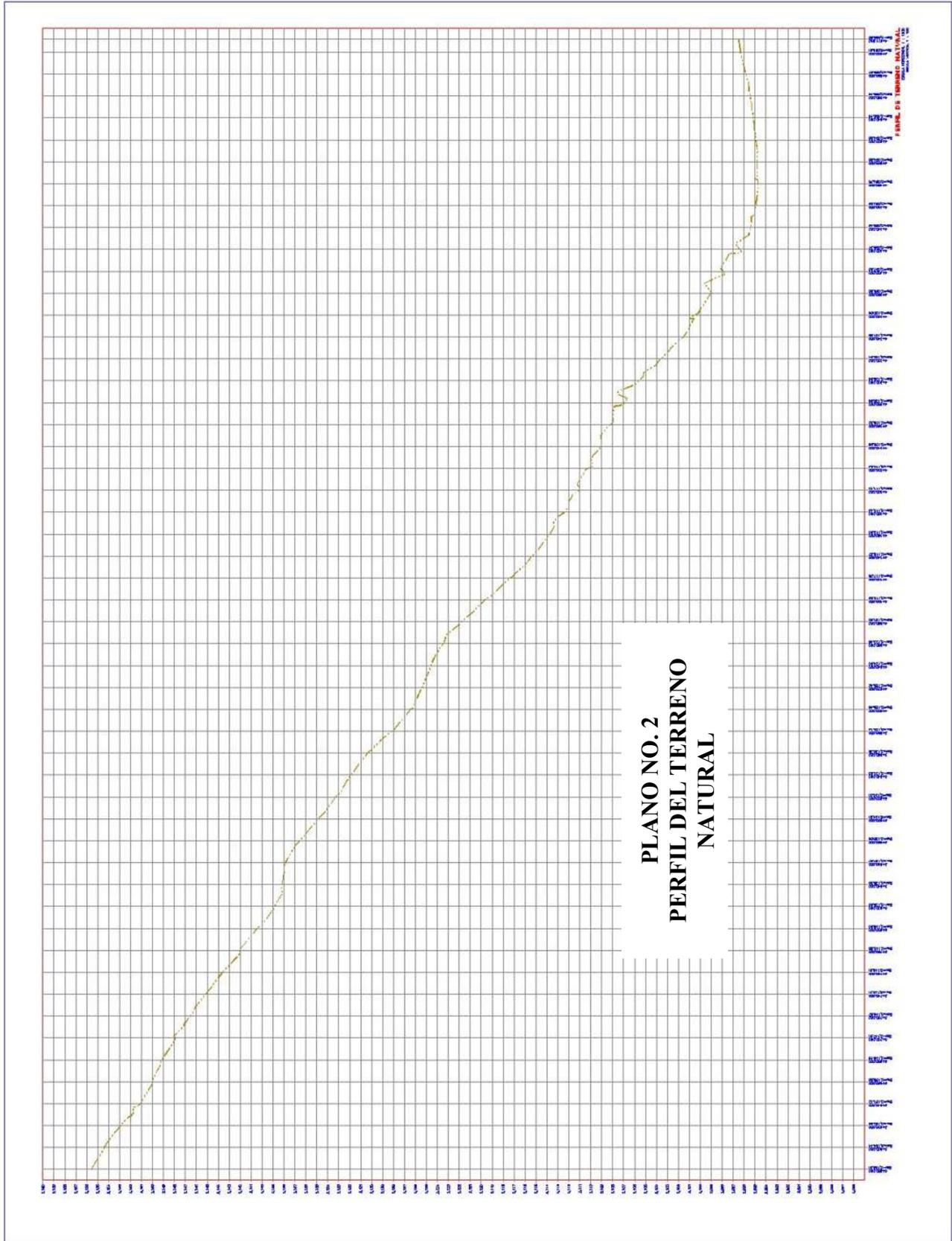
En el registro de la nivelación se deben anotar las elevaciones de los bancos aproximadas al milímetro y las elevaciones de las estaciones aproximadas al centímetro.

3.5. PERFIL DEDUCIDO.

El perfil del camino es una representación de la proyección vertical del eje del trazo, la escala mas comúnmente usada es 1:100 vertical y 1:1000 horizontal. Se compone al igual que la planta y plano de secciones, de un cuadro de identificación, el dibujo y su texto. Al inicio del plano se colocara un cuadro de identificación que incluirá datos generales, específicamente de proyecto y cantidades de obra. El resto del contenido del plano será:

1. Cuadro de: a) cadenamiento, b) elevaciones de terreno, c) elevaciones de rasante, d) espesores de corte, e) espesores de terraplén, f) volúmenes de corte, g) volúmenes de terraplén, h) ordenadas de curva masa.
2. Perfil del terreno con: a) bancos de nivel, b) subrasante con datos de curvas verticales y pendientes, c) obras de drenaje.
3. Curva masa con la misma escala horizontal del perfil y escala vertical 1 : 10000, con: a) movimientos de tierra (sobre acarreo, prestamos, volúmenes de corte y terraplén compensados), b) igualdades de curva masa, c) clasificación de cortes.
4. Datos de alineamiento horizontal: a) datos de tangentes (orientación), b) datos de curvas (puntos de inflexión, deflexiones, grados, radios, subtangente, longitudes de curva y estaciones de PC, PT).







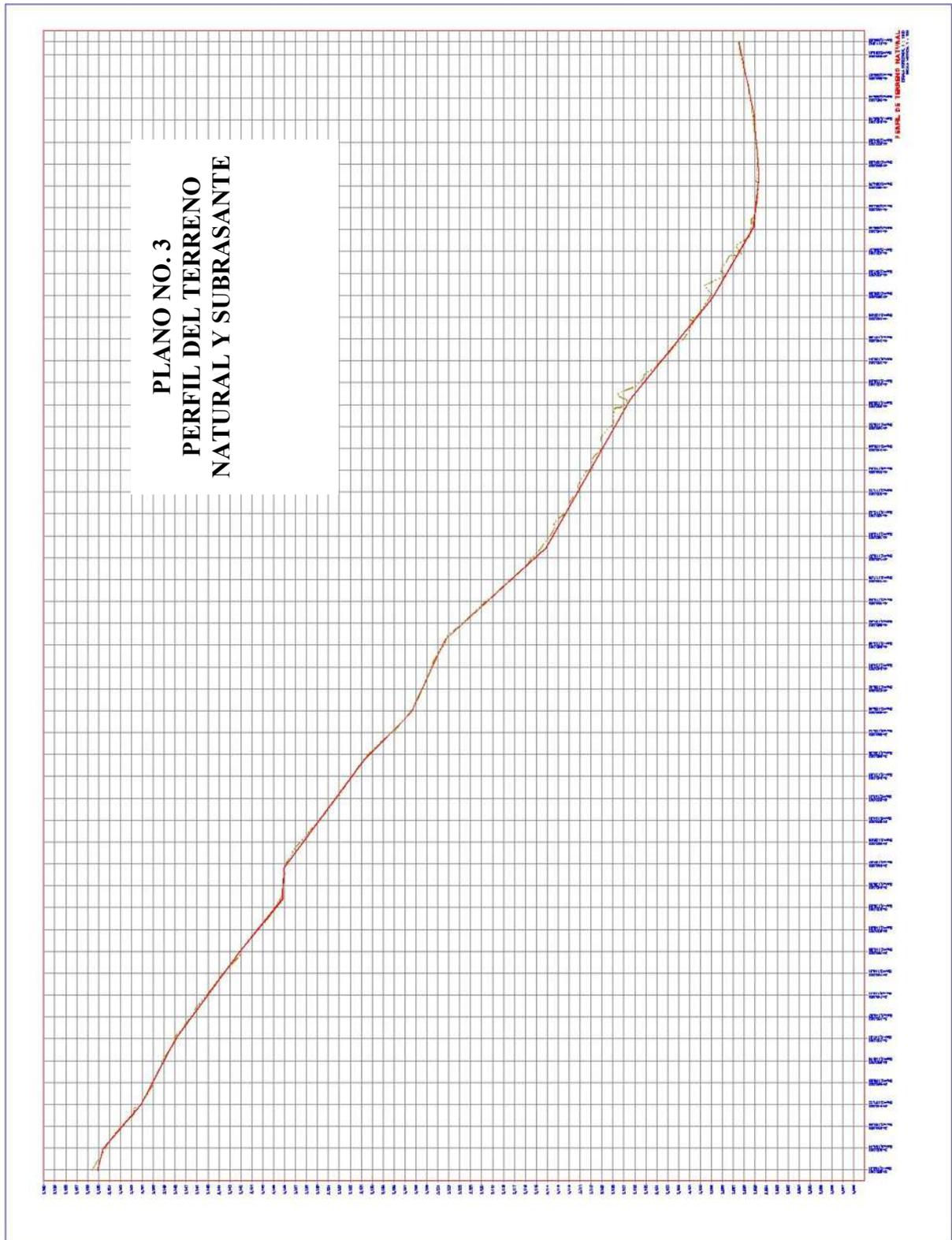
3.6.PROYECTO DE LA SUBRASANTE.

La subrasante es una sucesión de líneas rectas que son las pendientes unidas mediante curvas verticales, intentando compensar los cortes con los terraplenes. Las pendientes se proyectan al décimo con excepción de aquellas en las que se fije anticipadamente una cota a un PI determinado.

Las pendientes ascendentes se marcan positivas y las descendentes con el signo inverso, teniendo en cuenta para su magnitud las especificaciones de pendiente, evitando el exceso de deflexiones verticales que desmerita la seguridad y comodidad del camino o el exagerado uso de tangentes que resultaría antieconómico.

Las condiciones topográficas, geotécnicas, hidráulicas y el costo de las terracerías definen el proyecto de la subrasante, por ello se requiere, el realizar varios ensayos para determinar la mas conveniente. Una vez proyectada las tangentes verticales se procede a unir las mediante curvas parabólicas.







3.7. TRAZO DE CURVAS VERTICALES DE PROYECTO

Una curva vertical es un arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical; la curva vertical puede ser en columpio o en cresta, la **curva vertical en columpio** es una curva vertical cuya concavidad queda hacia arriba, y la **curva vertical en cresta** es aquella cuya concavidad queda hacia abajo.

ELEMENTOS DE CURVA VERTICAL.

