

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE VIAS TERRESTRES



MEMORIA

**COMPENDIO DE PROYECTOS Y ESTUDIOS DE VÍAS  
TERRESTRES EN EXPERIENCIA Y PRÁCTICA  
PROFESIONAL**

DOCUMENTO SOMETIDO AL DEPARTAMENTO DE VÍAS TERRESTRES DE  
LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

EN LA MODALIDAD DE EXPERIENCIA Y PRÁCTICA PROFESIONAL

AUTOR:

JUAN ANTONIO MAGAÑA HERNANDEZ

ASESOR:

MAESTRO EN INGENIERIA  
JULIO ALEJANDRO CHÁVEZ CÁRDENAS

CO-ASESOR:

DOCTOR EN INGENIERIA  
MARIO SALAZAR AMAYA

MORELIA MICHOACAN, NOVIEMBRE DE 2013

## RESUMEN

Desde la antigüedad el hombre ha desarrollado caminos para ser usados en actividades comerciales, bélicas y religiosas, siendo notables las civilizaciones persa, china y egipcia por su avanzado sentido técnico, sin embargo los romanos desarrollaron una técnica tan adelantada a su época que perduro cerca de 2000 años.

En la actualidad una de las principales obras de infraestructura son las carreteras, detonante indiscutible para el desarrollo de una región o un país.

El diseño de caminos implica la asociación de varios especialistas en diferentes disciplinas tales como Geotecnia, Topografía, Hidrología, Aerofotogrametría e Ingeniería de tránsito entre otros y que conjuntamente con los ingenieros de proyecto generan los documentos técnicos necesarios para la construcción de estas obras, apegados a la normatividad respectiva y vigente de los organismos rectores.

En nuestro país el proyecto de estas obras de infraestructura está reglamentado por la SCT (Secretaria de Comunicaciones Transportes) encargándose además de la aprobación de todas aquellas propuestas desarrolladas por particulares.

El estudio y proyecto de un camino en el caso de licitaciones de SCT está integrado por los siguientes conceptos: Levantamiento topográfico, estudio geotécnico, proyecto constructivo de terracerías, proyecto constructivo de drenaje menor, proyecto de pavimentos, proyecto de señalamiento, proyecto constructivo de muros, proyecto de obra inducida y catalogo de conceptos.

Para el caso del Proyecto constructivo de terracerías nos apoyamos en herramientas de computadora para el estudio de alineamientos (horizontal y vertical) tendientes a obtener movimientos de tierra óptimos. Para tales fines usamos programas como; AutoCAD, Microstation, WILDsoft RDEV, InRoads, AutoCAD Land Development Desktop, AutoCAD Civil 3D y CM-SCT-V23. Siendo este ultimo el programa oficial de SCT para la presentación de proyecto geométrico definitivo.

En una trayectoria de más de 20 años con desempeño principalmente en el diseño y proyecto de caminos, participamos en las siguientes empresas: Desarrollo de Vías Terrestres S. A. de C.V., Triturados Basálticos y Derivados S. A. de C.V., Ingeniería Geotécnica y Construcción S. A. de C.V., Parque Ecológico Habitacional Paraíso Escondido S.A.de C.V., Cesaren 2003 S.A. de C.V., Grupo GADOL S.A. de C.V., Construcciones y Obras Civiles S. A., NOLTE de México S.A. de C.V. y GARF Ingeniería S.A. de C.V.

## ABSTRACT

Since ancient times man has developed roads that were used in commercial, military and religious activities, with the notable development of Persian, Chinese and Egyptian civilizations for its advanced technical sense about it, however the Romans developed ways so ahead of its time that lasted about 2000 years.

At present roads infrastructure are indisputable trigger for the development of a region or a country.

The road design involves the association of several specialists in different disciplines such as Geotechnics, Topography, Hydrology, Aerophotogrammetry and Engineering transit among others and together with project engineers generate technical documents necessary for the construction of these works, attached of the respective governing bodies regulations.

In our country the project of this infrastructure is regulated by the SCT (Ministry of Communications and Transport) in addition to the approval of all proposals developed by individuals in charge.

The study and design of a road in the case of procurement of SCT is composed of the following items: topographical surveys, geotechnical engineering study, construction design of earthworks project , construction design of minor drainage project, project of paving, signage project, construction design of walls , induced draft and concepts catalog work.

In the case of the construction of earthworks project we rely on computer tools for the study of survey alignments (horizontal and profile) aimed at obtaining optimum land movement. For this purpose we use programs like; AutoCAD, Microstation, Wildsoft RDEV, InRoads, AutoCAD Land Development Desktop, AutoCAD Civil 3D and CM-V23-SCT. The latter being the official program for the SCT final geometric presentation project.

In a career spanning over 20 years with performance primarily in the design and proposed of roads, I participated in the following companies: Desarrollo de Vías Terrestres S. A. de C.V., Triturados Basálticos y Derivados S. A. de C.V., Ingeniería Geotécnica y Construcción S. A. de C.V., Parque Ecológico Habitacional Paraíso Escondido S.A.de C.V., Cesaren 2003 S.A. de C.V., Grupo GADOL S.A. de C.V., Construcciones y Obras Civiles S. A., NOLTE de México S.A. de C.V. and GARF Ingeniería S.A. de C.V.

PALABRAS CLAVE

COMPENDIO PROYECTOS VIAS TERRESTRES

INDICE

I	INTRODUCCION.....	7
II	ANTECEDENTES.....	12
III	GENERALIDADES SOBRE ESTUDIOS PARA EL PROYECTO DE CARRETERAS.....	23
III.1	ESTUDIO DE INGENIERÍA DE TRANSITO.....	23
III.1.1	Elementos de tránsito.....	23
III.1.2	Alternativas de solución sobre impacto económico.....	24
III.1.3	Volúmenes de transito.....	24
III.1.4	Aforos.....	25
III.1.5	Estudio de origen y destino.....	26
III.1.6	Previsión de transito.....	26
III.1.7	Capacidad y nivel de servicio.....	27
III.2	ESTUDIO FOTOGRAMETRICO.....	28
III.2.1	Plan de vuelo.....	29
III.2.2	Control terrestre.....	30
III.2.3	Fotografías aéreas.....	32
III.2.4	Restitución fotogramétrica.....	34
III.3	ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	36
III.3.1	Trabajos previos.....	36
III.3.2	Estudio topográfico para el proyecto preliminar de carreteras.....	36
III.3.3	Estudio topográfico para el proyecto definitivo de carreteras.....	38
III.4	ESTUDIO GEOLOGICO.....	40
III.4.1	Clasificación de estudios geológicos.....	41
III.4.2	Recopilación de información.....	42
III.4.3	Análisis de la información previa.....	42
III.4.4	Levantamiento geológico.....	43

III.4.5	Modelo geológico.....	46
III.4.6	Estudio de geotecnia.....	46
III.5	ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	50
III.5.1	Recopilación de datos.....	50
III.5.2	Trabajos de campo.....	51
III.5.3	Proceso de información.....	55
III.5.4	Análisis hidrológicos.....	56
III.5.5	Análisis hidráulicos.....	58
IV	HERRAMIENTAS DE COMPUTADORA PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS.....	60
IV.1	Informática.....	60
IV.2	Herramientas automatizadas de dibujo técnico y modelado digital.....	61
IV.2.1	AutoCAD.....	61
IV.2.2	Microstation.....	63
IV.3	Herramientas automatizadas de diseño y proyecto aplicadas a carreteras....	64
IV.3.1	WILDsoft RDEV (Road Design Earthworks Volumes). ....	64
IV.3.2	Microstacion InRoads.....	65
IV.3.3	AutoCAD Land Development Desktop.....	68
IV.3.4	AutoCAD Civil 3D.....	69
IV.3.5	CM-SCT-V23 (Programa de diseño oficial de SCT).....	71
V	DESCRIPCION GENERAL DE PROYECTOS DE PARTICIPACION.....	75
V.1	DEVITERSA Desarrollo de Vías Terrestres S. A. de C.V. ....	75
V.2	Grupo TRIBASA Triturados Basálticos y Derivados S. A. de C.V. ....	77
V.3	INGEOTEC Ingeniería Geotécnica y Construcción S. A. de C.V. ....	93
V.4	PARQUE ECOLOGICO HABITACIONAL PARAISO ESCONDIDO S.A.de C.V. ..	94
V.5	CESAREN 2003 S.A. de C.V. ....	95
V.6	Grupo GADOL S.A. de C.V. División Michoacán.....	95

V.7	COCSA Construcciones y Obras Civiles S. A. ....	96
V.8	NOLTE de México S.A. de C.V.....	97
V.9	GARF Ingeniería S.A. de C.V.....	100
VI	METODOLOGIA DE ANTEPROYECTO Y PROYECTO DE CARRETERAS PARA LICITACIONES DE SCT.....	101
VI.1	Licitaciones.....	101
VI.2	Términos de referencia para estudios y proyectos de carreteras.....	102
VI.2.0	Material de apoyo entregado por S.C.T.....	102
VI.2.1	Levantamiento topográfico.....	103
VI.2.2	Estudio geotécnico y proyecto constructivo de pavimentos.....	108
VI.2.2.1	Actividades de estudio geotécnico.....	108
VI.2.2.2	Informe geotécnico.....	108
VI.2.2.3	Diseño y proyecto de pavimentos.....	111
VI.2.3	Proyecto constructivo de terracerías.....	114
VI.2.4	Proyecto constructivo del drenaje menor.....	115
VI.2.5	Proyecto de señalamiento.....	116
VI.2.6	Proyecto constructivo de muros.....	118
VI.2.7	Proyecto de obra inducida, reubicaciones e interferencia.....	118
VI.2.8	Catalogo de conceptos y cantidades.....	118
VI.2.9	Material de entrega.....	118
VII	CONCLUSIONES.....	121
VIII	BIBLIOGRAFIA.....	124
IX	ANEXOS.....	125

## I INTRODUCCION

Desde su aparición el hombre como ser comunitario ha desarrollado formas de comunicación con sus semejantes, tanto en la evolución de su especie, como en el desarrollo de técnicas y tecnologías para hacer más eficiente el contacto con los demás. Uno de los elementos que tal vez siempre ha estado dentro de sus retos, es el traslado de un punto a otro compitiendo contra los accidentes geográficos, intentando superarlos en tiempos cada vez menores. Para ello con su ingenio e inventiva y gracias al desarrollo de la ciencia, ha desarrollado vehículos para sustituir su poca o nula capacidad física y poder trasladarse en ellos a través de la superficie terrestre, superficie acuática, de forma subacuática, por el aire y en el espacio exterior. Con el paso del tiempo cada logro alcanzado constituye un reto cada vez mayor en esta carrera, siendo el desarrollo de estos vehículos directamente proporcional al desarrollo de la Economía.

Dado el avance demográfico en las ciudades y las necesidades que esto implica para sus pobladores, el traslado e intercambio de satisfactores son determinantes para la calidad de vida, siendo los vehículos el medio de transporte para el intercambio comercial entre comunidades, ciudades y países.

De forma paralela en la misma intención que el hombre se ha preocupado por el desarrollo tecnológico para crear estos vehículos de transporte, con el tiempo también ha visto la necesidad de ocuparse en el desarrollo de instalaciones para que operen adecuadamente. Para tal efecto ha creado criterios para el diseño y construcción de carreteras, puentes, puertos, aeropuertos etc. Considerando siempre las capacidades y características de los vehículos en cuestión, logrando la máxima eficiencia de operación en las instalaciones con la mínima economía de construcción posible. Para ello ha ideado una serie de documentos de procedimientos normativos basados en la experiencia de investigaciones científicas relacionadas al respecto, tanto de las condiciones de los vehículos, las condiciones humanas, las características físicas del terreno, los factores de la naturaleza (sismo, lluvia, clima, etc.), así como de los materiales usados en la construcción de las instalaciones.

Los vehículos automotores terrestres (motocicletas, automóviles, camiones, tracto camiones, trenes etc.) requieren la adaptación de una superficie para su desplazamiento óptimo, por ello la construcción de carreteras y vialidades es una tarea de vital importancia ya que sin ellas simplemente no podrían operar.

Sabemos que un factor importante para el desarrollo de un país es la eficiencia y modernidad de sus vías de comunicación, pues son detonante determinante para una economía floreciente, ya que al facilitar el transporte se ve favorecido el abastecimiento de satisfactores sociales (productos de actividades ganaderas, pesqueras y agrícolas), materias primas para la operación de la industria, artículos para el comercio y rutas turísticas. Todo ello a costos menores, se trata pues de identificar los polos de producción y los centros de consumo para establecer los enlaces carreteros necesarios entre ellos. Así mismo una ciudad con vialidades internas eficientes generara en su sociedad, un mejor funcionamiento en el desempeño en sus actividades, pues al tener desplazamientos rápidos obviamente

tendrán más tiempo disponible para cada una de sus tareas diarias, mejorando de esta manera la productividad y el aprovechamiento individual. Además mejorara la salud (física y mental) al reducir el estrés generado en espacios de tiempo prolongados de caos vial. Para ello se generan las obras de condiciones necesarias apoyados en estudios de ingeniería de tránsito. El cual nos define las proyecciones de flujo (densidad, origen, destino por horario) definiendo así las necesidades de traslado de la sociedad y poder modernizar la red vial existente a las condiciones óptimas de operación.