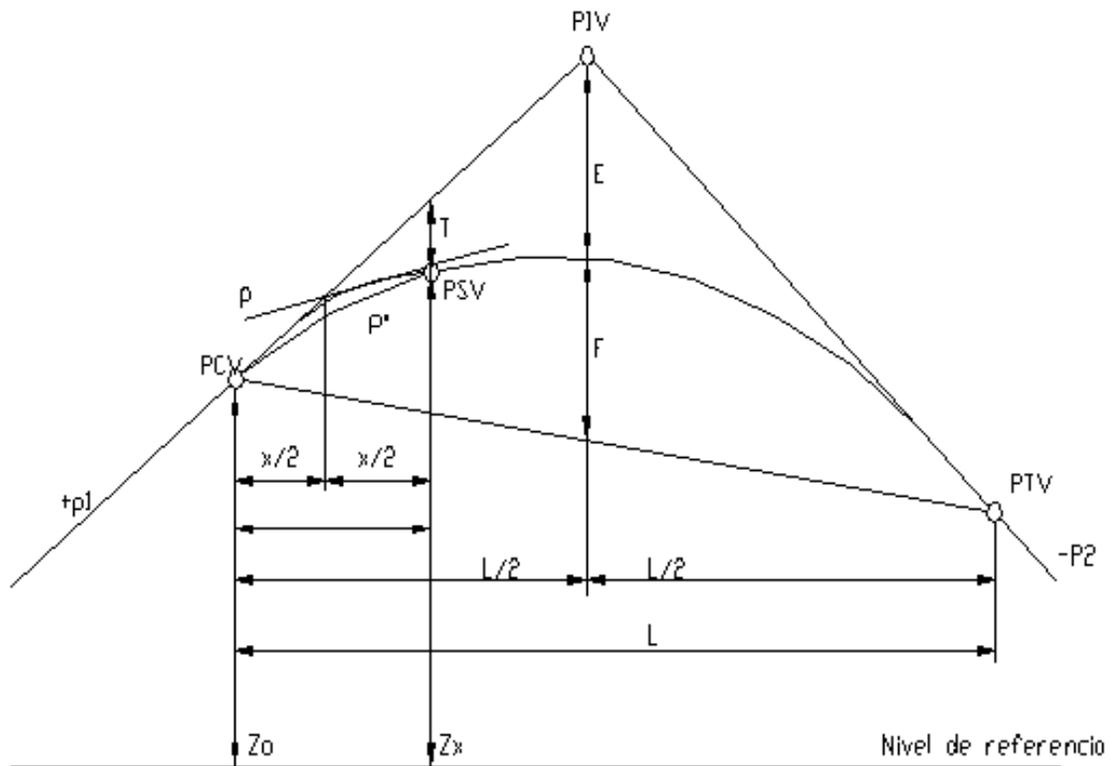


Figura 2.11 Representación de la curva y cálculos.

PIV Punto de intersección de las tangentes verticales

PCV Punto en donde comienza la curva vertical

PTV Punto en donde termina la curva vertical

PSV Punto cualquiera sobre la curva vertical





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

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

A Diferencia algebraica de pendientes

L Longitud de la curva vertical, en metros

K Variación de longitud por unidad de pendiente (parámetro)

x Distancia del PCV a un PSV, en metros

p Pendiente en un PSV, en m/m

p' Pendiente de una cuerda, en m/m

E Externa, en metros

F Flecha, en metros

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

Zo Elevación del PCV, en metros

Zx Elevación de un PSV, en metros

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

$$Z_x = Z_o + (20 p_1 - (10AX/L))X$$

$$Z_x = Z_x - 1 + 20 p_1 - (10A/L)(2X - 1)$$

$$A = P_1 - (-P_2)$$

$$K = L / A$$

$$P = P_1 - A (X/L)$$

$$P' = \frac{1}{2} (P_1 + P)$$

$$E = (AL) / 8$$

$$F = E$$

$$T = 4E (X / L)^2$$

$$Z_x = Z_o + [P_1 - (AX/2L)] X$$





Las normas de servicios técnicos de la **Secretaría de Comunicaciones y Transportes**, en sección de *manual de proyecto geométrico de carreteras*, indica las siguientes normas de cálculo para las curvas verticales:

Tangentes.- Las tangentes verticales estarán definidas por su pendiente y su longitud.

a.- Pendiente gobernadora.- Los valores máximos determinados para la pendiente gobernadora se indican en la siguiente tabla de valores máximos de las pendientes gobernadoras y de las pendientes máximas para los diferentes tipos de carreteras y terreno.

b.- Pendiente máxima.- Los valores determinados para pendiente máxima se indican en la siguiente tabla de valores máximos de las pendientes gobernadoras y de las pendientes máximas para los diferentes tipos de carreteras y terreno.

c.- Pendiente mínima.- La pendiente mínima en zonas de sección en corte y/o bacón no deberá ser menor del cero punto cinco por ciento (0.5%) y en zonas con sección de terraplén la pendiente podrá ser nula.

d.- Longitud crítica.- Los valores de la longitud crítica de las tangentes verticales con pendientes con pendientes mayores que la gobernadora, se obtendrán de la grafica de longitud crítica de tangentes verticales con pendiente mayor que la gobernadora.

VALORES MAXIMOS DE LAS PENDIENTES GOBERNADORA Y DE LAS PENDIENTES MAXIMAS

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

TABLA 004-2

Tabla 2.7 Tabla de valores de las pendientes.

Visibilidad

a.- Curvas verticales en cresta.-

Para que las curvas verticales en cresta cumplan con la distancia de visibilidad necesaria su longitud deberá calcularse a partir del parámetro K, que se obtiene con la expresión:

$$K = \frac{D^2}{2(H^{1/2} + h^{1/2})^2}$$





Donde:

D = distancia de visibilidad, en metros

H = altura al ojo del conductor (1.14m)

h = altura del objeto (0.15 m)

b.- Curvas verticales en columpio.-

Para que las curvas verticales en columpio cumplan con la distancia de visibilidad necesaria, su longitud deberá calcularse a partir del parámetro K, que se obtiene con la expresión:

$$K = \frac{D^2}{2(TD + H)}$$

Donde:

D = distancia de visibilidad, en metros

T = pendiente del haz luminoso de los faros (0.0175)

H = altura de los faros (0.64 m)

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

TABLA 004.3

Tabla 2.8 Valores del parámetro K.



**c.- Requisitos de visibilidad.-**

1. La distancia de visibilidad de parada deberá proporcionarse en todas las curvas verticales, este requisito esta tomado en cuenta en el valor del parámetro K, especificado en la siguiente tabla "Valores mínimos del parámetro K y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales"
2. La distancia de visibilidad de encuentro deberá proporcionarse en las curvas verticales en cresta de las carreteras tipo "E", tal como se especifica en la siguiente tabla, "Valores mínimos del parámetro K y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales"

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA							
VELOCIDAD DE PROYECTO Km/h	VELOCIDAD DE MARCHA Km/h	REACCION		COEFICIENTE DE FRICCIÓN LONGITUDINAL	DISTANCIA DE FRENADO m.	DISTANCIA DE VISIBILIDAD	
		TIEMPO seg.	DISTANCIA m.			CALCULADA m.	PARA PROYECTO m.
30	28	2.5	19.44	0.40	7.72	27.16	30
40	37	2.5	25.69	0.38	14.18	39.88	40
50	46	2.5	31.94	0.36	23.14	55.09	55
60	55	2.5	38.19	0.34	35.03	73.22	75
70	63	2.5	43.75	0.33	48.08	91.83	95
80	71	2.5	49.30	0.31	64.02	113.33	115
90	79	2.5	54.86	0.31	80.56	135.42	135
100	86	2.5	59.72	0.30	97.06	156.78	155
110	92	2.5	63.89	0.30	112.96	176.85	175

TABLA 003-1

Tabla 2.9 Distancia de visibilidad de parada.

Curvas verticales.- Las curvas verticales serán parábolas de eje vertical y están definidas por su longitud y por la diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales que une.

a.- Longitud mínima:

1. La longitud mínima de las curvas verticales se calculara con la expresión:

$$L = K A$$





En donde:

L = Longitud mínima de la curva vertical, en metros

K = Parámetro de la curva cuyo valor mínimo se especifica

En la tabla de valores mínimos del parámetro K y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales

A = Diferencia algebraica de las pendientes de las Tangentes verticales.

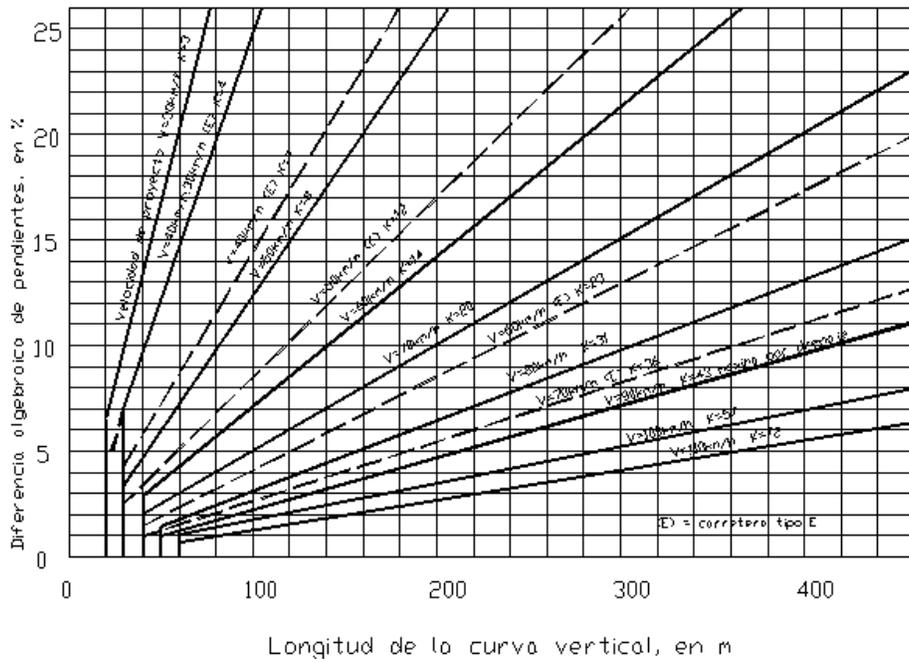
2. La longitud mínima de las curvas verticales en ningún caso deberá ser menor a las mostradas en las siguientes dos tablas: "Longitud mínima de las curvas verticales en cresta" y "Longitud mínima de las curvas verticales en columpio"

b).- Longitud máxima.- No existirá limite de longitud máxima para las curvas verticales. En caso de curvas verticales en cresta con pendiente de entrada y salida de signos contrarios, se deberá revisar el drenaje cuando a la longitud de la curva proyectada corresponda un valor del parámetro K superior a 43.