De esta manera actualmente observamos que las carreteras y vialidades son obras de infraestructuras de amplia relevancia e importancia a nivel mundial, no siendo en nuestro país la excepción.

La responsabilidad de concretar físicamente este tipo de obras recae en los especialistas de área de Ingeniería Civil, la cual es un campo muy amplio de profesionales dedicados al estudio y ejecución de obras de infraestructura como son: Edificaciones (viviendas, oficinas, comerciales, industriales, recreativas, comunicaciones, escuelas, etc.), puentes, carreteras, aeropuertos, puertos, vías férreas, presas, etc.

Por ejemplo, para que el Ingeniero constructor ejecute la obra de una carretera implica previamente la realización de un proyecto. El cual marcara los procedimientos y etapas de proceso, así como la geometría (dimensiones), calidades y especificaciones de los materiales de construcción y toda información necesaria para su realización. Dicho proyecto requiere una serie de estudios previos que abarcan el campo de acción de diferentes disciplinas, tanto de la ingeniería civil como de otras áreas, como son la Geología, Geofísica, Geotecnia, Fotogrametría, Hidrología, Astronomía, etc. y que servirán para que este se construya en condiciones óptimas de funcionalidad y seguridad. Con la información desarrollada en estos estudios los ingenieros de proyecto tienen los elementos necesarios para desarrollar primero un anteproyecto (alternativas de proyecto definitivo) con el cual en una serie de estudios de gabinete darán conclusión a un proyecto definitivo (Proyecto ejecutivo de construcción).

Los Ingenieros de proyecto tienen la responsabilidad de realizar el estudio de campo y gabinete respectivos para obtener la propuesta de solución óptima e integral a las demandas de la obra de infraestructura en cuestión, condicionados a la información de los estudios previos antes mencionados. Cumpliendo además con la normatividad vigente y aplicando los criterios adecuados a cada tipo y condiciones de vialidad. Así pues el proyecto Ejecutivo de Construcción implica la alternativa más económica guardando la certeza de funcionalidad y operatividad óptima, apegado además a todos los lineamientos de normatividad respectiva y aplicable.

Para el estudio de anteproyecto y la realización del proyecto ejecutivo de construcción de una carretera intervienen ingenieros especialistas como se describe a continuación con sus funciones principales.

- **Ingeniero de Proyecto Geométrico:** Quien tiene la función de estudiar las alternativas de trazo y de perfiles de subrasante para lograr la eficiencia económica en el mínimo movimiento de tierras posible y la compensación de volúmenes (corte-



terraplén) en distancias mínimas, cumpliendo con las exigencias del tipo de camino y la normatividad técnica aplicable y basado en las condiciones de los estudios de proyecto (topografía, geotecnia, geofísica, hidrología, etc.)

- **Ingeniero de Estructuras:** Estudia y propone la solución para estructuras mayores (puentes y túneles.) en zonas donde por alguna razón técnica o del terreno no es factible conformar el camino a base de terracerías, además diseña las obras necesarias para darle sustentabilidad a estas, por ejemplo los muros de contención.
- **Ingeniero de Drenajes:** Diseña las obras de drenaje menor (alcantarillas para salvar escurrimiento hidráulico) estudiando la cuenca de captación pluvial de cada una de ellas. Además se encarga también del diseño de las obras hidráulicas complementarias (cunetas, contra cunetas, lavaderos, bordillos, subdrenes, etc.)
- **Ingeniero Geotecnista.** Realiza el estudio de la calidad de los materiales existentes en la zona de construcción (muestreo y ensayos de laboratorio), determinando los volúmenes aprovechables, así como dar las recomendaciones de tratamiento para su aplicación en terraplenes. Además realiza el diseño de pavimento (conformación y espesores de capas) ubicado los bancos de material aprovechables.  
La información de Geotecnia es de suma importancia para las demás áreas de proyecto pues de ello depende la toma de criterios de trabajo para el proyecto geométrico y de cimentaciones para estructuras mayores.
- **Ingeniero Topógrafo:** Elabora levantamientos planimétricos y altimétricos los cuales contienen la conformación natural del sitio en estudio, así como el equipamiento urbano existente y que servirán para la elaboración del proyecto. Además se encarga del replanteo en el sitio del proyecto para su construcción.  
Cabe mencionar que al igual que el estudio geotécnico, el diagnóstico topográfico es determinante para la toma de criterios en el proyecto, por lo cual estos trabajos deben realizarse por el personal calificado y los equipos adecuados sujetándose a la normatividad respectiva.
- **Ingeniero de Transito:** Es el encargado de realizar el estudio de las densidades, origen y destino de vehículos a tiempo presente y horizonte futuro. Con lo cual se determinan las condiciones geométricas necesarias de las vialidades que integran una red de caminos. Con esta información el Ingeniero de Proyecto determina los criterios adecuados para el proyecto.  
El ingeniero de tránsito es también el encargado de realizar el proyecto de señalamiento, el cual contiene la ubicación y distribución de señales tanto horizontales como verticales, lo cual nos dará la certeza de funcionalidad de flujo y seguridad de tránsito.

Es indudable que los perfiles de profesionales arriba mencionados no son los únicos que pueden intervenir en las tareas del proyecto de carreteras, sin embargo son los más característicos e imprescindibles para este fin. Mencionando además que cada proyecto en particular, tendrá sus propias necesidades también particulares y con lo cual tal vez requerirán obligadamente de otros especialistas como por ejemplo los que integran el área de fotogrametría.

La secretaría de Comunicaciones y Transportes es el organismo que se encarga de regular el proyecto, construcción y operación de carreteras de jurisdicción federal en nuestro país, contemplando además en su legislación la licitación de dichas actividades a particulares. Para el caso del proyecto ha desarrollado manuales de procedimiento y normatividad técnica, los cuales contienen los estándares que deben cumplir los proyectos que pretendan ser aprobados ante esta dependencia.

En el caso de licitación para elaboración de proyecto ejecutivo de construcción de carreteras, en general la SCT determina lo que se denomina “términos de referencia”, refiriéndose a la serie de estudios y proyectos a desarrollar por la empresa contratista, los cuales se enlistan de manera general como sigue:

#### **Levantamientos de topografía directa**

- Replanteo en campo de eje de proyecto, marcando referencias de trazo
- Nivelación diferencial del terreno sobre el eje de proyecto a cada 20 m y ubicación de bancos de nivel.
- Levantamiento de secciones de terreno natural sobre el eje de proyecto a cada 20 m.
- Levantamiento de trazo y nivelación de los ejes de los escurrimientos que requieran obra de drenaje menor
- Reporte fotográfico.
- Entrega física en campo de los levantamientos topográfico a personal de SCT o a quienes la dependencia designe

#### **Estudio geotécnico y diseño de pavimentos**

- Inspección de campo con exploración de pozos a cielo abierto (a cada 500 m. aproximadamente ) y obtención de muestras para ensaye
- Exploración para localización de bancos de material (a cada 3 km.), valoración de volúmenes disponibles y distancias de acarreo al eje de proyecto.
- Perfiles de estratigrafía de rocas y suelo sobre el eje de proyecto
- Informe de Estudio geotécnico para el proyecto de terracerías
- Informe de estudio geotécnico para pavimentación
- Diseño de pavimento
- Proyecto constructivo de pavimento.

#### **Proyecto constructivo de terracerías (proyecto geométrico)**

- Planos de planta por kilometro (planta, perfil de terreno y subrasante definitiva, sección tipo, referencias de trazo, bombeos, datos geotécnicos, coeficiente de variación volumétrica, obras de drenaje, movimientos de terracerías y cantidades de obra, etc.)
- Secciones de construcción
- Proceso electrónico (alineamiento horizontal, alineamiento vertical, secciones de construcción, volúmenes, ordenada de curva masa, etc.)

### **Proyecto de drenaje menor**

- Relación de obras menores (proyecto constructivo, generadores y funcionamiento de drenaje)
- Relación de obras mayores (ubicación de puentes y pasos vehiculares)
- Plano de cuencas
- Proyecto constructivo de obras complementarias. (cunetas bordillos, subdrenes, contracunetas, cercado de derecho de vía)

### **Proyecto de señalamiento**

- Planos de señalamiento horizontal y vertical (ubicación, cantidades y dimensiones de las señales).

### **Proyecto constructivo de muros**

- Planos constructivos de muros (ubicación, geometría, cantidades de obra y especificaciones de construcción)
- Memoria de calculo

### **Catalogo de conceptos**

- Catalogo de conceptos
- Números generadores

Cabe mencionar que la S.C.T. maneja las licitaciones por paquetes de tareas y estos pueden aumentar o disminuir a las que aquí se expresan, este es solo un ejemplo muy general de los conceptos que en los términos de referencia se marcan, y será la S.C.T. quien determine para cada proyecto en particular los requerimientos necesarios. Cabe mencionar que las estructuras mayores (puentes) se manejan licitaciones independientes.

Así bien, con el presente documento tenemos el objetivo de expresar de forma general nuestras experiencias profesionales en el área de proyecto de vialidades, a través de la trayectoria de participación en varias empresas de relevancia nacional e internacional. Pero muy en particular se intenta profundizar en la dinámica para el anteproyecto y proyecto geométrico correspondiente a la metodología empleada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

## II ANTECEDENTES

### Antecedentes histórico-técnicos.

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 de densidad de población, la comunicación se torno necesaria entre ellas, así con el invento de la rueda hacia el año 5000 A.C. en la región de Asiria y su utilización como rodamiento en vehículos tirados por animales, tenemos a los mesopotámios (asirios y Caldeos) entre los primeros constructores de caminos hacia el año 3500 A.C.

Se han encontrado vestigios arqueológicos de calzadas, no solo en la región del Éufrates y Tigris (Mesopotamia), sino también en el valle de Nilo (Egipto), así como en el valle de Indo (India). Se estima que fue sobre el tercer milenio A.C. que estas civilizaciones construyeron estos caminos; primero usados por bestias de carga y posteriormente por los vehículos de rodamiento.

Mientras que para los Egipcios estas vialidades tuvieron un carácter funerario pues sirvieron de superficie para el traslado de los pesados bloques de piedra con que se construyeron los enormes mausoleos (pirámides); para los Persas tuvieron un marcado uso comercial pues conformaron el llamado “camino real persa” (Ver fig. II-1) desde Susa hasta Éfeso, que contaba con más de 2500 km de desarrollo. Por otra parte en el lejano oriente los chinos desarrollaron los “caminos imperiales”, considerada en su época la red más larga del mundo con 3200 km. y conformada por un sistema de sendas y caminos que más tarde en el siglo III A.C. establecería una amplia red de caminos por todo el territorio Chino.



fig. II-1

Camino Real Persa

El camino real persa es considerado el camino de larga distancia más antiguo del mundo, funciono del año 3500 al 300 A.C. iniciaba en Susa (golfo pérsico) seguía al noroeste a Arbelas (Irán) y de ahí al oeste a través de Nínive y Harran (centro de enlace de caravanas

comerciales), continuando al noroeste hasta Samosata donde cruzaba el río Éufrates, al oeste llegaba a Boghas-koei (hattussas) capital Hitita y más al oeste continuaba pasando por Ankara (Ancyra), llegando a Sardis donde se bifurcaba hacia Éfeso y Esmirna. En Harran iniciaba el ramal hacia Menfis (El Cairo) pasando por Palmira, Damasco, Tiro y Jerusalén. Además contaba con un circuito al oeste partiendo de Susa, hacia Nínive pasando por Ur, Babilonia y Assur.

Entre el año 700 a 600 A.C. en esta misma zona, se construyeron caminos más modernos para uso procesional, que unían palacios y templos en las ciudades de Assur y Babilonia. Estos caminos estaban contruidos con ladrillo cocidos unidos con mortero bituminoso y se consideran los precursores de las calzadas romanas.

Los caminos imperiales en china coexistieron con el camino real persa jugando un papel importante en sureste de Asia, análogo al de las calzadas romanas en Europa y Asia Menor. Eran amplias, bien construidas y cubiertas con piedras, los ríos los cruzaban con puentes o ferrys (embarcaciones en ríos amplios y de flujo laminar), los precipicios montañosos a través de puentes colgantes de madera. Sin embargo estos caminos presentaban un trazo muy sinuoso sobre todo en zonas montañosas. Los principales centros de Irradiación eran las ciudades de Sianfu, Nankin y Cheng-tu.

Se sabe que en la India también existen vialidades muy antiguas, pues en Baluchistan y en Pejab en el periodo entre 3250 y 2750 A.C. las ciudades estaban pavimentadas con ladrillos cocidos unidos con betún y se dedicaba un cuidado especial a la evacuación de agua para su conservación. En el siglo IV A.C. se construyo el camino real del Maurya, que comenzaba al borde del Himalaya pasando por Taxila (hoy Rawalpindi) y atravesando la región de los 5 ríos “Pejab”, llegando junto al río Jamna a la ciudad de Prayag (hoy Allahabad). (Ver Fig. II-2)



fig. II-2

Camino real del Maurya

En Europa entre los años 1900 a 300 A.C. comerciantes Griegos y Etruscos establecieron rutas comerciales para el traslado de ámbar y estaño, desde el norte hasta el mediterráneo, para ello usaron caminos naturales mejorados en el cruce de ríos y paso de montañas pero más limitados técnicamente a los anteriormente mencionados. Para ello usaron 4 rutas. (Ver fig.II-3)

- Ruta 1: Comenzaba en Hamburgo hacia el suroeste por doble camino hacia Colonia y Frankfurt continuaba a Lyon y terminaba en Marsella.
- Ruta 2: Iniciaba en Hamburgo hacia el sur llegando a Passau (sobre el río Danubio) continuando a Brenner y terminando en Venecia.
- Ruta 3: Salía de Samland en el este de la costa Prusiana y de ahí continuaba a Thorn (sobre el río Vístula) llegando a Aquilea en el mar Adriático.
- Ruta 4: salía de Las costas del mar báltico hasta el mar negro paralelo a los cursos del los ríos Vístula, Saw, Sereth, Prut, Bug, y Dniéper.



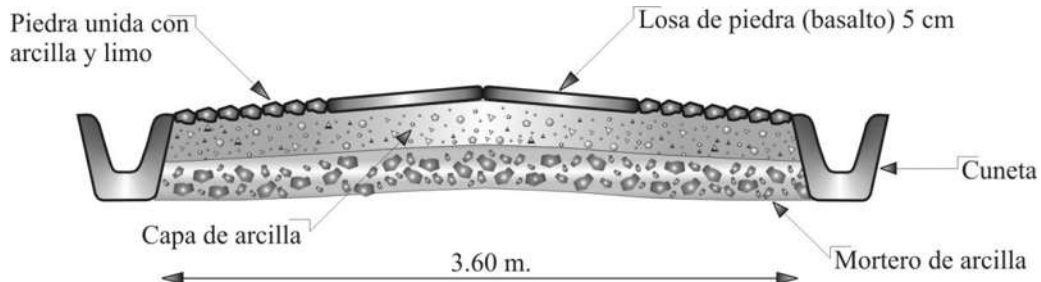
fig. II-3

Rutas del Ambar

Hay evidencia de que en este mismo periodo de tiempo, en Europa de norte se construyeron caminos formados de troncos para conducir el tránsito de soldados en zonas pantanosas o húmedas. Se construían extendiendo filas de troncos en el sentido de la marcha con un ancho de 6 m. los cuales se apoyaban estacados sobre troncos transversales, que a su vez estaban acomodados sobre un lecho de ramas finas y gruesas acomodadas sobre el fango.

En Grecia existen vestigios de caminos considerados sagrados y que fueron usados con fines religiosos, datan de 800 A.C. y fueron construidos en Atenas, Creta y la isla de Malta. La calzada era de 3.60 m. de ancho y estaba conformada por dos filas de placas de basalto

de un espesor de 5 cm en la parte central y un empedrado unido con arcilla y limo en las partes extremas. El centro se usaba para transitar a pie y los bordes para los animales y carros. Se tuvo en cuenta el drenaje en la sección con bombeo y con la construcción de cunetas laterales a base de piedra. (Ver fig. II-4)



Sección de calzada Griega

fig. II-4

En América se desconocía la rueda, sin embargo los Incas construyeron dos caminos que iban desde Quito (Ecuador) al sur de Cuzco (Perú); Los cuales eran utilizados por peatones y animales de carga (llamas). Uno de ellos (3600km) seguía la costa y el otro (2640 km) por la cordillera de los Andes. Entre ambos existían caminos transversales de enlace. El camino de los Andes es notable pues tiene 7.5 M de ancho con pendientes suaves en montaña, trazado en zigzag, incluye corte de desagües en roca sólida, muros de contención, puentes colgantes sustentados con cuerdas de lana y fibra, así como escalones tallados sobre roca en rampas escarpadas. Contaba además con un sistema de atalayas construidas a largo, manteniendo un servicio de señalización visual a distancia (telégrafo óptico). (Ver fig II-5)



Caminos del Imperio Inca

fig. II-5

Por otra parte los aztecas y los mayas en México, al igual que los Incas desconocían la rueda y los vehículos de tiro, además no usaban bestias de carga; pero por sus actividades comerciales, religiosas y bélicas tenían un amplio uso peatonal de caminos. De los cuales aun hoy existen vestigios como lo llamados “caminos blancos” construidos por los mayas en las cercanías de Izamal, Yucatán.

Por las calzadas, que eran hermosas y anchas, hechas de tierra dura como de empedrado, circulaban miles de paseantes. Recordemos que Tenochtitlán (Capital de los aztecas), era una de las ciudades con mayor población en el mundo, siendo personajes importantes los comerciantes o “tamemes”, quienes eran los cargadores de las mercancías que llevaban sobre la espalda, sostenida con una banda de ixtle llamada Mecapal y que se apoyaba en la frente.

Sin duda debemos a los romanos la construcción de las primeras carreteras modernas en la historia de la civilización, cuya técnica perduro hasta el siglo XVIII con una duración de 2000 años. Comúnmente llamadas calzadas (del latín “calx”, calcis piedra caliza) por la utilización de este material en su construcción; fueron desarrolladas conformando una red de 85,000 km a través de todo el imperio. Desde Roma salían veintinueve grandes vías militares, siendo la “Vía Apia” de 660 km. La más famosa, puesta en marcha a partir del año 300 A.C.

Las calzadas romanas siguen provocando la admiración de la ingeniería moderna por su trazado rectilíneo de punto a punto, sin reparar en obstáculos geográficos y con un mínimo de curvas logrado por medio de puentes y piloteo de madera en zonas pantanosas. Además de contar con un procedimiento constructivo muy similar a los empleados actualmente.

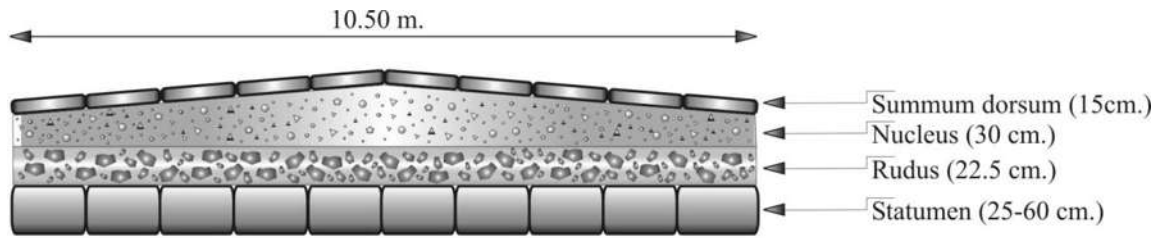
La calzada de la Vía Apia contaba con un procedimiento constructivo como se describe a continuación.

- Sobre el terreno natural se colocaba una capa de piedras planas llamada “statumen” (25 a 60 cm. de espesor), sobre el cual se extendía una capa de triturado de cantera mezclado con cal llamado “rudus” (25 cm de espesor)  
El *statumen* y el *rudus* formaban lo que podemos llamar hoy “subbase”.
- Después se colocaba una capa de piedra triturada aglutinada con cal grasa (cal con poca cantidad de oxido de magnesio 5%). A la cual se le llamaba “nucleus” (30 cm de espesor) y hacia el efecto de lo que hoy le llamamos “base”
- Finalmente se colocaba un enlosado con mortero de cal que denominaban “summum dorsum” o “summa crusta” (15 cm de espesor), que actualmente podríamos denominar “pavimento”



Hay que mencionar que el terreno natural se cubría con un ligero lecho de arena dándole un mejoramiento. El espesor total de la estructura variaba entre 90 y 150 cm. Formando un conjunto resistente que podemos observar en sus vestigios hoy en día. (Ver fig. II-6)

Este tipo de estructuración se aplicaba para las calzadas de primera categoría, existiendo además las de segunda (carecían de enlosado) y tercera (formadas de tierra simple).



Sección de calzada Romana

fig. II-6

Con el esplendor de las caminos romanos se desarrollo la llamada ruta de la Seda que corría de Gades (hoy Cádiz, España) en el Atlántico hasta Shanghái (China) en el pacifico, ocupando los caminos romanos, parte del camino real de Persia y los caminos imperiales de china. Se mantuvo vigente durante más de 2000 años. Siendo incluso usada por el célebre viajero Marco Polo entre los años 1270 1290 de nuestra era. (Ver fig. II-7)



Ruta de la seda

fig. II-7

Con la caída del imperio Romano de Occidente a partir del siglo IV, la vasta red de caminos generada cae en el absoluto abandono, los carros dejan de ser el medio de transporte por el pésimo estado de conservación, cediendo el espacio a las recuas de animales de carga, la sociedad vive aislada en feudos y viaja solo para peregrinar o guerrear siempre a pie o a caballo. Las actividades humanas caen en un obscurantismo de casi 1000 años.

Es hasta el siglo XII que se despierta nuevamente el interés por los viajes terrestre, pero es hasta el siglo XIII que el comercio por tierra a larga distancia experimenta un gran incremento, siendo la época en que se restablece el intercambio comercial entre Europa y China a través de Asia Central. En el siglo XIV se incrementa el comercio pero el desplazamiento de gente a grandes distancias, favorece la propagación de la peste negra, contrarrestando la tendencia comercial. La postura de clérigos y señores feudales del derecho de peaje abona al abandono en el uso de los deplorables caminos.

Durante el siglo XV y XVI la pavimentación de calles se hace popular, los franceses rescatan el documento hecho por Julich Berg en 1554, en el que se reglamenta la reparación de caminos con piedra, madera y materiales hallados en la proximidad. El Historiógrafo francés Nicolás Bergier (1567-1623) nacido en Reims dejó una historia inconclusa sobre su ciudad natal, publicando en 1622 la obra *Historie des grands chemins de l'Empire romain* (Historia de los grandes caminos del Imperio romano). Esta historia está dedicada al rey y en ella expresa la esperanza de que las obras viales proporcionen trabajo a los pobres y sea de utilidad al reino tanto en tiempo de paz como de guerra. El libro causó sensación pero sus propuestas no se llevaron a cabo hasta que Colbert, ministro de Luis XIV, promovió la construcción de caminos.

En el siglo XVI en la aldea Kocs (Hungría) un grupo de fabricantes de carros idean un vehículo llamado "Kocsi" (en honor a la ciudad de origen) que daría lugar a la palabra en español "Coche", en inglés "Coach" y en alemán "Kutsche".

Los Kocsi eran carros con cajas sujetas a bastidores por medio de correas lo que suponía un avance en el sistema de suspensión, comienza a extenderse su uso en Alemania, Francia e Inglaterra y en 1670 se introduce a los coches los muelles de acero, significando un notable mejoramiento en su sistema de suspensión, naciendo así las diligencias (Carruajes).

Sin embargo los caminos se encuentran en peores condiciones que 16 siglos antes. Se hace necesaria pues la mejora en la calidad, que es muy inferior a la experimentada en los vehículos.

A partir de este punto histórico comienza una carrera en el desarrollo de ambas entidades, donde las vialidades siempre han estado un paso atrás. Pues aunque se ha tenido un

permanente estudio y desarrollo, no se ha logrado equilibrar de forma paralela las capacidades del vehículo con las de la vialidad.

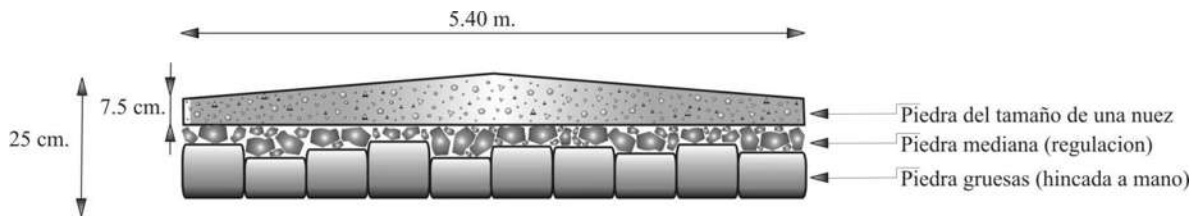
En Francia en el siglo XVIII se crea *Ecole de Ponts et Chaussees* (Escuela de puentes y calzadas), considerada la primera escuela de ingenieros de mundo, además se incluyen los gastos de conservación de caminos en el presupuesto del estado. En 1715 Hubert Gautier (1660-1737) escribió el libro *Traite de Construcción des Chemins* (tratado de la construcción de caminos), que es el primer documento moderno en su tipo. En el aconseja la estabilización de suelos arcillosos mezclándolos con grava, desaconseja compactar el terraplén (cosa curiosa ¿?), recomienda la sección de la calzada romana eliminando el *statumen* y el *Nucleus*, colocando el enlosado *súmmum dorsum* directamente sobre el *rudus*. (Ver fig. II-8)



Seccion de camino tipo Gautier fig. II-8

Jean Rodolphe Perronet (1708-1794) fue director de *Ecole de Ponts et Chaussees* y un gran constructor de puentes de piedra entre los cuales se destaca el puente de *Neully* y el de *la concordia* en la ciudad de Paris.

Pierre Marie Jerome Tresaguet (1746-1826) Director general de *Ponts et Chaussees* (1775), documentó en sus memorias una codificación para la construcción de carreteras, en donde recomienda reducir los espesores de los caminos, construyéndolos en capas sucesivas de piedra partida, como se indica a continuación: Inicialmente una capa de piedras gruesas hincadas a mano; después una capa de regulación con fragmentos de piedra y finalmente una capa de rodamiento de un espesor de 3 pulgadas formada con piedras del tamaño de una nuez (ver fig. II-9). Su proyecto básico se uso en una carretera de París a España vía Tolouse, generalizándose posteriormente en Europa central.