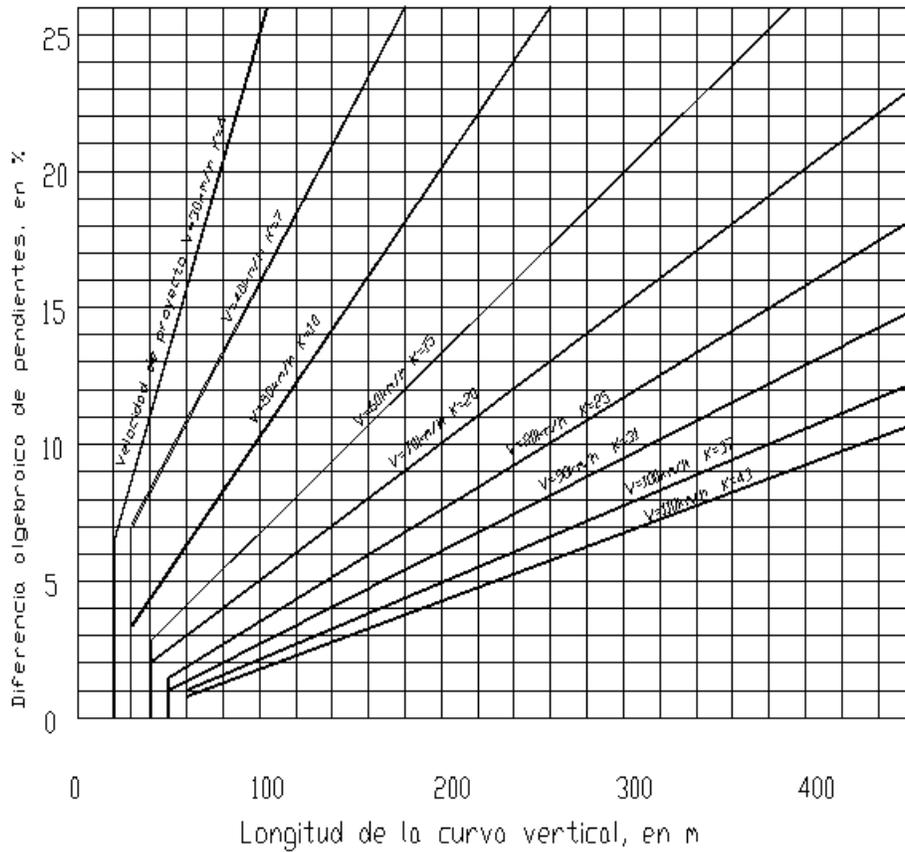




NOMOGRAMA 1 LONGITUD MINIMA DE LAS CURVAS VERTICALES EN CRESTA



NOMOGRAMA 2 LONGITUD MINIMA DE LAS CURVAS VERTICALES EN COLUMPIO





Calculo de curvas verticales

Para el cálculo y trazo de las curvas verticales es necesario contar con un perfil del terreno, así como las longitudes y pendientes de cada segmento del camino. Es necesario revisar que la pendiente en estos segmentos del camino nunca sea mayor a la pendiente máxima dada por la tabla de tipos y características de caminos. Es necesario también respetar las condiciones de longitud mínima de las curvas verticales en cresta y columpio. Las formulas de trazo de curvas verticales son en comparación, más simples que las de curvas horizontales, como se muestra a continuación.

$$L = \frac{(P_o - P_f)}{K} \Rightarrow 2 \text{ estaciones. como. min} \quad K = \frac{(P_o - P_f)}{(10)(L)}$$

Po = pendiente de entrada

Pi = pendiente de salida

L = numero total de estaciones

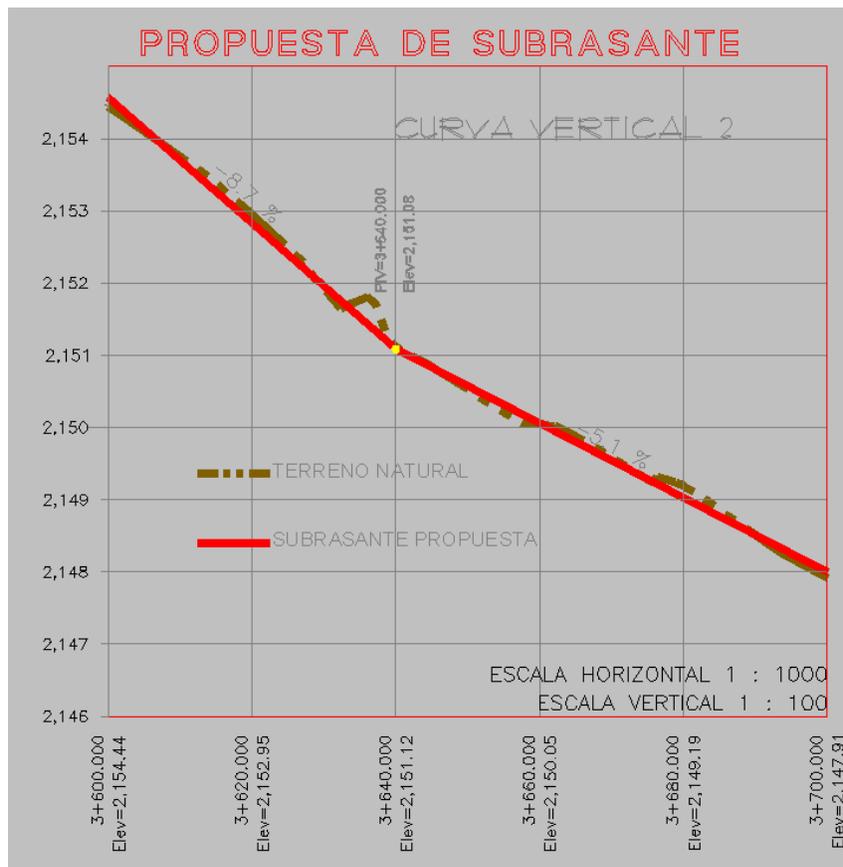


Figura 2.12 Representación de la curva vertical y cálculos.





Aplicando la fórmula: $Z_n = Z_o + (P_1/100 - A_1/200L) \cdot L$

Datos de curva (1)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-2.577	-8.724	3+600.000	2154.5745	20.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 6.147%				Tipo de curva: En cresta	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	3+590.000	2154.832	2154.832
1	PTV	3+610.000	2153.702	2153.702

Datos de curva (2)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-8.724	-5.141	3+640.000	2151.0848	30.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = -3.583%				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	3+625.000	2152.393	2152.393
1	PTV	3+645.000	2150.828	2150.887
2	PTV	3+655.000	2150.314	2150.314

Datos de curva (3)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-5.141	-7.398	3+700.003	2148.0000	30.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 2.257%				Tipo de curva: En cresta	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	3+685.003	2148.771	2148.771
1	PTV	3+705.003	2147.630	2147.592
2	PTV	3+715.003	2146.890	2146.890

Datos de curva (4)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-7.398	-8.061	3+780.014	2142.0806	10.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 0.663%				Tipo de curva: En cresta	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	3+775.014	2142.450	2142.450
1	PTV	3+785.014	2141.678	2141.678





Datos de curva (5)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-8.061	-0.613	3+827.836	2138.2254	29.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = -7.448%				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	3+813.336	2139.394	2139.394
1	PTV	3+833.336	2138.192	2138.296
2	PTV	3+842.336	2138.137	2138.137

Datos de curva (6)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-0.613	-7.375	3+856.840	2138.0476	14.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 6.762%				Tipo de curva: En cresta	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	3+849.840	2138.090	2138.090
1	PTV	3+863.840	2137.531	2137.531

Datos de curva (7)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-7.375	-10.034	3+955.729	2130.7543	40.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 2.659%				Tipo de curva: En cresta	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	3+935.729	2132.229	2132.229
1	PTV	3+955.729	2130.754	2130.621
2	PTV	3+975.729	2128.747	2128.747

Datos de curva (8)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-10.034	-4.648	3+998.533	2126.4592	22.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = -5.386%				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	3+987.533	2127.563	2127.563
1	PTV	4+007.533	2126.041	2126.046
2	PTV	4+009.533	2125.948	2125.948





Datos de curva (9)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-4.648	-10.997	4+065.241	2123.3585	30.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 6.349%				Tipo de curva: En cresta	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	4+050.241	2124.056	2124.056
1	PTV	4+070.241	2122.809	2122.703
2	PTV	4+080.241	2121.709	2121.709

Datos de curva (10)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-10.997	-5.676	4+149.597	2114.0817	60.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = -5.322%				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	4+119.597	2117.381	2117.381
1	PTV	4+139.597	2115.181	2115.359
2	PTV	4+159.597	2113.514	2113.691
3	PTV	4+179.597	2112.379	2112.379

Datos de curva (11)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-5.676	-8.046	4+284.890	2106.4030	50.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 2.371%				Tipo de curva: En cresta	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	4+259.890	2107.822	2107.822
1	PTV	4+279.890	2106.687	2106.592
2	PTV	4+299.890	2105.196	2105.172
3	PTV	4+309.890	2104.391	2104.391

Datos de curva (12)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-8.046	-5.820	4+377.985	2098.9123	30.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = -2.226%				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	4+362.985	2100.119	2100.119
1	PTV	4+382.985	2098.621	2098.658
2	PTV	4+392.985	2098.039	2098.039





Datos de curva (13)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-5.820	-1.132	4+442.332	2095.1671	40.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = -4.688%				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	4+422.332	2096.331	2096.331
1	PTV	4+442.332	2095.167	2095.401
2	PTV	4+462.332	2094.941	2094.941

Datos de curva (14)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-1.132	0.851	4+489.528	2094.6327	10.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = -1.983%				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	4+484.528	2094.689	2094.689
1	PTV	4+494.528	2094.675	2094.675

Datos de curva (15)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
0.851	2.090	4+546.678	2095.1190	50.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = -1.239%				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	4+521.678	2094.906	2094.906
1	PTV	4+541.678	2095.076	2095.126
2	PTV	4+561.678	2095.433	2095.445
3	PTV	4+571.678	2095.642	2095.642

Tabla 2.10 Datos de CivilCad para el cálculo de curvar verticales.





EMPLEO SIMULTÁNEO DE LAS CURVAS VERTICALES Y HORIZONTALES.

Con relación a la combinación del alineamiento horizontal con el vertical se procurara observar lo siguiente:

- a. En alineamientos verticales que originen terraplenes altos y largos son deseables

Alineamientos horizontales rectos o de muy suave curvatura.

- b. Los alineamientos horizontal y vertical deben estar balanceados. Las tangentes o las curvas horizontales suaves en combinación con pendientes fuertes y curvas verticales cortas, o bien una curvatura excesiva con pendientes suaves corresponden a diseños pobres. Un diseño apropiado es aquel que combina ambos alineamientos ofreciendo el máximo de seguridad, capacidad, facilidad y uniformidad en la operación, además una apariencia agradable dentro de las restricciones impuestas por la topografía.
- c. Cuando el alineamiento horizontal esta constituido por curvas con grados menores al máximo, se recomienda proyectar curvas verticales con longitudes mayores que las mínimas especificadas; siempre que no se incremente considerablemente el costo de construcción de la carretera.
- d. Conviene evitar la coincidencia de la cima de una curva vertical en cresta con el inicio o terminación de una curva horizontal.
- e. Debe evitarse proyectar la cima de una curva vertical en columpio en o cerca de una curva horizontal.
- f. En general, cuando se combinen curvas verticales y horizontales, o una este muy cerca de la otra, debe procurarse que la curva vertical este fuera de la curva horizontal o totalmente incluida en ella, con las salvedades mencionadas.
- g. Los alineamientos deben combinarse para lograr el mayor numero de tramos con distancias de visibilidad de rebase.
- h. En donde este previsto el proyecto de un entronque, los alineamientos deben de ser lo mas suave posible.