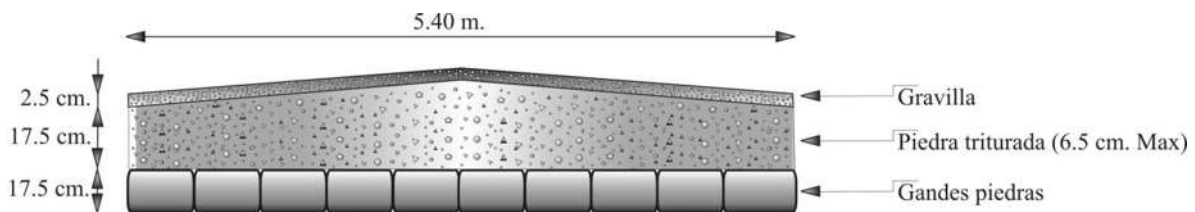


Seccion tipo Tresaguet fig. II-9

En Inglaterra John Metcalf (nacido en 1717) contemporáneo de Tresaguet fue el pionero en la construcción de caminos de dicho país, con más de 290 km desarrollados y obras como puentes y desagües bien elaborados. En zonas pantanosa uso redes a base de ramas para distribución de cargas. Sentó las bases de que un buen firme con un correcto drenaje es

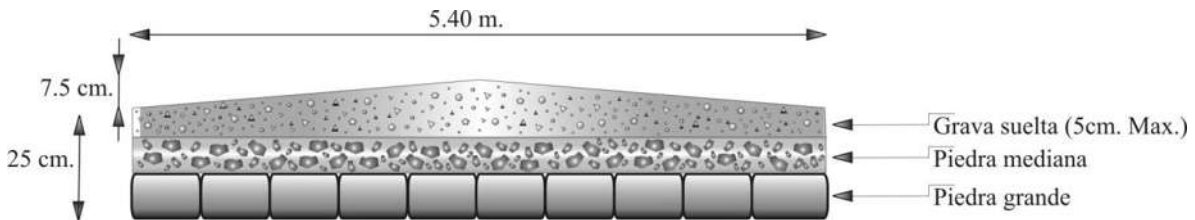
determinante para un camino duradero. Hacia 1754 Inicio la ruta de diligencia entre Knarborough y York y construyo una parte de la carretera de peaje entre Harrowgate y Borrowbridge en 1765.

Thomas Telford (1757-1834) nacido en Escocia, Construyo Numerosos puentes colgantes, acueductos, canales, trabajos portuarios, casa, túneles y carreteras. En Walles están sus dos más famosos puentes colgantes *Conway* y *Menay strits*. Este ultimo construido en 1819 con 177m. De largo utilizando cadenas como elementos tensores (fueron sustituidas por cables de acero en 1939). Intento competir por medio de sus canales (uso de embarcaciones) con el transporte ferroviario, extendiendo sus actividades fuera de Reino Unido en Suecia donde construyo el canal de Göta. Contribuyo para la creación de más de 1500 km de caminos con gran numero de puentes, usando firmes con un cemento rígido, formado con grandes piedras sobre la cual se montaba una capa de piedra triturada, para finalizar con un capa de gravilla como estructura de rodamiento (ver figura II-10).



Seccion Tipo Telford fig. II-10

John McAdam (1756-1836), también escocés se caracterizo por sus trabajos de experimentación, logrando en 1798 la designación de Gobierno para evaluar y recomendar sobre la materia. Entre sus propuestas recomienda elevar los caminos sobre el nivel de terreno para facilitar la evacuación del agua, aconsejando construir un firme colocando rocas de gran tamaño sobre las cuales se extendía una capa de rocas de menor tamaño y finalmente se unía la masa total con gravilla fina o escoria de piedra (ver fig. II.11).



Seccion tipo McAdam fig. II-11

En 1815 fue nombrado inspector general de las carreteras en Bristol, entonces segunda ciudad en importancia de Inglaterra, donde puso sus teorías en práctica. Para documentar su experiencia escribió dos documentos: *Remarcks on the Present System of Road Making*

(Observaciones en el sistema actual de elaboración de caminos) y *Practical Essay on the Scientific Repair and preservation of roads* (Ensayo practico sobre la reparación y conservación científica de caminos), el primero escrito en 1816 y el segundo en 1819. Como resultado de un informe en el parlamento, sus puntos de vista fueron adoptados por el gobierno y en 1827 es nombrado Inspector de General de carreteras de gran Bretaña. Su sistema conocido como McAdam se adopta rápidamente en otros países, muy especialmente en los Estados Unidos.

Es evidente que a partir del siglo XIX con el desarrollo de la ciencia y la tecnología se dio un fuerte impulso a este rubro, siendo los países europeos y Estados Unidos quienes marcaron la vanguardia.

Es el México de esta época donde empieza a tomarse conciencia de la relevancia mundial de los caminos, pues en la época de la colonia los mejoramientos en las vías existentes, construidas por los nativos, solo se limito a aquellos que sirvieron para el saqueo de los abundantes productos de comercio, y su embarque en el puerto de Veracruz para trasladarse al viejo mundo.

En el México ya Independiente se crea la *dirección general de colonización e industria*, entre cuyas funciones tenia la de construir y conservar caminos. En 1853 es sustituida por la *Secretaria de fomento* cuyo presupuesto venia del impuesto del peaje.

En 1867 el Presidente Benito Juárez creó un impuesto dedicado a la conservación de caminos sustituyendo al de peaje.

En 1891 es creada la *Secretaria de comunicaciones y obras públicas* por el general Porfirio Díaz entonces Presidente de la República.

A principios del Siglo XX llegan los primeros Automóviles a México pero este evento coincide con el inicio de la Revolución Mexicana, suceso que impidió por varios años todo intento de carácter constructivo, pues la inestabilidad del Estado permitía solamente atender los aspectos sociales y políticos, marginando sustancialmente los de cualquier otra índole.

Dada la condición anacrónica de los caminos respecto al avance del automóvil, a causa del abandono durante el conflicto revolucionario, el 30 de marzo de 1925 es creada la *Comisión Nacional de Caminos*, por el entonces Presidente Plutarco Elías Calles. Con este organismo se inicia en firme la construcción de nuevos caminos, así como el mejoramiento y conservación de los ya existentes. Para tal efecto se creó un impuesto sobre el consumo de gasolina de 3 centavos por litro.

Con esta Comisión se llego a alcanzar un gran desarrollo y su actualización fue decisiva para la construcción de caminos. En 1926 es inaugurada la carretera México-Puebla, en

1927 la México - Pachuca y México – Acapulco, posteriormente en 1929 la México-Guadalajara, dando así, inicio a una nueva era en este país.

En 1932 la *Comisión Nacional de Caminos* paso a depender de la *Secretaría de Comunicaciones y Obras Publicas* (SCOP) convirtiéndose en la *Dirección Nacional de Caminos*. Posteriormente en 1958 y en atención al gran auge en la construcción y conservación de carreteras, la SCOP se divide en dos: Secretaria de Obras Publicas y Secretaria de Comunicaciones y Transportes. A la primera correspondería el despacho de los asuntos relacionados a la construcción y conservación de carreteras, entre otras cosas.

A partir de 1982 y hasta la fecha estas funciones corresponden a La SCT *Secretaria de Comunicaciones y Transportes*, siendo la *Dirección General de Carreteras Federales* el suborganismo encargado de la regulación respectiva en el diseño y proyecto.

En el Sexenio del presidente Carlos Salinas de Gortari (1988-1994) se dan un importante impulso al sector carretero, la iniciativa privada financia el desarrollo de los proyectos en construcción y operación. Tres de las empresas más importantes de la época *Ingenieros Civiles Asociados* (ICA), *Grupo Mexicano De Desarrollo* (GMD) y *Grupo Tribasa* contribuyen en la cristalización de los principales proyecto carreteros del país.

Es Precisamente en la Empresa *Desarrollo de Vías Terrestres* (DEVITERSA) perteneciente al *Grupo Tribasa*, donde el 27 de Enero de 1993, en la obra México - Guadalajara (vía corta), me inicie como profesional en el control de proyecto-obra y posteriormente como Ingeniero de Proyecto Geométrico, después de haber egresado de la Facultad de Ingeniería Civil, adscrita a la U.M.S.N.H. como miembro de la Generación 1987-1992.

### III GENERALIDADES SOBRE ESTUDIOS PARA EL PROYECTO DE CARRETERAS

Para iniciar los trabajos en la elaboración de toda carretera se requiere el proyecto ejecutivo de construcción, el cual por medio de planos gráficos y documentos escritos nos describe de forma sistematizada el proceso de construcción, no solo de las carreteras, sino de toda obra civil.

Para la elaboración del diseño y proyecto, se requiere una serie de estudios previos que darán la pauta para estudiar y obtener la alternativa de solución técnica óptima con el menor costo posible.

Los estudios previos necesarios para proyecto de obras civiles son amplios y de mucha variedad, por lo cual en este documento abordaremos solamente las áreas y funciones implicadas en los trabajos de proyecto de carreteras, y más específicamente en el proyecto geométrico.

Entre los estudios involucrados en el proyecto de carreteras podríamos mencionar de forma general los siguientes:

- ESTUDIO DE INGENIERÍA DE TRANSITO
- ESTUDIO FOTOGRAMÉTRICO
- ESTUDIO TOPOGRÁFICO
- ESTUDIO GEOLÓGICO
- ESTUDIO HIDROLÓGICO

#### III.1 ESTUDIO DE INGENIERÍA DE TRANSITO

La Ingeniería de tránsito es una rama de la ingeniería civil que trata sobre la planificación, diseño y operación de movimiento en las calles, carreteras y autopistas, sus redes, infraestructuras, áreas colindantes y su relación con los diferentes medios de transporte consiguiendo una movilidad segura, eficiente y conveniente tanto de personas como de productos y mercancías.

##### III.1.1 Elementos de tránsito

Los elementos involucrados en el tránsito son tres: El peatón, el vehículo y el camino, para los cuales la problemática implica factores como: la existencia de diferentes tipos de vehículo en la misma vía, vialidades anacrónicas con trazos inadecuados y pendientes excesivas, banquetas insuficientes, calles angostas, insuficiencia de estacionamiento, puentes e intersecciones con previsión nula, falta de señalamiento, falta de educación vial, reglamento de tránsito inapropiado a las condiciones vigentes, etc.

### III.1.2 Alternativas de solución sobre impacto económico

Para el mejoramiento y optimización del tránsito tenemos tres alternativas clasificadas de acuerdo a los factores económicos aplicables: Solución integral, solución parcial de alto costo y solución parcial de bajo costo.

- ◆ **Solución Integral:** Consiste en crear un nuevo tipo de camino que sirva al Vehículo contemporáneo dentro de un tiempo razonable de previsión, con la capacidad geométrica y señalamiento suficiente para brindar comodidad, rapidez y seguridad al usuario y al peatón. Esto implica muchas veces prescindir de todo lo existente.
- ◆ **Solución parcial de alto costo:** Se trata de optimizar realizando cambios en los caminos actuales requiriendo fuertes inversiones, tales como ensanchamiento de calles, construcción de intersecciones canalizadoras, arterias de acceso controlado, estacionamientos suficientes, semaforización digital inteligente, puentes peatonales, etc.
- ◆ **Solución Parcial de Bajo costo:** Consiste en aprovechar al máximo las condiciones existentes con el mínimo de obras materiales y el máximo de regulación funcional del tránsito, creando un reglamentación adaptado a sus necesidades, reordenando la dirección de calles y haciéndolas de un solo sentido cuando se necesario, regulando los tiempos de estacionamiento, creando un sistema eficiente de señalamiento y de semaforización, etc.

### III.1.3 Volúmenes de tránsito

Entre los conceptos principales para los estudios de ingeniería de tránsito tenemos los siguientes:

- ◆ **Volumen de tránsito:** Es el número de vehículos que se mueven en una dirección sobre uno o varios carriles dados y que pasen por un punto determinado del camino, durante un cierto periodo de tiempo (hora o día)
- ◆ **Volumen Promedio Diario Anual (VPDA):** Es el número de vehículos que pasan por un punto dado del camino, durante un año y dividido entre 365 días
- ◆ **Volumen Máximo Horario Anual (VMHA):** Es el volumen horario más alto que acontece para un determinado año.
- ◆ **Volumen Horario de Proyecto (VHP)** es el parámetro de diseño que permite determinar el tipo de camino a desarrollar para cumplir con las condiciones óptimas de operación del tránsito.

El VPDA no es apropiado para ser usado en el proyecto del camino, puesto que no indica la variación que ocurre para durante los meses del año, los días de la semana y las horas del día. Y el VMHA aunque es el más cercano a las condiciones de operación, su aplicación nos resultaría en obras muy sobradas.



La forma práctica de determinar el VHP es considerar el Volumen horario máximo del lugar 30, es decir aquel que durante el año completo solo es superado por 29 volúmenes horarios del mismo año.

### III.1.4 Aforos

Los volúmenes de tránsito pueden obtenerse de datos estadísticos o mediante conteos de tránsito (aforos). Estos últimos pueden obtenerse de forma manual o mecánica.

- ♦ **Aforos Manuales:** Consiste en tomar muestreos que generalmente se ejecutan en un corto periodo, que varía entre 5 a 10 días continuos. Pudiendo realizarse de dos maneras: La primera que quede incluido un fin de semana y la segunda que quede incluido un sábado dos domingos y dos lunes. La duración en los muestreos es conveniente que sea de 24 horas diariamente en el primer caso y en el segundo de 24 horas al día, durante los primeros 5 días y de la 7:00 a las 19:00 los restantes. Los vehículos deben clasificarse en dos clases de acuerdo a su peso: Vehículos ligeros (automóvil, Pick up, van, panel, camiones pequeños) y Vehículos pesados (Autobuses, camiones y tracto camiones)

Los conteos pueden realizarse en formato ex profeso de registro a lápiz o por medio de contadores (mecánicos y electrónicos) operados manualmente.

- ♦ **Conteos Mecánicos:** Se realizan con dispositivos instalados en el camino, activándose por el contacto del vehículo al transitar por el punto instalado. Los hay de diferentes tipos y se clasifican en 3 grupos principales: Neumáticos, electromagnéticos y presión-contacto.



Contador neumático

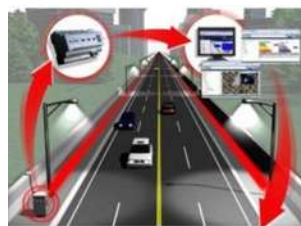


Contador magnético



Contador electromagnético

Existen otros dispositivos más avanzados de tipo electrónico que son capaces de clasificar el tránsito por tipo de vehículo, haciendo el conteo en ambos sentidos de circulación simultáneamente, obteniendo información del vehículo como es el peso, número de ejes y hasta fotografía.



Contador sistematizado electrónico



Contador por radar

### III.1.5 Estudio de origen y destino

El trabajo más completo del aforo de vehículos es el denominado Estudio de origen y destino ya que por medio de él se pueden conocer los volúmenes de tránsito, tipos de vehículos, clasificación por direcciones, el origen y el destino de viaje, tipo de carga y tonelaje, número de pasajeros, dificultades que se presentan en el recorrido, productos transportados, modelo y marca de los vehículos.

Entre sus principales aplicaciones pueden citarse las siguientes: Conocer la demanda que existe dentro de una ciudad para usar en menor o mayor grado una cierta ruta, fijar rutas a través de la ciudad para desviar el movimiento de turistas y vehículos pesados, conocer la localización de una nueva carretera o mejorar alguna ya existente y justificar la construcción de un nuevo camino.

Existen cuatro formas prácticas de realizar los estudios de origen y destino:

- Entrevista directa al conductor (es el más exacto y verídico)
- Entregando al conductor un cuestionario en una estación de aforo, para que lo llene durante el recorrido, debiendo devolverlo en la siguiente estación.
- Por medio de entrevistas personales hechas mediante muestreo estadístico en los domicilios de los usuarios.
- Por la observación de las placas de los vehículos en diferentes puntos.

Estos estudios son indispensables en los cruces de caminos donde se tengan fuertes volúmenes de tránsito.

### III.1.6 Previsión de tránsito

El proyecto de nuevos caminos o el mejoramiento de los existentes no debe basarse en los volúmenes de tránsito actual, sino en los volúmenes de tránsito futuro. Determinar su valor real no es fácil, ya que no existe una fórmula matemática en la que se recojan todas las variables que puedan influir en él. Así pues la previsión del tránsito futuro debe hacerse para un plazo de 15 a 20 años teniendo en cuenta los siguientes factores:

◆ **Tránsito actual:**

Es el volumen de tránsito que tendría un camino nuevo o mejorado si fuera abierto a la circulación.

- Cuando un camino existente se va a mejorar el tránsito actual es el TDPA que tiene el camino más el TDPA incorporado de otros caminos.
- En un Camino nuevo el tránsito actual es únicamente el tránsito incorporado de otros caminos, que puede ser estimado en base a estudios de origen y destino.

◆ **Aumento de tránsito:**

- Incremento de tránsito normal:

Es debido al aumento general de número de usuarios y vehículos. Se obtiene ajustando una curva de regresión a la curva de crecimiento histórico del volumen de tránsito para el camino en estudio y extrapolándola hasta el año deseado.

- Tránsito generado:

Lo constituye el tránsito de vehículos que no se incorporarían si el camino no se hubiera construido o mejorado (sin considerar el transporte público). Está compuesto por aquellos viajes que se hacían a un destino diferente y por los que no habían sido realizados por ningún otro medio. La mayoría de este tránsito se genera en el primer y segundo año del camino nuevo o mejorado.

El tránsito generado por un camino mejorado varía considerablemente dependiendo del grado y tipo de mejoramiento, del estado de otros caminos y del uso de la tierra.

- Tránsito resultante del mejoramiento:

Es debido al mejoramiento de los predios adyacentes al camino. El aumento debido al desarrollo de dichos espacios se incluye en el tránsito normal, pero en experiencias con numerosos caminos mejorados nos indican que estas zonas se desarrollan más rápido que en otros lugares.

El método para obtener el desarrollo de este tránsito es burdo y los volúmenes son aproximados, pero es importante considerarlo en el total de tránsito futuro.

◆ **Factor de previsión de tránsito:**

Es la relación de tránsito futuro o tránsito actual expresado en porcentaje decimal. Se obtiene sumando los porcentajes de aumento por cada factor de crecimiento del tránsito y relacionándolo con el tráfico actual.

### **III.1.7 Capacidad y nivel de servicio.**

La capacidad se puede definir como la tasa máxima de flujo que puede soportar una carretera, es decir; el máximo número de vehículos que pueden pasar por un punto de carril o calzada en un cierto tiempo.

El nivel de servicio es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de del tráfico y de su percepción por los usuarios. Estas condiciones se describen en términos tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

El objetivo final del estudio de ingeniería de tránsito es brindar al Ingeniero de Proyecto las necesidades geométricas y las recomendaciones de señalamiento, para la correcta operación

vial de la carretera en estudio (construcción o reconstrucción), considerando siempre un horizonte a futuro que le permita permanecer vigente por lo menos 15 años o el periodo que el mismo estudio estime necesario.

Entre las necesidades geométricas podemos mencionar las siguientes: ancho y número de carriles, ancho de calzada, acotamientos, ancho de banquetas, cantidad de cajones de estacionamiento, puentes peatonales etc.

En cuanto las recomendaciones de señalamiento hay que mencionar que el Ingeniero de tránsito es el indicado para desarrollar el proyecto de señalamiento tanto vertical como horizontal, siendo deseable trabajar en coordinación con el Ingeniero de proyecto geométrico.

### **III.2 ESTUDIO FOTOGRAMETRICO**

La fotogrametría es una técnica para determinar las propiedades geométricas de los objetos y las situaciones espaciales a partir de imágenes fotográficas. Puede ser de corto o largo alcance.

La palabra fotogrametría deriva del vocablo "fotograma" (*photós*, luz, y *gramma*, dibujo), como algo listo, disponible (una foto), y "metrón", medir.

Por lo que resulta que el concepto de fotogrametría es: "medir sobre fotos". Si trabajamos con una foto podemos obtener información en primera instancia de la geometría del objeto, es decir, información bidimensional. Si trabajamos con dos fotos, en la zona común a éstas (zona de traslape), podremos tener visión estereoscópica; o dicho de otro modo, información tridimensional.

Básicamente, es una técnica de medición de coordenadas 3D, también llamada captura de movimiento, que utiliza fotografías u otros sistemas de percepción remota junto con puntos de referencia topográficos sobre el terreno (puntos de control terrestre), como medio fundamental para la medición.

Se divide en Terrestre, Aérea y Espacial según el origen de las imágenes usadas, para nuestro caso nos ocuparemos de la segunda, a la que se le denomina Aerofotogrametría.

La Aerofotogrametría en la actualidad tiene una amplia variedad de aplicaciones y varias técnicas de ejecución, sin embargo nos concretaremos a su aplicación en el estudio de rutas para carreteras. Cabe mencionar que este estudio nos ayuda para determinar la ruta idónea del camino, pues en el caso de SCT como organismo rector, tiene reglamentado el uso de modelos de terreno natural obtenidos por restitución fotogramétrica tanto para realizar anteproyectos, como para el proyecto definitivo, sin embargo cuando la vegetación en la zona del estudio es muy densa, se debe usar topografía directa en el caso de este último.

En la normatividad de estudios para el caso de carreteras que maneja la SCT, el estudio fotogramétrico forma parte del estudio topográfico sin embargo aquí lo trataremos de forma independiente.

El método de reconstrucción de objetos o terreno (modelo digital del terreno) mediante fotogrametría aérea que pide la SCT tiene en general el siguiente Proceso:

- Plan de vuelo
- Control terrestre
- Fotografías aéreas
- Restitución fotogramétrica.

### **III.2.1 Plan de vuelo**

De acuerdo al origen y destino de la carretera en estudio se realiza un plan de vuelo, el cual consiste en definir el trazo de las líneas de vuelos (la ruta que seguirá el avión en segmentos rectos para la toma de fotografías aéreas abarcando la totalidad de territorio de la obra)). En cartografía 1:50,000 de INEGI se marcan las líneas de vuelo con las coordenadas UTM de inicio y fin de cada una, adicional mente se marcara la ruta (en caso de proyecto definitivo) o alternativas de trazo preliminar (en caso de anteproyecto) del camino en estudio. Por último se definen los parámetros de vuelo (altura de vuelo, separación entre líneas de vuelo y No de fotos por línea de vuelo).

PARAMETROS UTILES PARA LA TOMA DE FOTOGRAFIAS AEREAS

ESCALA	ALTURA DE VUELO SOBRE EL TERRENO Mts (PIES)	SEPARACION ENTRE LINEAS Mts. (2)	NUMERO DE FOTOS EN 100 Km <sup>2</sup> (1)(2)
1:25,000	38000 (12500)	4310	10
1:20,000	3040 (10000)	3450	16
1:15,000	2280 ( 7500)	2587	28
1:10,000	1520 ( 5000)	1725	63
1:5,000	760 ( 2500)	862	252
1:3,000	456 ( 1500)	518	700

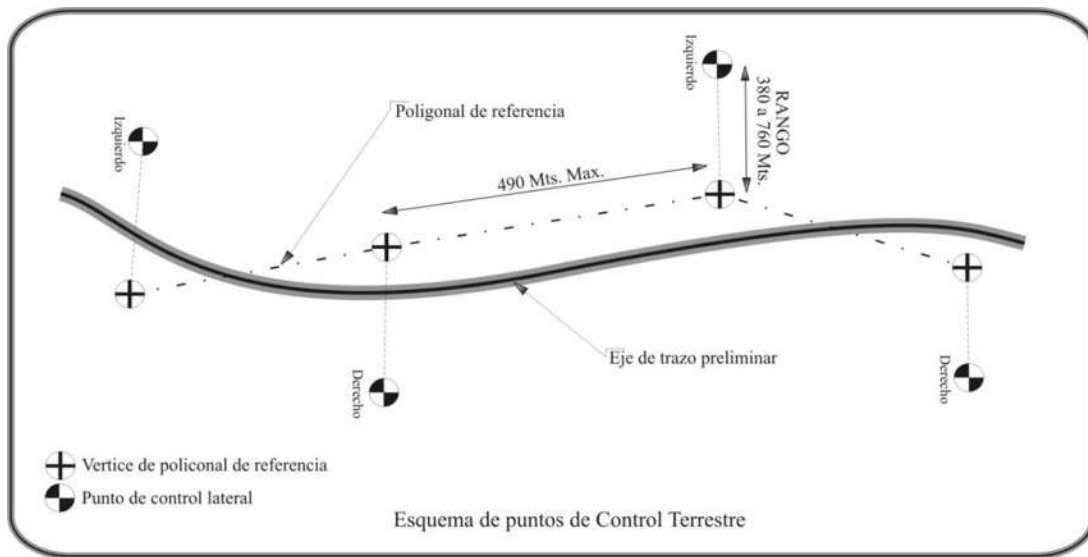
(1) Para una superposición longitudinal entre imágenes consecutivas de 60%

(2) Para una sobreposición transversal entre líneas de vuelo adyacentes de 25 %

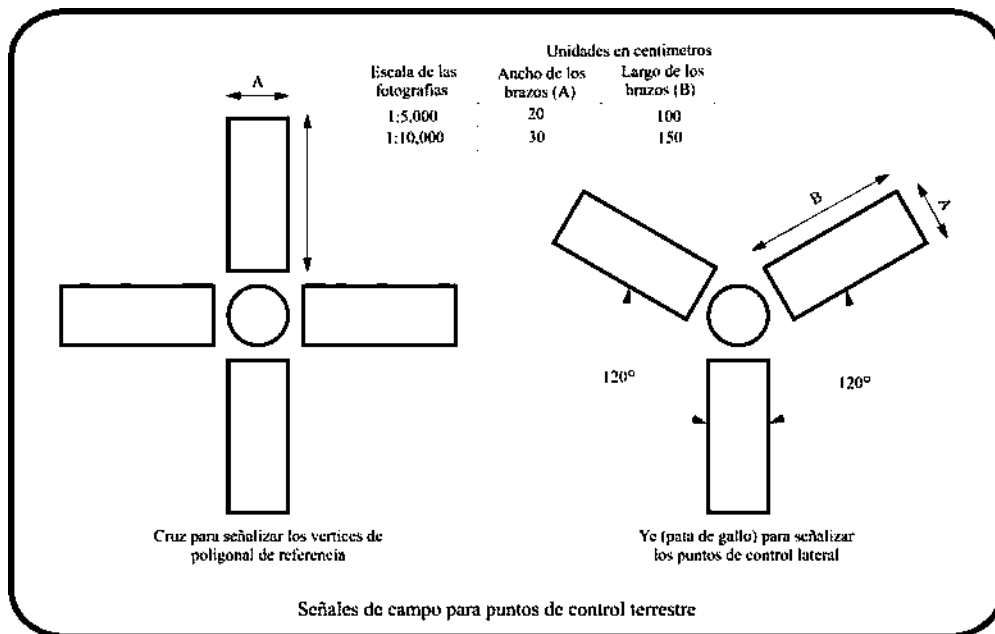
Se determinara según la escala de las fotografías requeridas la altura de vuelo, para lo cual se le asignara a cada línea de vuelo una altitud igual a la elevación media del terreno más la altura de vuelo marcada en la tabla anterior. De la misma tabla se determinara la separación entre las líneas de vuelo y el número de fotografías por línea o por cada 100 Km<sup>2</sup> de superficie.