4. SECCIONES TRANSVERSALES Y DE CONSTRUCCION.

4.1. DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL.

La sección transversal esta definida por la corona, las cunetas, los taludes, las contra cunetas, las partes complementarias y el terreno comprendido dentro del derecho de vía, como se muestra en las siguientes figuras, "Sección transversal en tangente del alineamiento horizontal para carreteras tipos E, D, C, B y A2" y "Sección transversal en tangente del alineamiento horizontal para carreteras tipos A4"

Corona.- La corona esta definida por la calzada y los acotamientos con su pendiente transversal, y en su caso, la faja separadora central.

En tangentes del alineamiento horizontal el ancho de corona para cada tipo de carretera y de terreno, deberá ser el especificado en la tabla "Anchos de corona, de calzada, de acotamientos y de la faja separadora central" que continuación se muestra.

ANCHOS DE CORONA, DE CALZADA, DE ACOTAMIENTOS Y DE LA FAJA SEPARADORA CENTRAL						
TIPO DE CARRETERA	ANCHOS DE					
	CORONA (m)	CALZADA (m)	ACOTAMIENTOS (m)		FAJA SEPARADORA CENTRAL (m)	
E	4.00	4.00	-		-	
D	6.00	6.00	-		-	
C	7.00	6.00	0.50		-	
B	9.00	7.00	1.00		-	
A	(A2)	12.00	7.00		2.50	
	(A4)	22.00 minimo	2 x 7.00			
			EXT	INT		
			3.00	0.50 *	1.00 minimo	
	(A4S)	2 x 11.00	2 x 7.00		3.00	1.00
					8.00 minimo	

* Deberá prolongarse la carpeta hasta la guarnición

TAH.A.1134-4

Tabla 2.11 Características generales de los diferentes tipos de carreteras.





Dados los datos anteriores, podemos deducir las siguientes medidas según nuestro tipo de camino "D".

Tipo de carretera "D"

Corona = 6.0 mts

Calzada = 6.0 mts.

Acotamientos = 0.0 mts

Faja separadora central = 0.0 mts

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

Calzada.- el ancho de la calzada deberá ser:

- En tangente del alineamiento horizontal, el especificado en la tabla anterior "Anchos de corona, de calzada, de acotamientos y de la faja separadora central"
- En curvas circulares del alineamiento horizontal, el ancho en tangente mas una ampliación en el lado interior de la curva circular, cuyo valor se especifica en las siguientes cuatro tablas "Ampliaciones, sobre elevaciones y transiciones para carreteras"
- En curvas espirales de transición y en transiciones mixtas.

El ancho en tangente mas una ampliación variable en el lado interior de la curva espiral o en el de la transición mixta, cuyo valor esta dado por la expresión:

$$A = \frac{L}{Le} Ac$$

En donde:

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





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

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

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

Acotamientos.- El ancho de los acotamientos deberá ser para cada tipo de carretera y tipo de terreno, según se indica en la tabla "Anchos de corona, de calzada, de acotamientos y de la faja separadora central"

Pendiente transversal.- En tangentes de alineamiento horizontal el bombeo de la corona deberá ser:

- a. De menos dos por ciento en carreteras tipo A, B, C, y D pavimentadas
- b. De menos tres por ciento en carreteras tipo D y E revestidas. Nota: para este caso la supervisión ordenó que el bombeo sea de menos dos por ciento.

4.2.DETERMINACIÓN DE LAS SECCIONES DE CARRETERA.

La determinación de las secciones de carretera, es un procedimiento sencillo pero laborioso, ya que a cada veinte metros de nuestra línea del camino, se tendrá que determinar veinte metros a la izquierda y veinte metros a la derecha la intersección de las curvas de nivel, el objeto que sean veinte metros los que se tengan que determinar hacia los lados, obedece a que por disposición federal, todos los caminos de carreteras federales comprenden veinte metros hacia la izquierda y derecha del centro del camino.





A continuación se ilustra la determinación de las secciones de carretera de un tramo del camino.

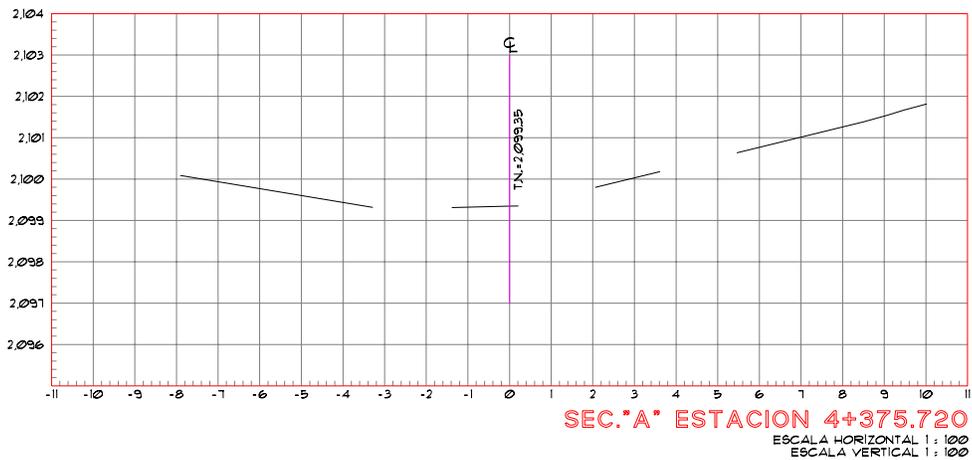
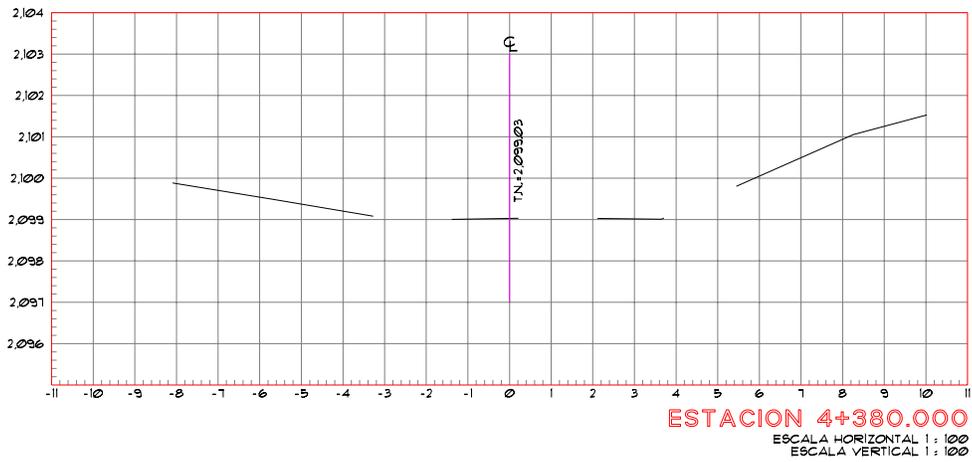
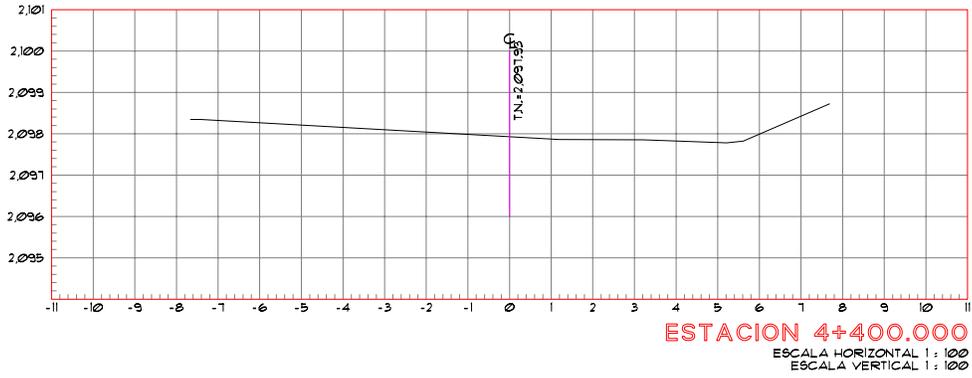


Figura 2.13 Representación de la sección transversal del terreno natural.





Las secciones antes determinadas, son necesarias para el calculo de la curva masa, en estas se ubicara nuestro camino como se muestra a continuación, con una sección tipo para carreteras D,C,B y A2.

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

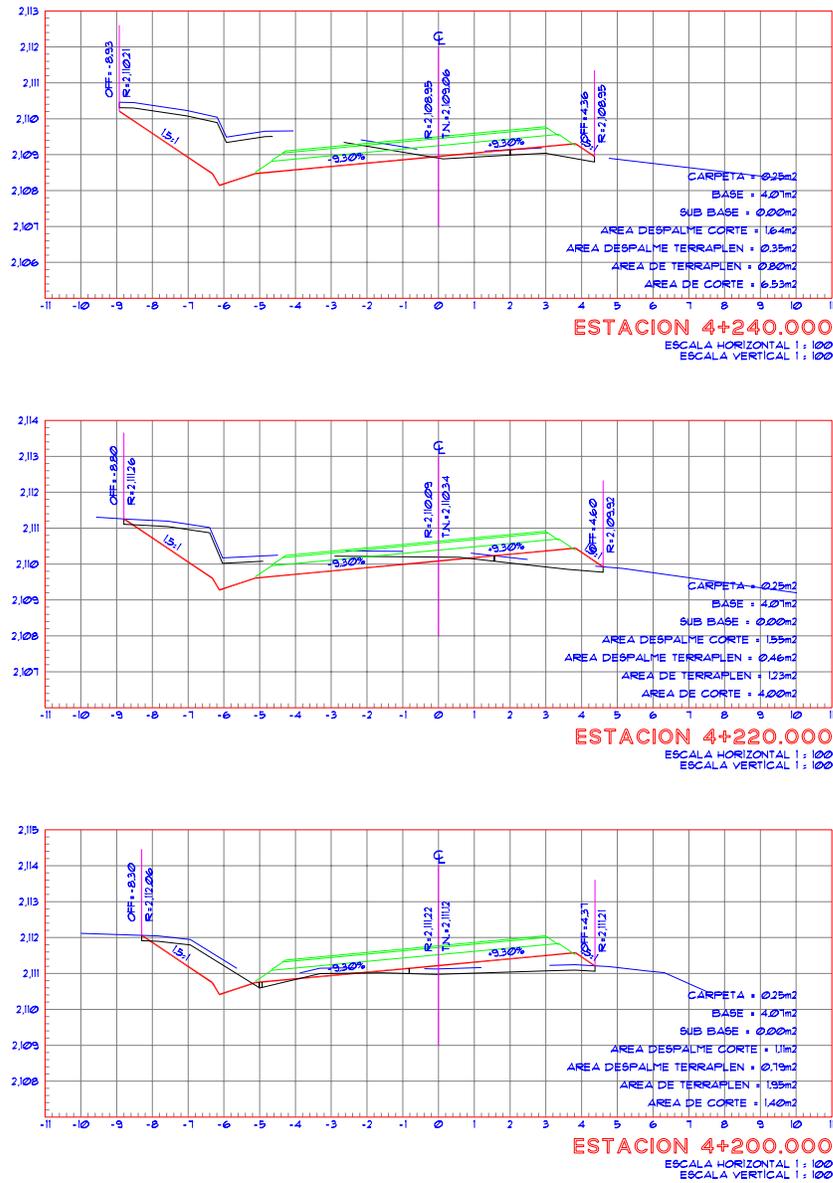


Figura 2.14 Representación de la sección transversal del terreno natural.