Cabe mencionar que la escala la determinara la SCT en los términos de referencia (requerimientos del proyecto) de acuerdo al tipo de camino y fase de proyecto (anteproyecto o proyecto definitivo)





Los vértices de la poligonal de referencia se marcarán en campo por medio de varillas de 3/8" con 10 centímetros de longitud, ahogadas de mojonera de concreto de 20 centímetros de diámetro y 40 centímetros de profundidad. Los puntos de control lateral se marcarán en sitio, mediante trompos de madera con tachuela que no sobresalgan del terreno. Además ambos se señalizarán (para apreciación en las fotografías aéreas) como se indica a continuación.



La señalización se realizará con materiales de la región, tales como piedras, troncos, penca de maguey, etc. Y se resaltarán con pintura vinílica blanca o una mezcla de cal con suficiente sal, para que la lluvia no la deslave. Si la superficie de terreno es muy clara se usará pintura negra para lograr el suficiente contraste. Las señales serán colocadas y pintadas en la fecha más próxima posible al vuelo para la toma de fotografías, con el

propósito de disminuir la posibilidad de que las condiciones atmosféricas o la gente las destruya.

Una vez marcados los puntos de control terrestre se procede a su medición por medio de GPS (sistema de geoposicionamiento global) o topografía de precisión si se tienen definidos puntos de liga (cuando por ejemplo se liga a otro tramo o proyecto existente), para finalmente tener las coordenadas XYZ de todos los puntos (vértices de la poligonal de referencia y puntos de control lateral).

### III.2.3 Fotografías aéreas

Regularmente las fotografías de estudio aerofotogramétrico para anteproyecto se toman escala 1:25,000 (vuelo alto), mientras que para proyecto definitivo se toman a escala 1:10,000 (vuelo bajo), aclarando que es la SCT quien decide estas condiciones, ya que esta última en ocasiones es aplicada para el anteproyecto en zonas de vegetación muy densa.

Una vez que la SCT aprueba el plan de vuelo y la señalización de control terrestre está terminada, se procede al vuelo y la toma de fotografías cubriendo la trayectoria de cada una de las líneas de vuelo programadas en el plan de vuelo.

Durante el desarrollo de cada línea de vuelo se vigilará a través del intervalómetro que la deriva (ángulo de giro a través del eje vertical), el cabeceo (ángulo de inclinación longitudinal) y el alabeo (ángulo de inclinación transversal) no excedan las tolerancias de las normas y de ser así el fotonavegante informará al piloto para que realice los ajustes pertinentes.

Tolerancias para la toma de fotografías

Movimiento	Tolerancia máxima en grados
Deriva ( $\kappa$ )	4
Cabeceo ( $\phi$ )	3
Alabeo ( $\omega$ )	3

Una vez concluida la toma de fotografías en toda la longitud de una línea de vuelo, el piloto de la aeronave hará las maniobras necesarias para proseguir con las líneas subsecuentes del plan de vuelo, haciéndose adicionalmente por parte del fotonavegante un reporte de cada línea, en el que se señale la escala de las fotografías, las condiciones meteorológicas y el tipo de terreno fotografiado entre otros aspectos, que permitan verificar el plan de vuelo y valorar el resultado de las tomas.

Finalizado el vuelo incluidas la toma de fotografías de todas las líneas marcadas en el plan de vuelo, se procede al revelado de las mismas, el cual tiene un proceso y control de calidad específico que SCT marca en su normatividad.

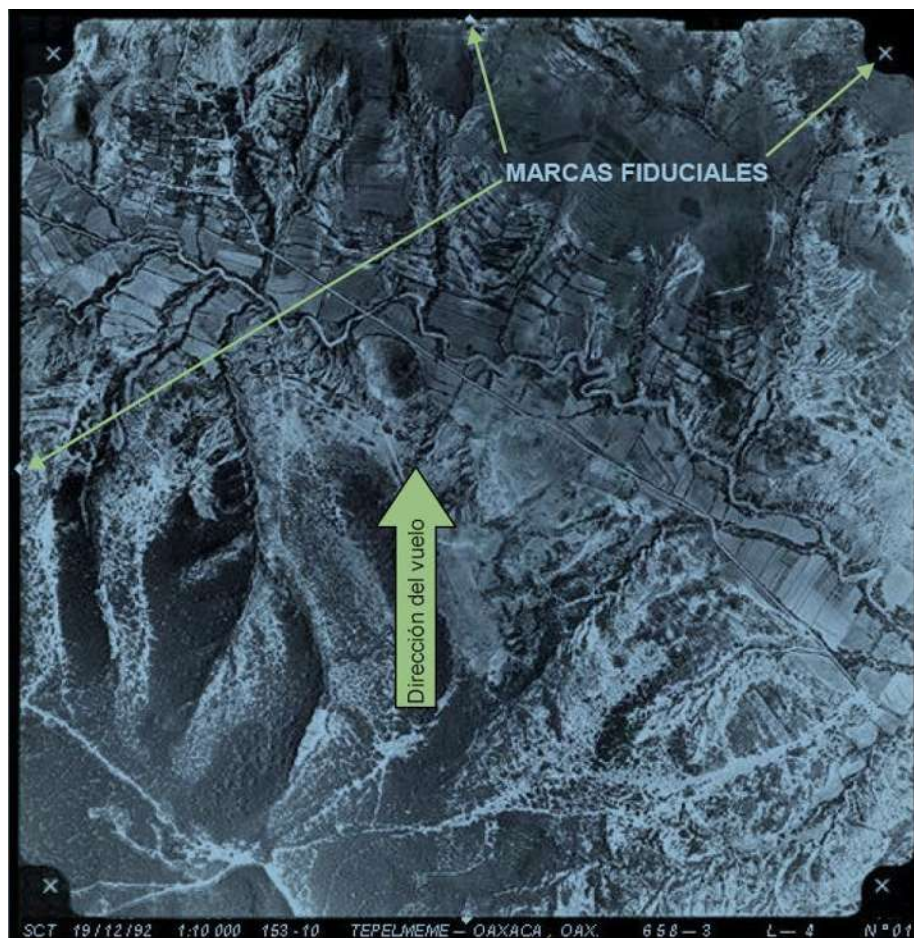
Una vez finalizado de forma óptima el proceso de revelado se continúa con el trabajo denominado control de vuelo fotográfico, el cual consiste en realizar una revisión de los



negativos tanto físicamente como del contenido de la toma, verificando que cumpla con la normatividad referente. Entre otros aspectos se verifica la escala de las fotografías, la cobertura de las zonas de sobreposición, los ángulos de deriva, cabeceo y alabeo, la cobertura optima del eje preliminar del trazo o proyecto (dentro del tercio medio de la foto), así como el número de líneas de vuelo. Si existen fotografías que no cumplan con dichas condiciones se repetirán sus tomas cuantas veces sea necesario hasta cumplir con la mencionada normatividad.

Finalmente las fotografías ya impresas deberán cumplir con los siguientes requisitos:

Serán en blanco y negro, teniendo un área efectiva de imagen de 23x23 centímetros, marcando en los costados y las esquinas las marcas fiduciales y en sus bordes se indicara las siglas de SCT, fecha de toma, la escala, la distancia focal del lente de la cámara y su distorsión máxima en micrómetros (indicado en el certificado de calibración de la cámara), el nombre y número del proyecto, así como los números de la línea de vuelo y la fotografía.



Con el propósito de lograr el efecto estereoscópico y cubrir completamente el área bajo estudio, las fotografías de una misma línea de vuelo se sobrepondrán longitudinalmente a las inmediatas (anterior y posterior) entre 60 y 70 % y en su caso, lateralmente entre el 20 y el 30 % respecto a las fotografías de líneas de vuelo paralelas.

### III.2.4 Restitución fotogramétrica

La restitución fotogramétrica es el conjunto de trabajos de gabinete necesario para obtener con base en los pares estereoscópicos de las fotografías aéreas, la altimetría y los elementos planimétricos del terreno fotografiado y elaborar en forma digital las plantas topográficas que muestren sus modelos tridimensionales, mediante la reconstrucción de las condiciones de toma de las fotografías y la creación de los modelos estereoscópicos correspondientes, referenciados a un sistema de apoyo terrestre.

El proceso se realiza por medio de un instrumento llamado *Estación de restitución fotogramétrica* que consta de instrumentos fotogramétricos analógicos, analíticos o digitales (cualquiera de los 3), con una interface a un programa (software) fotogramétrico, que permite la restitución digital de los pares estereoscópicos.



Estacion de restitución fotogrametrica

Para hacer posible la restitución es necesario obtener en el instrumento estereoscópico una maqueta o modelo tridimensional (estereoscópico), geoméricamente semejante al terreno fotografiado, para lo que se reproducirán en el instrumento las condiciones de perspectiva existentes entre las imágenes y el terreno, en el mismo instante en que fueron tomadas las fotografías, mediante su orientación interior, su orientación relativa y su orientación absoluta.

◆ **Orientación interior:**

Con el propósito de reconstruir la perspectiva interior de cada fotografía, de forma que el cono de rayos proyectado sea geoméricamente semejante al cono de rayos que penetra al objetivo de la cámara, en el instante de la exposición, se determinarán y se corregirán los errores ópticos que se hayan producido durante su toma, tales como; la curvatura de los rayos luminosos que penetraron en la cámara (debido a los diferentes índices de refracción de las capas de aire que atravesaron), sus cambios de dirección ocasionados por los elementos ópticos de la cámara (comúnmente englobados en una distorsión radial), los cambios en las dimensiones

de la película por efecto de su proceso y la curvatura terrestre. Todos estos errores se corrigen mediante dispositivos ópticos que se introducen al hacer el copiado en el equipo de restitución o de forma numérica durante el proceso de digitalización de las imágenes en los equipos analíticos.

◆ **Orientación relativa:**

Con el objetivo de obtener la visión estereoscópica, con las diapositivas de las fotografías de un par estereoscópico, ambas se orientaran en la misma posición relativa que tuvieron en el momento de la exposición, de forma que se conserven las relaciones angulares de sus perspectivas centrales y evitar así la deformación de la imagen tridimensional. Para ello se ajustan los proyectores del equipo de restitución, haciendo uso de los movimientos de rotación y traslación de que están dotados, hasta hacer coincidir las imágenes en todo el modelo estereoscópico.

◆ **Orientación absoluta:**

Consiste en igualar las escalas horizontal y vertical del modelo estereoscópico con las del estudio fotogramétrico requerido (generalmente; si es proyecto definitivo 1:10,000 o si es anteproyecto 1:25,000) y que el modelo estereoscópico este en la posición correcta respecto a los puntos de control terrestre, haciendo las siguientes consideraciones:

▪ **Escala Horizontal:**

Obteniendo la distancia real entre dos puntos (comprendidos en el modelo estereoscópico), habiendo conocido sus coordenadas topográficas (x,y) previamente, se realizan los ajustes necesarios en la base entre diapositivas, hasta que la distancia real coincida con la respectiva entre los dos puntos del modelo (en la escala requerida).

▪ **Escala Vertical:**

Se requieren tres puntos de control vertical (comprendidos en el modelo estereoscópico), de los que se hayan determinado previamente las elevaciones reales (z) y se trasladara el modelo sobre los ejes instrumentales del equipo hasta que las elevaciones reales coincidan con las respectivas de los tres puntos del modelo (en la escala requerida).

Una vez obtenido el modelo estereoscópico a la escala requerida y debidamente orientado, se obtiene la información topográfica sobre las elevaciones y los elementos planimétricos del terreno, siendo esta información capturada de forma digital para su posterior edición y elaboración de la planta topográfica.

Una vez obtenida la información topográfica se edita mediante un programa CAD (dibujo asistido por computadora), plasmando todos los detalles topográficos y planimétricos que sean visibles en el área por restituir, tales como: curvas de nivel, carreteras pavimentadas, caminos revestidos, brechas, veredas, vías férreas, líneas de transmisión eléctrica, torres postes, líneas de comunicación, poblados, rancherías, construcciones, cercas, áreas de vegetación, zonas de cultivo, ríos, arroyos, canales, escurrimientos, etc. Todo siguiendo la simbología que al respecto emite la SCT.