ELEVACIONES Y ESPESORES DE TERRENO Y SUBRASANTE
Obra: CAMINO A SAN MIGUEL DEL MONTE
TRAMO 3+580 AL 4+580
Autor: ING. NOE ARELLANO

ESTACION	ELEVACIONES(M)		ESPESORES(M)	
	TERRENO	SUBRASANTE	CORTE	TERRAPLEN
3+580.000	2155.61	2155.09	0.51	
3+580.300	2155.57	2155.08	0.49	
3+588.967	2155.05	2154.86	0.19	
3+597.634	2154.52	2154.55		0.03
3+600.000	2154.44	2154.42	0.02	
3+601.967	2154.31	2154.30	0.01	
3+620.000	2152.95	2152.83	0.12	
3+640.000	2151.12	2151.22		0.10
3+660.000	2150.05	2150.06		0.00
3+680.000	2149.19	2149.03	0.17	
3+700.000	2147.91	2147.92		0.00
3+702.213	2148.05	2147.77	0.27	
3+706.546	2147.60	2147.49	0.11	
3+715.213	2146.93	2146.87	0.06	
3+720.000	2146.57	2146.52	0.05	
3+723.880	2146.30	2146.23	0.07	
3+740.000	2145.21	2145.04	0.17	
3+760.000	2143.61	2143.56	0.05	
3+780.000	2142.08	2142.07	0.01	
3+800.000	2140.50	2140.47	0.03	
3+804.054	2140.02	2140.14		0.12
3+810.554	2139.51	2139.62		0.11
3+817.054	2139.09	2139.11		0.02
3+820.000	2138.92	2138.91	0.00	
3+823.554	2138.69	2138.70		0.01
3+840.000	2138.20	2138.16	0.04	
3+860.000	2137.87	2137.78	0.09	
3+880.000	2136.59	2136.34	0.25	
3+883.990	2136.25	2136.05	0.20	
3+890.490	2135.70	2135.57	0.14	
3+896.990	2135.18	2135.09	0.09	
3+900.000	2134.91	2134.86	0.05	
3+903.490	2134.57	2134.61		0.04
3+920.000	2133.31	2133.39		0.08
3+935.923	2132.18	2132.22		0.03
3+940.000	2131.92	2131.91	0.01	
3+942.423	2131.76	2131.72	0.04	
3+948.923	2131.29	2131.20	0.09	
3+955.423	2130.80	2130.65	0.15	
3+960.000	2130.39	2130.24	0.15	

Tabla 2.13 Ejemplificación de datos obtenidos de CivilCad para el cálculo de espesores de corte y terraplen en la sección transversal.





CAMINO: RECONSTRUCCION DEL TRAMO CARRETERO ENTRADA A SAN MIGUEL DEL MONTE KM 4+580 AL5+580	
TRAMO:	ESTACION:
SUB-TRAMO:	ORIGEN:

DESCRIPCION		BOMBEO		AMPLIACION		Ancho Total de		ENSANCHES	
		IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER
	3+580.00	-2.0 %	-2.0 %	0.00	0.00	3.83	3.83	0.17	0.79
738799924	3+580.30	-2.0 %	-2.0 %	0.00	0.00	3.83	3.83	0.14	0.78
	3+588.97	0.0 %	-2.0 %	0.00	0.00	3.83	3.83	0.19	0.40
	3+597.63	2.0 %	-2.0 %	0.00	0.40	3.83	4.23	0.27	0.91
	3+600.00	2.5 %	-2.5 %	0.00	0.51	3.83	4.33	0.27	0.69
	3+601.97	3.0 %	-3.0 %	0.00	0.60	3.83	4.43	0.28	0.72
	3+620.00	3.0 %	-3.0 %	0.00	0.60	3.83	4.43	0.03	0.82
	3+640.00	3.0 %	-3.0 %	0.00	0.60	3.83	4.43	0.05	1.73
	3+660.00	3.0 %	-3.0 %	0.00	0.60	3.83	4.43	0.12	3.18
	3+680.00	3.0 %	-3.0 %	0.00	0.60	3.83	4.43	0.64	2.25
	3+700.00	3.0 %	-3.0 %	0.00	0.60	3.83	4.43	0.20	2.30
	3+702.21	3.0 %	-3.0 %	0.00	0.60	3.83	4.43	0.07	2.76
	3+706.55	2.0 %	-2.0 %	0.00	0.40	3.83	4.23	0.20	2.11
	3+715.21	0.0 %	-2.0 %	0.00	0.00	3.83	3.83	0.32	0.80
	3+720.00	-1.1 %	-2.0 %	0.00	0.00	3.83	3.83	0.38	0.06
	3+723.88	-2.0 %	-2.0 %	0.00	0.00	3.83	3.83	0.50	0.12
	3+740.00	-2.0 %	-2.0 %	0.00	0.00	3.83	3.83	0.26	0.17
	3+760.00	-2.0 %	-2.0 %	0.00	0.00	3.83	3.83	0.27	0.18
	3+780.00	-2.0 %	-2.0 %	0.00	0.00	3.83	3.83	0.02	0.15
	3+800.00	-2.0 %	-2.0 %	0.00	0.00	3.83	3.83	0.18	0.02
554319438	3+804.05	-2.0 %	-2.0 %	0.00	0.00	3.83	3.83	0.14	0.02
	3+810.55	-2.0 %	0.0 %	0.00	0.00	3.83	3.83	0.05	0.17
	3+817.05	-2.0 %	2.0 %	0.40	0.00	4.23	3.83	0.06	0.52
	3+820.00	-2.9 %	2.9 %	0.58	0.00	4.41	3.83	0.19	0.30

Tabla 2.14 Ejemplificación de datos obtenidos de CivilCad para el cálculo de las características de la carretera.





5. CALCULO DE CURVA-MASA.

5.1.DETERMINACIÓN DE LOS VOLÚMENES DE TIERRA ENTRE ESTACIONES.

Calculo de volúmenes.- Con el área de cada una de las secciones se integran los volúmenes por el método del promedio de áreas extremas sumando dos áreas de sección contiguas, promediándolas y multiplicándolas por la mitad de la distancia entre ambas.

Movimiento de terracerias.- Esta fundamentado en los volúmenes a mover en relación a las distancias de acarreo, para ello intervienen diferentes conceptos de los cuales dependerá la economía del proyecto.

- a. **Acarreo libre.-** Es la distancia a la que se hace el movimiento de un volumen sin requerir de trabajos elaborados o en el caso de contratos sin llegar a un pago adicional, actualmente en México esta fijado para una longitud no mayor de 20 metros.

- b. **Sobre acarreo.-** Es el transporte de los materiales a una distancia mayor a la del acarreo libre y se obtiene multiplicando el volumen a mover por la distancia que hay del centro de gravedad del corte al centro de gravedad del terraplén; de acuerdo a la distancia que se tenga que mover se puede hacer con camión o maquinaria.

- c. **Préstamo lateral.-** La diferencia que se necesite para formar un terraplén al no compensarlo con un corte requerirá de un volumen adicional, denominado préstamo que se obtendrá de la parte lateral del camino.

- d. **Préstamo de banco.-** Se presenta en las mismas condiciones que el anterior solo que por la calidad del material o por no encontrarlo sobre el camino se utilizara de un lugar especial según convenga, por lo general este acarreo se realiza con camiones.





5.2. DIAGRAMA DE MASAS.

La curva masa busca el equilibrio para la calidad y economía de los movimientos de tierras, además es un método que indica el sentido del movimiento de los volúmenes excavados, la cantidad y la localización de cada uno de ellos.

Las ordenadas de la curva resultan de sumar algebraicamente a una cota arbitraria inicial el valor del volumen de un corte con signo positivo y el valor del terraplén con signo negativo; como ábsidas se toma el mismo cadenamiento utilizado en el perfil.

Los volúmenes se corrigen aplicando un coeficiente de abundamiento a los cortes o aplicando un coeficiente de reducción para el terraplén.

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

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





5.3.DIBUJO DE LA CURVA MASA.

Se dibuja la curva masa con las ordenadas en el sentido vertical y las ábsidas en el sentido horizontal utilizando el mismo dibujo del perfil. Cuando esta dibujada la curva se traza la compensadora que es una línea horizontal que corta la curva en varios puntos.

Podrán dibujarse diferentes alternativas de línea compensadora para mejorar los movimientos, teniendo en cuenta que se compensan mas los volúmenes cuando la misma línea compensadora corta mas veces la curva, pero algunas veces el querer compensar demasiado los volúmenes, provoca acarreo muy largos que resultan mas costosos que otras alternativas.

El sobre acarreo se expresa en:

M3 – Estación cuando no pase de 100 metros, la distancia del centro de gravedad del corte al centro de gravedad del terraplén con la resta del acarreo.

M3 – Hectómetro a partir de 100 metros, de distancia y menos de 500 metros.

M3 – Hectómetro adicional, cuando la distancia de sobre acarreo varia entre los 500 y 2000 metros.

M3 – Kilómetro, cuando la distancia entre los centros de gravedad excede los 2000 metros.

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

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

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



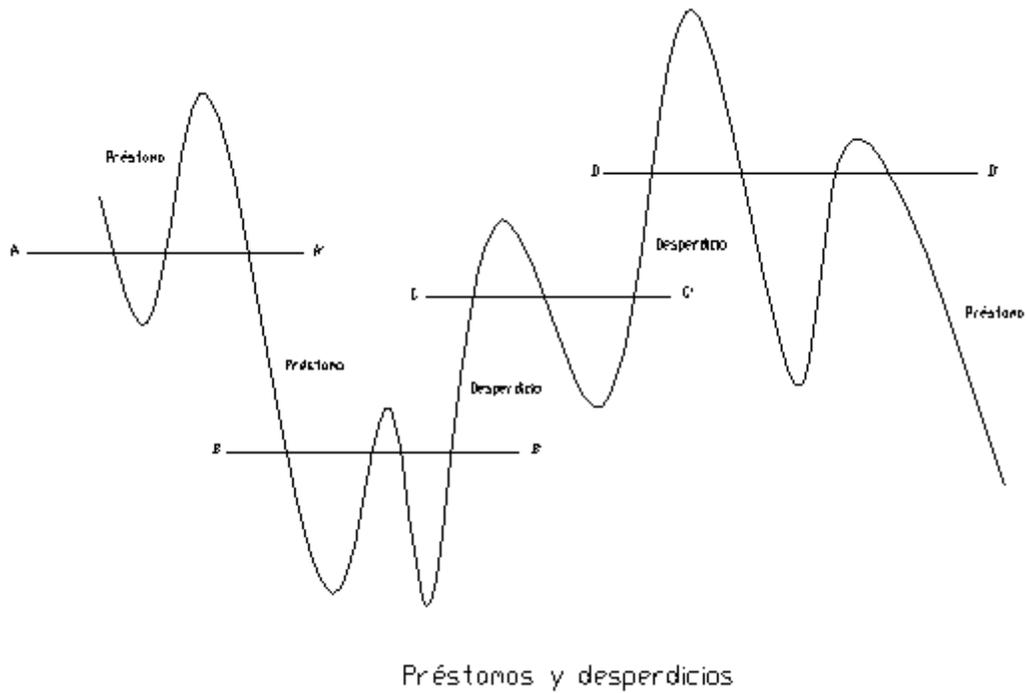


Figura 2.15 Representación de la OCM, préstamos y desperdicios.

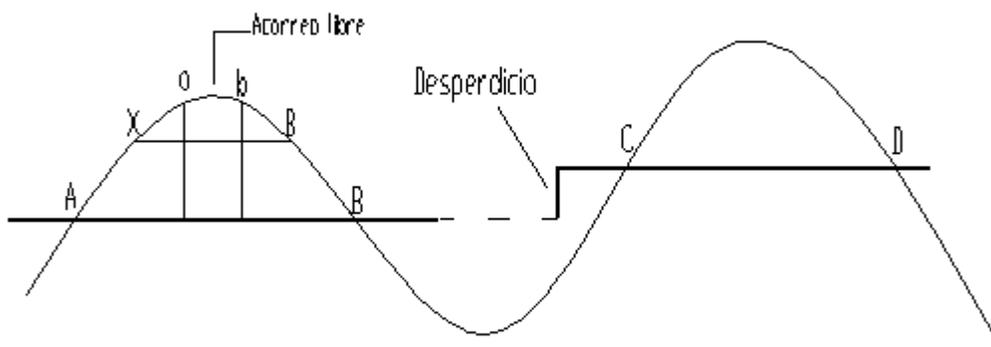


Figura 2.16 Representación de la OCM, préstamos y desperdicios.





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

Determinación del sobre acarreo: Se traza una línea en la parte media de la línea horizontal compensadora y la línea horizontal de acarreo libre.

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

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

Propiedades de la curva masa:

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





5.4.ORDENADA DE CURVA MASA.

A continuación podemos observar la forma en que se realiza el cálculo de la ordenada de curva masa, en la cual se realizo el cálculo de los primeros doscientos metros de nuestro camino.

El hecho de observar en la tabla que las cantidades de la elevación de la subrasante, las cotas de la tangente vertical y la elevación del terreno son los mismos, es al hecho de que al principio de nuestro camino, estas tres coinciden en el mismo punto.

En la casilla de corrección de la curva vertical, se alojan las cantidades de corrección en curva, como se observa en el cálculo anterior de la curva vertical, solo que hasta estos doscientos metros no se encuentra ninguna corrección.

Al igual que la corrección de la curva vertical, los espesores de corte y terraplén, se ubican en cero hasta este punto.

Las áreas de corte y terraplén son obtenidas del cálculo anterior de las áreas de secciones.

En la última casilla de O.C.M. se da un valor arbitrario y se restan o suman los valores de corte o terraplén.





COORDENADA INICIAL DE CURVA MASA			10,000.00		AREAS							VOLUMENES							RESUMEN (ORDENADAS DE LA CURVA MASA)			
SECCION ES DE TN LEVANTA DAS EN CAMPO	ELEVACIONES		ESPESOR ES		DESPALM E		C	I	SB	BH	CA	Factor de abundamiento en corte	SEMI- DISTANCIA	DESPALME		C	I	SB			BH	CA
	TN	SUBRASANT E	C	T	DC	DT								DC	DT							
3+903.490	2134.572	2134.607	0.00	0.04	1.09	0.35	0.64	0.80	2.16	1.28	0.30	1.00	1.75	3.50	1.63	1.62	3.64	4.00	2.24	6.38	3+903.490	10,198.63
3+920.000	2133.314	2133.389	0.00	0.08	0.00	1.24	0.00	2.06	2.16	1.28	0.30	1.00	8.25	9.00	13.11	5.27	23.55	35.60	21.17	4.97	3+920.000	10,180.35
3+935.923	2132.185	2132.215	0.00	0.03	0.39	0.77	0.00	1.20	2.16	1.28	0.30	1.00	7.96	3.12	15.95	0.00	25.89	34.34	20.42	4.80	3+935.923	10,154.46
3+940.000	2131.916	2131.908	0.01	0.00	0.36	0.81	0.00	1.27	0.14	0.00	3.35	1.00	2.04	1.52	3.22	0.00	5.02	4.68	2.61	7.45	3+940.000	10,149.44
3+942.423	2131.760	2131.721	0.04	0.00	1.04	0.32	0.15	0.78	0.00	3.35	0.25	1.00	1.21	1.69	1.37	0.18	2.48	0.17	4.06	4.36	3+942.423	10,147.13
3+948.923	2131.288	2131.198	0.09	0.00	1.42	0.07	0.68	0.50	0.00	3.57	0.25	1.00	3.25	7.98	1.27	2.69	4.14	0.00	22.51	1.60	3+948.923	10,145.68
3+955.423	2130.802	2130.648	0.15	0.00	1.74	0.00	1.10	0.26	0.00	3.79	0.25	1.00	3.25	10.28	0.23	5.79	2.47	0.00	23.94	1.60	3+955.423	10,149.00
3+960.000	2130.389	2130.244	0.15	0.00	1.41	0.29	0.37	0.99	0.00	3.79	0.25	1.00	2.29	7.22	0.67	3.36	2.87	0.00	17.36	1.12	3+960.000	10,149.49
3+978.185	2128.381	2128.501	0.00	0.12	0.64	1.02	1.09	2.00	0.00	3.79	0.25	1.00	9.09	18.70	11.94	13.23	27.20	0.01	68.98	4.47	3+978.185	10,135.52
3+980.000	2128.140	2128.319	0.00	0.18	0.52	1.13	0.67	2.54	0.00	3.73	0.25	1.00	0.91	1.05	1.95	1.59	4.11	0.00	6.83	0.45	3+980.000	10,133.00
3+984.685	2127.715	2127.849	0.00	0.13	0.49	1.07	0.52	2.07	0.00	3.57	0.25	1.00	2.34	2.35	5.16	2.80	10.78	0.00	17.11	1.15	3+984.685	10,125.02
3+991.185	2127.177	2127.213	0.00	0.04	1.23	0.56	1.54	1.03	0.00	3.35	0.25	1.00	3.25	5.57	5.30	6.71	10.07	0.00	22.51	1.60	3+991.185	10,121.65
3+997.685	2126.680	2126.671	0.01	0.00	1.27	0.46	2.97	0.87	2.16	1.28	0.30	1.00	3.25	8.10	3.32	14.65	6.19	7.01	15.07	1.78	3+997.685	10,130.11
4+000.000	2126.459	2126.502	0.00	0.04	1.00	0.72	2.83	1.13	2.16	1.28	0.30	1.00	1.16	2.62	1.37	6.71	2.31	4.99	2.97	0.70	4+000.000	10,134.51
4+010.948	2125.864	2125.882	0.00	0.02	0.79	0.79	1.62	1.18	2.16	1.28	0.30	1.00	5.47	9.79	8.28	24.33	12.61	23.61	14.04	3.30	4+010.948	10,146.24
4+017.448	2125.536	2125.580	0.00	0.04	0.59	0.91	0.44	1.45	0.00	3.35	0.25	1.00	3.25	4.47	5.53	6.67	8.54	7.01	15.07	1.78	4+017.448	10,144.37
4+020.000	2125.421	2125.461	0.00	0.04	0.71	0.78	0.43	1.44	0.00	3.44	0.25	1.00	1.28	1.65	2.15	1.11	3.69	0.00	8.67	0.63	4+020.000	10,141.79
4+023.948	2125.250	2125.278	0.00	0.03	0.67	0.86	0.33	1.94	0.00	3.57	0.25	1.00	1.97	2.72	3.24	1.51	6.67	0.00	13.85	0.97	4+023.948	10,136.63
4+030.448	2124.971	2124.976	0.00	0.01	0.44	1.04	0.17	1.56	0.00	3.79	0.25	1.00	3.25	3.60	6.17	1.65	11.35	0.00	23.94	1.60	4+030.448	10,126.92
4+040.000	2124.602	2124.532	0.07	0.00	1.66	0.00	0.74	0.91	0.00	3.79	0.25	1.00	4.78	10.00	4.95	4.38	11.76	0.01	36.23	2.35	4+040.000	10,119.54
4+060.000	2123.476	2123.501	0.00	0.03	0.85	0.78	0.60	1.33	0.00	3.79	0.25	1.00	10.00	25.08	7.83	13.40	22.35	0.01	75.87	4.91	4+060.000	10,110.59
4+080.000	2121.802	2121.735	0.07	0.00	1.66	0.00	0.23	0.77	0.00	3.79	0.25	1.00	10.00	25.12	7.83	8.24	21.02	0.01	75.87	4.91	4+080.000	10,097.81
4+084.831	2121.297	2121.204	0.09	0.00	1.67	0.00	0.38	0.35	0.00	3.79	0.25	1.00	2.42	8.03	0.00	1.45	2.71	0.00	18.32	1.19	4+084.831	10,096.55
4+091.331	2120.595	2120.489	0.11	0.00	1.65	0.00	0.46	0.45	0.00	3.57	0.25	1.00	3.25	10.79	0.00	2.71	2.60	0.00	23.94	1.60	4+091.331	10,096.66
4+097.831	2119.891	2119.775	0.12	0.00	1.52	0.00	0.19	0.59	0.00	3.35	0.25	1.00	3.25	10.32	0.00	2.09	3.39	0.00	22.51	1.60	4+097.831	10,095.36
4+100.000	2119.654	2119.536	0.12	0.00	1.29	0.05	0.11	0.59	0.14	0.00	3.35	1.00	1.08	3.05	0.06	0.32	1.29	0.15	3.64	3.90	4+100.000	10,094.38
4+104.331	2119.090	2119.060	0.03	0.00	1.52	0.00	0.17	0.74	2.16	1.28	0.30	1.00	2.17	6.07	0.11	0.60	2.89	4.97	2.78	7.91	4+104.331	10,092.10
4+106.301	2118.825	2118.843	0.00	0.02	1.27	0.25	0.17	0.99	2.16	1.28	0.30	1.00	0.99	2.75	0.24	0.34	1.71	4.25	2.53	0.59	4+106.301	10,090.73
4+108.801	2118.572	2118.568	0.00	0.00	1.52	0.00	0.14	1.07	0.00	3.35	0.25	1.00	1.25	3.49	0.31	0.38	2.58	2.70	5.79	0.68	4+108.801	10,088.53
4+111.301	2118.324	2118.293	0.03	0.00	1.23	0.21	0.14	1.14	0.00	3.57	0.25	1.00	1.25	3.44	0.27	0.35	2.76	0.00	8.66	0.62	4+111.301	10,086.12
4+113.801	2118.061	2118.018	0.04	0.00	0.99	0.73	0.47	1.89	0.00	4.15	0.25	1.00	1.25	2.78	1.18	0.76	3.79	0.00	9.65	0.61	4+113.801	10,083.09
4+120.000	2117.394	2117.337	0.06	0.00	1.16	0.16	0.00	0.91	0.00	3.79	0.25	1.00	3.10	6.67	2.77	1.45	8.69	0.00	24.61	1.52	4+120.000	10,075.85
4+140.000	2115.366	2115.321	0.04	0.00	1.03	0.39	0.00	1.59	0.00	3.79	0.25	1.00	10.00	21.87	5.50	0.00	25.05	0.01	75.87	4.91	4+140.000	10,050.80
4+146.253	2114.815	2114.765	0.05	0.00	1.51	0.16	0.64	0.90	0.00	3.79	0.25	1.00	3.13	7.92	1.72	2.00	7.81	0.00	23.72	1.54	4+146.253	10,044.98
4+152.753	2114.321	2114.222	0.10	0.00	1.67	0.00	3.06	0.07	0.00	3.57	0.25	1.00	3.25	10.33	0.53	12.03	3.18	0.00	23.94	1.60	4+152.753	10,053.83
4+159.253	2113.856	2113.717	0.14	0.00	1.53	0.00	1.13	0.02	0.00	3.35	0.25	1.00	3.25	10.40	0.00	13.62	0.31	0.00	22.51	1.60	4+159.253	10,067.14
4+160.000	2113.802	2113.662	0.14	0.00	1.52	0.00	0.77	0.14	0.00	3.35	0.25	1.00	0.37	1.14	0.00	0.71	0.06	0.00	2.50	0.18	4+160.000	10,067.79
4+165.753	2113.389	2113.250	0.14	0.00	1.78	0.00	2.16	0.11	2.16	1.28	0.30	1.00	2.88	9.49	0.00	8.43	0.73	6.20	13.34	1.58	4+165.753	10,075.49
4+166.007	2113.380	2113.232	0.15	0.00	1.77	0.00	2.12	0.03	2.16	1.28	0.30	1.00	0.13	0.45	0.00	0.54	0.02	0.55	0.33	0.08	4+166.007	10,076.01
4+166.222	2113.383	2113.217	0.17	0.00	1.77	0.00	1.94	0.02	0.00	3.35	0.25	1.00	0.11	0.38	0.00	0.44	0.01	0.23	0.50	0.06	4+166.222	10,076.44
4+166.437	2113.385	2113.202	0.18	0.00	1.81	0.00	2.06	0.02	0.00	3.51	0.25	1.00	0.11	0.38	0.00	0.43	0.01	0.00	0.74	0.05	4+166.437	10,076.87
4+167.222	2113.394	2113.149	0.24	0.00	1.86	0.00	2.85	0.00	3.29	2.48	0.25	1.00	0.39	1.44	0.00	1.93	0.01	1.29	2.35	0.19	4+167.222	10,078.78
4+180.000	2112.425	2112.356	0.07	0.00	1.35	0.51	0.84	1.04	0.00	4.07	0.25	1.00	6.39	20.55	3.25	23.56	6.65	21.06	41.81	3.14	4+180.000	10,095.69
4+200.000	2111.124	2111.221	0.00	0.10	1.11	0.79	1.40	1.95	0.00	4.07	0.25	1.00	10.00	24.64	13.00	22.35	29.86	0.04	81.37	4.91	4+200.000	10,088.18