De esta manera obtenemos la planta topográfica y el modelo tridimensional de terreno que permitirán realizar el anteproyecto o proyecto definitivo, por medio de software de computadora especial para diseño de carreteras.

### III.3 ESTUDIO TOPOGRAFICO

La topografía (de *topos*, "lugar", y *grafos*, "descripción") es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales (creados por el hombre). Se divide en *Planimetría* y *Altimetría*, la primera se refiere a las proyecciones en el plano horizontal (Planta) y la segunda a las de plano vertical (perfiles).

La topografía es una disciplina de aplicación mucho muy amplia, no solo dentro de la Ingeniería civil sin no de otras áreas como la arqueología, arquitectura, geografía, agronomía, etc.

Para nuestro caso nos ocuparemos de forma general en cuanto a su aplicación y proceso para el estudio geométrico de carreteras, en métodos directos (topografía terrestre).

Los estudios topográficos para carreteras se definen como; el conjunto de actividades de campo y gabinete necesarios para representar gráficamente y a una escala requerida, la configuración del terreno, mediante levantamientos planimétricos y altimétricos, con la finalidad de poder proyectar la carretera, intersecciones con otros caminos, las obras menores de drenaje y las obras complementarias.

Para la ejecución de estudio la SCT maneja de forma general el siguiente procedimiento.

- Trabajos Previos
- Estudio topográfico para el proyecto preliminar de carreteras
- Estudio topográfico para el proyecto definitivo de carreteras

#### III.3.1 Trabajos previos

##### ◆ **Recopilación de Información:**

Se refiere a la integración de la información de anteproyectos anteriores (en caso de existir) y datos complementarios que puede ser de utilidad para la ejecución del estudio como fotografías aéreas preexistentes, cartas de INEGI (topográficas, geológicas, edafológicas y de uso de suelo) y todo tipo de información que pudiera existir en organismos gubernamentales y privados.

##### ◆ **Reconocimiento de campo:**

Previo estudio de la información anterior se debe realizar un recorrido en la zona del proyecto con el propósito de corroborar dicha información, recabar datos que sean de utilidad para el estudio y poder programar los trabajos de campo.

#### III.3.2 Estudio topográfico para el proyecto preliminar de carreteras

Las actividades de este estudio consisten en trazar, nivelar y referenciar en campo el eje preliminar del camino, así como levantar las secciones transversales a este, con el propósito

de determinar en gabinete el modelo tridimensional de terreno en una franja de 200 metros a cada lado del mencionado eje (400 metros en total). La información de dicha franja nos servirá para estudiar (geoméricamente) las diferentes alternativas para definir el trazo definitivo.

Los trabajos en campo inician con la ubicación de los puntos característicos del eje por trazar, tales como los puntos de inflexión (PI) y sobre tangente (PST) (por ser preliminar no requiere curvas). En caso que en el primer punto del eje (inicio del cadenamamiento) no se cuente con coordenadas globales (xyz) ni forma de establecerse de otros puntos debidamente confiables, se utilizara una base de dos puntos establecidos mediante el sistema geoposicionamiento global (GPS).

Cada punto característico se marcara mediante un trompo con tachuela que no sobresalga del terreno más de 2 cm. señalando en él, el tipo de punto (PI o PST) y su cadenamamiento con pintura color rojo. Además se marcaran sobre el eje, los puntos de la estaciones con cadenamamiento cerrado a cada 20 metros, mediante estacas, señalizado el cadenamamiento con pintura del mismo color.

Adicionalmente se establecerán y marcaran en campo los puntos de referencia, que serán los vértices de la poligonal de apoyo a todo lo largo de la ruta del trazo y que permitirán reponer el trazo en cualquier momento.

Se establecerán 2 puntos de referencia por cada uno de los puntos de inflexión (PI) y cada uno de los Puntos sobre tangente (PST), que deberán ser intervisibles e interdistantes en 300 metros como máximo.

Los puntos de referencia se marcaran en campo por medio de varillas de 3/8" con 10 centímetros de longitud, ahogadas de mojonera de concreto de 20 centímetros de diámetro y 40 centímetros de profundidad. En zonas de acceso difícil, las mojoneras podrán sustituirse por piedras grandes que sobresalgan de la superficie del terreno, por troncos de árboles cortados al ras del suelo o por cualquier otro cuerpo fijo e inamovible.

Una vez conformados los elementos planimétricos antes mencionados prosigue la nivelación sobre el eje, que consiste en determinar las elevaciones del terreno natural en todos los puntos característicos (PI y PST), las estaciones con cadenamamiento cerrado a cada 20 metros y los puntos singulares, mediante nivelación diferencial con comprobación de ida y vuelta. Para este fin deberán generarse previamente 2 bancos de nivel como mínimo por cada km de trazo, debiendo estar sobre objetos fijos, permanentes e inamovibles. La elevación del banco de nivel de arranque se obtendrá a partir del punto de control terrestre más cercano.

Después de las actividades anteriores, se inicia con el levantamiento de secciones transversales a ambos lados del eje, hasta los límites de la franja en estudio del camino (regularmente 200 metros a cada lado). Se levantarán dichas secciones en todos los puntos característicos (PI y PST), las estaciones con cadenamamiento cerrado a cada 20 metros y los puntos singulares. Cada sección se denomina con el cadenamamiento del eje de trazo que le corresponda.

Adicionalmente se realizara el levantamiento planimétrico en la franja de terreno del estudio, para determinar en la geometría y ubicación en planta de todos los elementos existentes (construcciones, postes, cableado, torres de alta tensión, ductos, vías de comunicación, ríos, canales, etc.), con el objetivo de complementar la planta topográfica.

En este estudio también se incluye una propuesta de obras de drenaje, indicando la ubicación y estimado de la magnitud del escurrimiento de cada una, con base en un análisis de las condiciones topográficas e hidrológicas que se observen durante el estudio, además recomendar la ubicación de puentes necesarios.

En las actividades de gabinete toda la información debidamente procesada de estos levantamientos, se plasma en archivos digitales CAD y reportes de texto, que permitirán la realización del anteproyecto, por medio de software de computadora especial para diseño de carreteras. Cabe mencionar que una vez desarrollado el anteproyecto se obtiene el eje de trazo definitivo, con el cual desarrollaremos el estudio topográfico para el proyecto definitivo

### **III.3.3 Estudio topográfico para el proyecto definitivo de carreteras**

Las actividades de este estudio consisten en trazar, nivelar y referenciar en campo el eje definitivo del camino, el trazo definitivo y nivelación de las obras de drenaje, así como levantar las secciones transversales al eje definitivo, con el propósito de determinar en gabinete el modelo tridimensional de terreno en una franja de 30 metros a cada lado del mencionado eje (60 metros en total). La información de dicha franja nos servirá para desarrollar (geoméricamente) el proyecto definitivo de la carretera.

Los trabajos en campo inician con la ubicación de los puntos característicos del eje por trazar, tales como; los puntos de inflexión (PI), puntos sobre tangente (PST), Principio de espiral (TE), principio de curva circular (EC o PC), terminación de curva circular (CE o PT), terminación de espiral (ET).

Cada punto característico se marcará de la siguiente manera; mediante un trompo con tachuela que no sobresalga del terreno más de 2 cm. señalando en él, el tipo de punto y su cadenamiento, con pintura color azul para el caso de PI, EC y CE, en el caso de PST, TE, PC, PT y ET se marcarán en campo por medio de varillas de 3/8" con 10 centímetros de longitud, ahogadas en mojonera de concreto de 20 centímetros de diámetro y 40 centímetros de profundidad (en la mojonera se marcará el tipo de punto y su cadenamiento con pintura color azul). Además se marcarán sobre el eje, los puntos de las estaciones con cadenamiento cerrado a cada 20 metros, mediante estacas, señalizado el cadenamiento con pintura de color azul. Se deberán marcar al menos 3 puntos característicos por kilómetro.

Adicionalmente se establecerán y marcarán en campo los puntos de referencia, que serán los vértices de la poligonal de apoyo a todo lo largo de la ruta del trazo y que permitirán reponer el trazo en cualquier momento.

Se establecerán 2 puntos de referencia por cada uno de los puntos de inflexión (PI), Puntos sobre tangente (PST), los punto de principio y fin de curva circular (PC y PT) y de

Principio y fin de espiral (TE y ET), que deberán ser intervisibles e interdistantes en 300 metros como máximo.

Los puntos de referencia se marcarán en campo por medio de varillas de 3/8" con 10 centímetros de longitud, ahogadas de mojonera de concreto de 20 centímetros de diámetro y 40 centímetros de profundidad. En zonas de acceso difícil, las mojoneras podrán sustituirse por piedras grandes que sobresalgan de la superficie del terreno, por troncos de árboles cortados al ras del suelo o por cualquier otro cuerpo fijo e inamovible.

Una vez conformados los elementos planimétricos antes mencionados prosigue la nivelación sobre el eje, que consiste en determinar las elevaciones del terreno natural en todos los puntos característicos (PST, PI, TE, EC, PC,PT, CE Y ET ), las estaciones con cadenamiento cerrado a cada 20 metros y los puntos singulares, mediante nivelación diferencial con comprobación de ida y vuelta. Podrán utilizarse en este caso los bancos de nivel generados durante el estudio topográfico para anteproyecto (previa verificación de los mismos).

Después de las actividades anteriores, se inicia con el levantamiento de secciones transversales a ambos lados del eje, hasta los límites de la franja en estudio del camino (regularmente 30 metros a cada lado). Se levantarán dichas secciones en todos los puntos característicos, las estaciones con cadenamiento cerrado a cada 20 metros y los puntos singulares. Cada sección se denomina con el cadenamiento del eje de trazo que le corresponda.

Adicionalmente se realizara el levantamiento planimétrico en la franja de terreno del estudio, para determinar en la geometría y ubicación en planta de todos los elementos existentes (construcciones, postes, cableado, torres de alta tensión, ductos, vías de comunicación, ríos, canales, etc.), con el objetivo de complementar la planta topográfica.

En este estudio también se incluye el trazo y nivelación de los ejes de las obras de drenaje menor, propuestas durante el estudio topográfico para proyecto preliminar, lo cual se desarrolla de la siguiente manera.

El cadenamiento del eje por trazar tendrá su origen en la intersección con el eje definitivo, siendo positivo hacia la derecha en el sentido de cadenamiento de dicho eje y negativo hacia la izquierda. Se marcará mediante estacas a cada veinte metros, así como los puntos singulares que caractericen cambios en la pendiente del terreno. Además se marcarán dos puntos de referencia a la derecha y dos a la izquierda de la intersección de eje de camino con el de la obra (marcados en la misma forma que la referencias del trazo definitivo).

La nivelación se realizara determinando los niveles de los puntos estacados en el trazo de la obra de drenaje, a través de nivelación diferencial.

Toda la información de estos levantamientos se plasma en archivos digitales CAD y reportes de texto, que permitirán la realización del Proyecto definitivo, por medio de software de computadora especial para diseño de carreteras.

### III.4 ESTUDIO GEOLOGICO

La Geología (del griego *geo* "Tierra" y *logos* "Estudio") es la ciencia que estudia la composición y estructura interna de la Tierra, y los procesos por los cuales ha ido evolucionando a lo largo del tiempo.

En realidad, la Geología comprende un conjunto de "ciencias geológicas", así conocidas actualmente desde el punto de vista de su pedagogía, su desarrollo y aplicación profesional. Siendo muy amplia su variedad, entre ellas encontramos las siguientes: Geofísica, Geoquímica, Geotermia, Petrología, Geomorfología, Sismología, Vulcanología etc.

Dentro de la Geofísica encontramos una rama de apoyo importante para la ingeniería civil, es la Geotecnia, también conocida como Ingeniería Geotécnica.

La Ingeniería geotécnica es la rama de la Ingeniería civil e ingeniería geológica que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes de la Tierra. Los ingenieros geotécnicos investigan el suelo y las rocas por debajo de la superficie para determinar sus propiedades y diseñar las cimentaciones para estructuras tales como edificios, puentes, centrales hidroeléctricas, estabilizar taludes, construir túneles y carreteras, etc.

Todas las obras de ingeniería civil se apoyan sobre el suelo de una u otra forma, y muchas de ellas, además, utilizan la tierra como elemento de construcción para terraplenes, diques y rellenos en general; por lo que, en consecuencia, su estabilidad y comportamiento funcional y estético estarán determinados, entre otros factores, por el desempeño del material de asiento situado dentro de las profundidades de influencia de los esfuerzos que se generan, o por el del suelo utilizado para conformar los rellenos.

Como ejemplo de lo anteriormente descrito tenemos a las carreteras, cuya estructura está conformada por terracerías, por lo cual es importante estudiar las propiedades de los suelos y las recomendaciones para el tratamiento como material de terraplén.

El estudio de Geotecnia es el instrumento para estos fines, más adelante se describen los conceptos manejando por la SCT para estas actividades, que dentro de su normatividad describe como parte del Estudio Geológico.

El estudio geológico se define como la determinación de las características litológicas y estructurales de los materiales existentes en el sitio en estudio, mediante un conjunto de técnicas y procedimientos que se usan para reconstruir su historia geológica. Con esta actividad se tienen los siguientes propósitos:

- ◆ Evaluación de una ruta
- ◆ Determinar las características geológicas de sitios donde se construirán cortes y terraplenes.
- ◆ Determinar las características geológicas de sitios donde se construirán cortes y terraplenes inestables.
- ◆ Determinación de las características geológicas de sitios donde se construirán túneles.