COORDENADA INICIAL DE CURVA MASA			10,000.00		AREAS							VOLUMENES							RESUMEN (ORDENADAS DE LA CURVA MASA)			
SECCIONES DE TALENTAS EN CAMPO	ELEVACIONES		ESPESORES		DESALMILM		C	I	SB	BH	CA	Factor de abundamiento en corte	SEMI-DISTANCIA	DESALMILM		C	I	SB			BH	CA
	TN	SUBRASANTE	C	T	DC	DT								DC	DT							
4+220.000	2110.345	2110.086	0.26	0.00	1.55	0.46	4.00	1.23	0.00	4.07	0.25	1.00	10.00	26.64	12.47	53.93	31.74	0.04	81.37	4.91	4+220.000	10,110.37
4+240.000	2109.059	2108.951	0.11	0.00	1.64	0.35	6.53	0.80	0.00	4.07	0.25	1.00	10.00	31.93	8.10	105.27	20.27	0.04	81.37	4.91	4+240.000	10,195.37
4+252.377	2108.911	2108.248	0.66	0.00	1.76	0.16	12.73	0.29	0.00	4.07	0.25	1.00	6.19	21.02	3.15	119.21	6.72	0.02	50.36	3.04	4+252.377	10,307.86
4+260.000	2108.218	2107.816	0.40	0.00	1.97	0.00	8.35	0.01	0.00	3.52	0.25	1.00	3.81	14.21	0.59	80.36	1.15	0.01	28.94	1.87	4+260.000	10,387.08
4+260.227	2108.182	2107.803	0.38	0.00	1.97	0.00	8.27	0.01	0.00	3.51	0.25	1.00	0.11	0.45	0.00	1.89	0.00	0.00	0.80	0.06	4+260.227	10,388.96
4+262.377	2108.038	2107.679	0.36	0.00	1.96	0.00	6.39	0.05	0.00	3.35	0.25	1.00	1.08	4.23	0.00	15.77	0.06	0.00	7.38	0.53	4+262.377	10,404.66
4+264.528	2107.997	2107.554	0.44	0.00	1.91	0.00	8.98	0.01	2.16	1.28	0.30	1.00	1.08	4.17	0.00	16.53	0.06	2.32	4.98	0.59	4+264.528	10,421.13
4+280.000	2106.987	2106.585	0.40	0.00	1.46	0.00	5.59	0.01	2.16	1.28	0.30	1.00	7.74	26.13	0.00	112.68	0.21	33.37	19.84	4.66	4+280.000	10,533.60
4+289.718	2107.528	2105.918	1.61	0.00	1.51	0.00	13.33	0.01	2.16	1.28	0.30	1.00	4.86	14.44	0.00	91.92	0.14	20.96	12.46	2.93	4+289.718	10,625.38
4+294.518	2106.531	2105.572	0.96	0.00	1.54	0.00	7.83	0.01	0.00	3.35	0.25	1.00	2.40	7.32	0.00	50.78	0.07	5.18	11.13	1.31	4+294.518	10,676.10
4+299.318	2105.721	2105.216	0.51	0.00	1.61	0.00	4.23	0.01	0.00	3.58	0.25	1.00	2.40	7.57	0.00	28.95	0.07	0.00	16.65	1.18	4+299.318	10,704.98
4+300.000	2105.664	2105.164	0.50	0.00	1.62	0.00	4.09	0.01	0.00	3.62	0.25	1.00	0.34	1.10	0.00	2.84	0.01	0.00	2.46	0.17	4+300.000	10,707.81
4+318.518	2103.789	2103.697	0.09	0.00	2.05	0.00	3.05	0.41	0.00	4.51	0.25	1.00	9.26	34.02	0.00	66.05	3.96	0.02	75.24	4.55	4+318.518	10,769.90
4+320.000	2103.643	2103.578	0.07	0.00	1.95	0.01	1.57	0.41	0.00	4.51	0.25	1.00	0.74	2.97	0.01	3.42	0.61	0.00	6.68	0.36	4+320.000	10,772.71
4+340.000	2101.593	2101.969	0.00	0.38	0.77	1.17	1.14	4.23	0.00	4.51	0.25	1.00	10.00	27.22	11.82	27.14	46.37	0.04	90.17	4.91	4+340.000	10,753.48
4+346.921	2101.139	2101.412	0.00	0.27	0.95	1.06	1.77	3.37	0.00	4.51	0.25	1.00	3.46	5.94	7.70	10.08	26.31	0.01	31.20	1.70	4+346.921	10,737.26
4+360.000	2100.591	2100.359	0.23	0.00	1.45	0.41	2.45	1.02	0.00	3.88	0.25	1.00	6.54	15.65	9.61	27.59	28.72	0.02	54.85	3.21	4+360.000	10,736.12
4+366.121	2099.941	2099.871	0.07	0.00	2.04	0.00	3.03	0.35	0.00	3.58	0.25	1.00	3.06	10.67	1.27	16.76	4.18	0.00	22.84	1.50	4+366.121	10,748.71
4+370.921	2099.643	2099.504	0.14	0.00	2.05	0.00	4.06	0.13	0.00	3.35	0.25	1.00	2.40	9.82	0.00	17.02	1.16	0.00	16.65	1.18	4+370.921	10,764.57
4+375.721	2099.346	2099.155	0.19	0.00	2.18	0.00	6.36	0.05	2.16	1.28	0.30	1.00	2.40	10.16	0.00	25.01	0.44	5.18	11.13	1.31	4+375.721	10,789.14
4+380.000	2099.028	2098.858	0.17	0.00	2.22	0.00	3.01	0.05	2.16	1.28	0.30	1.00	2.14	9.41	0.00	20.06	0.22	9.23	5.49	1.29	4+380.000	10,808.98
4+400.000	2097.928	2097.631	0.30	0.00	1.72	0.00	2.89	0.04	2.16	1.28	0.30	1.00	10.00	39.39	0.00	59.04	0.90	43.13	25.65	6.02	4+400.000	10,867.13
4+418.195	2096.301	2096.572	0.00	0.27	0.42	1.07	0.41	2.53	2.16	1.28	0.30	1.00	9.10	19.50	9.70	30.01	23.39	39.24	23.34	5.48	4+418.195	10,873.75
4+420.000	2096.369	2096.467	0.00	0.10	0.71	0.76	0.51	1.35	0.14	0.00	3.35	1.00	0.90	1.02	1.65	0.83	3.51	2.07	1.16	3.30	4+420.000	10,871.07
4+424.595	2096.722	2096.202	0.52	0.00	1.75	0.00	4.77	0.03	0.00	3.35	0.25	1.00	2.30	5.67	1.75	12.12	3.19	0.32	7.70	8.27	4+424.595	10,880.01
4+430.995	2095.948	2095.871	0.08	0.00	1.35	0.24	1.17	0.61	0.00	3.51	0.25	1.00	3.20	9.95	0.77	18.99	2.04	0.00	21.95	1.58	4+430.995	10,896.95
4+440.000	2095.453	2095.486	0.00	0.03	1.80	0.18	3.12	0.42	0.00	3.59	0.25	1.00	4.50	14.19	1.88	19.29	4.62	0.00	31.97	2.21	4+440.000	10,911.62
4+456.595	2095.029	2095.025	0.00	0.00	1.10	0.64	1.60	1.50	0.00	3.99	0.25	1.00	8.30	24.03	6.78	39.10	15.95	0.02	62.96	4.08	4+456.595	10,934.77
4+460.000	2094.965	2094.970	0.00	0.01	1.53	0.20	2.74	0.57	0.00	4.12	0.25	1.00	1.70	4.48	1.44	7.38	3.53	0.01	13.82	0.84	4+460.000	10,938.62
4+480.000	2094.780	2094.741	0.04	0.00	1.15	0.56	1.13	1.20	0.00	4.12	0.25	1.00	10.00	26.79	7.63	38.66	17.77	0.04	82.47	4.91	4+480.000	10,959.51
4+500.000	2094.850	2094.722	0.13	0.00	1.30	0.37	1.63	0.75	0.00	4.12	0.25	1.00	10.00	24.49	9.34	27.55	19.59	0.04	82.47	4.91	4+500.000	10,967.47
4+509.927	2094.822	2094.806	0.02	0.00	1.09	0.62	1.44	1.45	0.00	4.12	0.25	1.00	4.96	11.86	4.92	15.23	10.94	0.02	40.93	2.44	4+509.927	10,971.76
4+513.927	2094.863	2094.840	0.02	0.00	0.96	0.45	0.15	1.04	0.00	3.51	0.25	1.00	2.00	4.10	2.14	3.19	4.99	0.00	15.26	0.98	4+513.927	10,969.96
4+514.927	2094.878	2094.849	0.03	0.00	1.55	0.00	0.24	0.86	0.00	3.35	0.25	1.00	0.50	1.25	0.23	0.20	0.95	0.00	3.43	0.25	4+514.927	10,969.21
4+515.927	2094.893	2094.857	0.04	0.00	1.57	0.00	0.31	0.63	2.16	1.28	0.30	1.00	0.50	1.56	0.00	0.27	0.75	1.08	2.32	0.27	4+515.927	10,968.73
4+518.575	2094.931	2094.880	0.05	0.00	1.56	0.00	0.34	0.49	2.16	1.28	0.30	1.00	1.32	4.15	0.00	0.86	1.49	5.71	3.40	0.80	4+518.575	10,968.11
4+520.000	2094.952	2094.892	0.06	0.00	1.56	0.00	0.30	0.56	0.00	3.35	0.25	1.00	0.71	2.22	0.00	0.46	0.75	1.54	3.30	0.39	4+520.000	10,967.82
4+520.175	2094.954	2094.893	0.06	0.00	1.55	0.00	0.29	0.57	0.00	3.35	0.25	1.00	0.09	0.27	0.00	0.05	0.10	0.00	0.59	0.04	4+520.175	10,967.77
4+521.775	2094.977	2094.907	0.07	0.00	1.37	0.05	0.21	0.62	0.00	3.55	0.25	1.00	0.80	2.34	0.04	0.41	0.95	0.00	5.52	0.39	4+521.775	10,967.23
4+524.175	2095.012	2094.928	0.08	0.00	1.21	0.47	1.30	0.97	0.00	4.00	0.25	1.00	1.20	3.09	0.63	1.82	1.90	0.00	9.06	0.59	4+524.175	10,967.15
4+540.000	2095.188	2095.104	0.08	0.00	1.30	0.26	0.70	0.62	0.00	3.85	0.25	1.00	7.91	19.80	5.74	15.83	12.56	0.02	62.08	3.89	4+540.000	10,970.42
4+560.000	2095.461	2095.414	0.05	0.00	1.24	0.26	0.17	0.91	0.00	3.85	0.25	1.00	10.00	25.39	5.19	8.70	15.32	0.01	76.97	4.91	4+560.000	10,963.80
4+580.000	2095.869	2095.816	0.05	0.00	1.31	0.20	0.16	1.08	0.00	3.85	0.25	1.00	10.00	25.57	4.58	3.29	19.91	0.01	76.97	4.91	4+580.000	10,947.18

Tabla 2.15 Cálculo de la Ordenada de Curva-Masa





6. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL TRAMO EN RECONSTRUCCION.

6.1. TERRACERIAS

En los tramos donde el alineamiento horizontal y vertical no cumpla con las normas para la S.C.T., se recomienda realizar cortes y terraplenes en los espesores mínimos. En los cortes se deberá considerar el abatimiento del talud, el cual no deberá ser mayor a 1:0.5. Los terraplenes tendrán un talud de 1:1.5.

En las zonas donde el alineamiento sea adecuado y la actual superficie de rodamiento tenga un ancho menor a 8 metros, se recomienda realizar escalones de liga, los cuales deberán ser conformados en capas no mayores de 30 cms de espesor compacto al 90% de P.V.S.M. AASHTO Estándar.

En casos de encontrar zonas inestables, se procederá a retirar el material saturado sustituyéndose por roca fragmentada, construyéndose de acuerdo a las especificaciones particulares señaladas para la capa de subrasante, la cual deberá construirse en capas no mayores a 30 cms aplicando la misma especificación particular en la formación de terraplenes.

Una vez que la superficie actual de rodamiento tenga el ancho de desplante de la capa de subrasante se procederá a construir una capa reniveladota de espesor variable en la actual superficie de rodamiento.

7.2 SUB-BASE

Posteriormente se construirán la capa de subbase hidráulica de 30cms de espesor, para lo cual se empleará roca fragmentada (filtro) procedente del banco joyitas o similar, dicho material deberá ser suministrado, tendido y compactado para asegurar su máximo acomodo. Dicho material deberá tener un índice de plasticidad menor que 10 y de tamaño máximo de 3 pulgadas.





7.3BASE HIDRAULICA.-

Se construirá una capa de base hidráulica de 20 cms de espesor mínimo compactado al 95% de su P.V.S.M. Porter. Para la construcción de dicha capa se recomienda emplear una mezcla 85% de tezontle inerte procedente de banco cerritos y un 15% de tepetate de grano procedente del banco el Aga, el cual se le deberá aplicar un tratamiento de disgregado y cribado a tamaño máximo de 2 pulgadas.

El material de base deberá tener un valor relativo del 100% de la prueba Porter saturada.

7.4RIEGO DE IMPREGNACION.-

Con el objeto de proteger la capa de base hidráulica se aplicara un riego de impregnación con emulsión asfáltica del tipo rompimiento lento elaborada con cemento asfáltico AC-5, a razón de 1.8lts/m². Protegiéndolo con un poreo con arena, procedente del banco de cerritos a razón de 5lts/m².

7.5CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO.-

Se construirá una carpeta de concreto asfáltico de 5cm de espesor compacto al 95% de su P.V.M. Marshall. Para la construcción de la carpeta de concreto asfáltico se recomienda emplear material pétreo de la trituradora tarasca, al cual se deberá aplicar un tratamiento de triturado parcial y cribado al tamaño máximo de 3/4pulgadas. La mezcla asfáltica deberá tener un 25% como máximo de desprendimiento por fricción y un 90% como mínimo de cubrimiento.

El cemento AC-20 empleado en la elaboración de la carpeta deberá ser mezclado a una temperatura de 130° a 160°C, seleccionándose la mas baja posible pero que a su vez sea lo suficientemente alta para obtener una mezcla uniforme, en cuanto a la temperatura de inicio de compactación se recomienda que sea dentro del rango de 140° a 150°C, hasta lograr obtener la compactación optima en el menor tiempo posible. El tendido de la carpeta será con finisher y para la compactación se contará con un equipo neumático y rodillo vibratorio liso los cuales deberán emplearse de manera alternada a una velocidad no mayor de 5km/h.

Previamente a la construcción de la carpeta asfáltica, se deberá barrer la superficie de la base hidráulica impregnada, para posteriormente aplicarle un riego de liga a razón de 0.6lts/m², con una emulsión del tipo de rompimiento rápido elaborado con cemento asfáltico AC-20.





FOTO 1 Y 2 PREPARACION DE LA TERRACERIA.



FOTO 3 Y 4 ESCALON DE LIGA.





FOTO 5 Y 6 SUMINISTRO Y COLOCACION DE MATERIAL DE BANCO FILTRO PARA LA CAPA DE SUBBASE





FOTO 7 Y 8 TAPONAMIENTO EN LA CAPA DE FILTRO.





FOTO 9 Y 10 SUMINISTRO Y COLOCACION DE LA CAPA DE BASE.





FOTO 11 Y 12 IMPREGNACION Y CUNETAS





FOTO 13 Y 14 CARPETA TERMINADA Y FUNCIONAL





BIBLIOGRAFIA

1. RICO RODRIGUEZ ALFONSO Y DEL CASTILLO HERMILO, 1996, “LA INGENIERIA DE SUELOS EN LAS VIAS TERRESTRES VOLUMEN 2”, EDITORIAL LIMUSA.
2. OLIVERA BUSTAMANTE FERNANDO, 1996, “ESTRUCTURACION DE LAS VIAS TERRESTRES”, EDITORIAL CECSA.
3. **www.camineros.com**
4. WRIGHT PAUL H. Y PAQUETTE RADNOR J., 1993, “INGENIERIA DE CARRETERAS”, EDITORIAL LIMUSA
5. **www.inegi.gob.mx**
6. **http://caminos.construaprende.com/entrada/Tesis1/cap1/pl_2.php**
7. BAÑON BLAZQUEZ LUIS & BEVIA GARCIA JOSE F., 1999, “MANUAL DE CARRETERAS” EDITORIAL ESPAÑOLA.