- ◆ Determinación de las características geológicas de sitios donde se construirán puentes.
- ◆ Evaluación de sitios para bancos de material

### III.4.1 Clasificación de estudios geológicos

Dependiendo del nivel de investigación los estudios geológicos se clasifica como: reconocimientos geológicos y estudios geológicos de detalle

#### ◆ **Reconocimientos Geológicos:**

Son los levantamientos geológicos someros de zonas que pueden ser pequeñas o hasta de centenas de kilómetros cuadrados, que se realizan en base a los planos topográficos, las fotografías aéreas a escala adecuada, mediante recorridos a pie, vehículo terrestre o en helicóptero en uno o varios días (según el medio de transporte), con los siguientes fines:

- Identificar en forma general los materiales que se encuentran en el área de estudio
- Determinar de forma aproximada la relación suelo-roca
- Identificar sitios probables de bancos de material
- Recomendar el tipo y características de los estudios geológicos de mayor detalle que se requieran, para definir y evaluar las zonas potencialmente inestables o la calidad y capacidad de los probables bancos de material.

#### ◆ **Estudios Geológicos de detalle:**

Son los levantamientos geológicos de sitios específicos, que se realizan con base en los reconocimientos geológicos, apoyados en los planos topográficos, las fotografías aéreas a escala adecuada, mediante recorridos a pie o vehículo terrestre , dependiendo del propósito del estudio, para:

- Determinar las diferentes unidades geológicas (suelo-roca) y ubicarlas en la posición estructural que les corresponda Columna estratigráfica, así como identificar estructuras mayores (fallas, plegamientos, discordancias y estratificaciones) y estructuras menores (fracturas, foliación y exfoliación)
- Identificar y evaluar las zonas potencialmente inestables
- Determinar y evaluar en forma preliminar, la calidad y capacidad de los posibles bancos de material.
- Definir el modelo geológico del área estudiada y en su caso proponer trabajos complementarios de mayor detalle, como la exploración directa y/o indirecta del subsuelo u otros estudios geológicos para detectar sitios alternos de bancos de material.

La ejecución de actividades para la elaboración de estos estudios se integra de la siguiente manera:

- Recopilación de Información

- Análisis de la Información Previa
- Levantamiento Geológico
- Modelo Geológico
- Informe técnico

### III.4.2 Recopilación de información

Con el propósito de obtener los datos que permitan determinar las características geológicas y contribuya a las zonificaciones litológicas y estructurales de la zona en estudio, se debe recopilar toda información de apoyo disponible tales como; las fotografías del estudio fotogramétrico, las cartas de INEGI (topográficas, geológicas, hidrológicas, edafológicas y de uso del suelo), escala 1:50,000 que contengan dicha zona. Cuando se trate de zonas urbanas preferentemente obtener las cartas topográficas a escala 1:5,000.

### III.4.3 Análisis de la información previa

Se analiza y se compara toda la información con el propósito de identificar aquellos factores que puedan contribuir a la correcta ejecución del estudio y programar los trabajos de campo que se requieran. Con la guía de las siguientes tablas se identifica la información pertinente para la correcta ejecución de las tareas

Características de planos topográficos para estudios geológicos

Propósito del estudio	Tipo de estudio	Escala mínima	Equidistancia mínima entre curvas de nivel (m.)	Seccionamiento máximo (m.)
Evaluación de una ruta	Reconocimiento	1:50,000	20.00	-
Cortes y terraplenes	Todos	1:2,000	1.00	20.00
Cortes y terraplenes inestables	Todos	1:2,000	1.00	10.00
Portales de túneles	Todos	1:500	1.00	10.00
Cuerpo de túneles	Todos	1:2,000	2.00	-
Puentes	Todos	1:2,000	1.00	20.00
Banco de material	Reconocimiento	1:10,000	5.00	-
	De detalle	1:500	1.00	-

Escalas de fotografías aéreas para estudios geológicos

Propósito del estudio	Tipo de estudio	Escala mínima	Observaciones
Evaluación de un trazo	Reconocimiento	1:50,000	De vuelo alto, preferentemente de 1:30,000 o 1:50,000
Cortes y terraplenes	Todos	1:10,000	De vuelo bajo
Cortes y terraplenes inestables	Todos	1:10,000	De vuelo bajo, preferentemente 1:5,000
Túneles	Todos	1:25,000	Se debe contar como mínimo con un juego estereoscópico de 3 fotografías aéreas de vuelo bajo que cubra un área de 21 Km <sup>2</sup> , tomando como centro el sitio donde se localice el trazo de la obra, lo cual corresponde con el área de una fotografía
Puentes	Todos	1:25,000	
	Reconocimiento	1:50,000	De vuelo alto, preferentemente 1:30,000
Banco de material	De detalle	1:10,000	De vuelo bajo, preferentemente 1:5,000 particularmente para estudios de detalle

Previo al levantamiento geológico cuando se cuente con estudio fotogramétrico es recomendable realizar un análisis estereoscópico de la fotografías aéreas, realizando un proceso de *Fotogeología* llamado *Fotointerpretación*: el cual consiste en analizar estereoscópicamente los rasgos de la superficie terrestre (morfología) con el objeto de definir la geología del sitio, principalmente el tipo de roca, las estructuras geológicas y su relación entre ellas, a través de la observación los siguientes aspectos:

- ◆ El o los sistemas de drenaje superficial, los que auxilian en la definición de litología del sitio.
- ◆ Los contactos de las diferente unidades de rocas, ya sea por cambios litológicos o tectónicos

- ◆ Todas las estructuras geológicas tales, como fallas, sistemas de fracturamiento, rumbos y echados de estratos, flujos de lava y zonas de deslizamiento entre otras.
- ◆ Las zonas de vegetación altas, zonas inundadas o inundables y cualquier rasgo o alteración natural que sirva como auxiliar para el estudio geológico
- ◆ Los puntos de verificación que convenga inspeccionar durante el levantamiento geológico, con el propósito de corroborar las interferencias que se desprendan de la fotogeología.
- ◆ Los rasgos físicos tales como caminos, brechas y veredas, poblados, ranchos y casas aisladas, así como las cercas o cualquier otra construcción o alteración hecha por el hombre.

Con los datos observados y las interferencias que se desprendan de la fotogeología, se elabora un plano fotogeológico que muestre claramente la zona estudiada, las diferentes unidades litológicas identificadas y en general todos los rasgos mencionados en los párrafos anteriores.

#### **III.4.4 Levantamiento geológico**

EL levantamiento geológico incluye todos los trabajos de campo y gabinete necesarios para deducir las características de las diferentes unidades de roca y suelo en el sitio que se estudie, con la finalidad de integrar un modelo geológico. En general lo integran las siguientes actividades:

- ◆ Recorrido de campo
- ◆ Muestreo
- ◆ Trabajo de laboratorio
- ◆ Proceso de información

#### **Recorrido en campo**

Con apoyo de los planos topográficos, así como los datos e interferencias que se desprendan de la Fotogeología, se efectúa un recorrido de campo para inspeccionar el área por levantar, realizando las siguientes actividades:

- Inspeccionar todos los puntos de verificación que se hayan establecido durante los trabajos de Fotogeología, para corroborar o corregir las observaciones e interferencias de la fotointerpretación.
- Identificar las diferentes unidades de roca y suelo, definiendo sus características, tales como; litología, grado de alteración, fracturamiento, actitud, entre otros.
- Identificar los límites horizontales y verticales de las diferentes unidades de roca, determinando en lo posible sus espesores y la relación entre ellas, con el objeto de deducir la estratigrafía del sitio,
- Evaluar sitios para bancos de material, deduciendo el tipo, calidad y volumen de materiales disponibles.
- Si el estudio es de detalle, levantar y marcar en los planos topográficos y fotografías aéreas, todos los datos estructurales que se observen en el campo, tales como; fallas,

plegamientos, estratificaciones, fracturas, foliación y exfoliación, entre otros, que permitan definir la relación estructural que guardan las diferentes unidades litológicas y en forma ordenada los sistemas de discontinuidades que afecten al macizo rocoso.

### **Muestreo**

Durante el recorrido de campo se recogen para el análisis de laboratorio como mínimo, una muestra de cada unidad de roca y suelo que se identifique dentro del área de estudio, conforme a lo siguiente:

- **Muestras de roca**  
La muestra de cada unidad de roca que se identifique será un fragmento seleccionado de roca sana y uno de roca alterada si el propósito del estudio lo requiere. El tamaño mínimo de los fragmentos es de 10 centímetros por lado, de manera que permita un adecuada laminación.
- **Muestras de suelo**  
De cada horizonte de suelo que se identifique, se toma como mínimo una muestra representativa de no menos de cuatro kilogramos. Cada muestra se envasa en una bolsa de plástico resistente o en cualquier tipo de recipiente que evite la contaminación.
- **Identificación, empaque, transporte y almacenamiento de muestras**  
Las muestras obtenidas (roca y suelo) se identifican, empacan, transportan y almacenan de la siguiente manera:
  - ▲ Cada fragmento de roca que integre una muestra se identifica marcándole en una de las caras con tinta permanente o pintura, el número de muestra que le corresponda, el nombre del sitio que se estudia, la unidad de roca a que pertenece y la posición que tenía en esa unidad, así como su clasificación visual
  - ▲ Cada muestra de suelo se identifica por medio de dos etiquetas, una que se fija en el envase y otra que se coloca en el interior, anotando en ambas el número de muestra, el nombre del proyecto para el que se realiza el estudio, el horizonte de suelo al que pertenezca y el sitio de donde se obtuvo, así como su clasificación manual.
  - ▲ Cada muestra de roca o suelo que se tome, se registra en una libreta de campo, asentando el nombre del proyecto para el que se realiza el estudio, su número y tipo de muestra, la unidad de roca o suelo a que pertenece, el sitio de donde se obtuvo, su posición y profundidad, la fecha en que se tomo, y todas las observaciones que sean pertinentes, incluyendo su clasificación visual y manual.
  - ▲ Las muestras de roca y suelo se empacan correctamente para evitar que durante el transporte se rompan o contaminen

- ▲ Para el transporte de las muestras del sitio de su obtención al laboratorio, se acomodan en el vehículo de transporte de tal manera que no se golpeen o dañen.
- ▲ Al recibir las muestras en el laboratorio se les asigna un número de identificación para su análisis y se almacenan en un espacio cerrado, techado, limpio y seco y se acomodan ordenadamente de tal forma que no se confundan no sufra caídas o alteraciones.

### **Trabajo de laboratorio**

A las muestras obtenidas durante el recorrido de campo y que se seleccionen como las representativas de cada unidad de roca o suelo se somete a los siguientes análisis o pruebas.

- **Análisis petrográfico**  
Se realiza el análisis petrográfico en muestras de roca ejecutado por un geólogo o ingeniero geólogo especializado en petrología especializado en petrología, para determinar formalmente el tipo, origen y clasificación de roca.
- **Análisis granulométrico**  
Se realiza granulometría simplificada y límites de consistencia en muestras de suelo para determinar formalmente su conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

### **Proceso de información**

Con base los resultados de la fotogeología, la información recabada durante el recorrido de campo la obtenida en el análisis de laboratorio, se realiza un proceso de gabinete con el objeto de determinar las características y la relación que guardan las diferentes unidades de suelo o roca en la zona del estudio, principalmente en los siguientes aspectos;

- Las edades relativas en las unidades de roca con base en las observaciones de campo y resultados de laboratorio.
- Las unidades que afecten en forma directa o indirecta a la obra para la que se realice el estudio.
- La relación que tienen las unidades identificadas en el campo con las unidades cercanas a la zona de estudio, deduciendo las variaciones que las primeras pudieran tener en sentido vertical y horizontal.
- Cuando se trate de un estudio geológico de detalle, la influencia que puedan tener en la obra para la que se realice el estudio, los diferentes sistemas de discontinuidades de las unidades de roca identificadas, analizando estadísticamente las estructuras que se presenten; como las fallas, planos de estratificación y fracturas entre otras, mediante diagramas estereográficos de conteo y de arcos obtenidos con la red de Schmidt, utilizando un programa de computadora aprobado por la SCT, haciendo el conteo de las discontinuidades y definiendo sus polos de concentraciones, así como los arcos con sus orientaciones e inclinaciones preferenciales que representan esos sistemas.

Estos diagramas que se dibujan preferentemente en hojas tamaño carta mostraran el tipo de litología, la ubicación de los diferentes sistemas de discontinuidad, sus concentraciones e inclinaciones preferenciales, la identificación del proyecto o la obra para la que se realiza el estudio, así como el numero de datos que se procesaron.

#### **III.4.5 Modelo geológico**

Todos los datos obtenidos del levantamiento geológico se presentan mediante el modelo geológico integrado con la precisión que corresponda según el tipo de estudio ejecutado y mediante los siguientes documentos:

- ◆ Planta geológica: conteniendo toda la información obtenida y procesada del levantamiento geológico.
- ◆ Secciones geológicas: Se marcaran en cantidad suficiente para definir claramente el modelo geológico, mostrando verticalmente toda la información obtenida y procesada durante el levantamiento geológico.

Si la magnitud del área estudiada lo permite, las secciones se dibujan en el mismo plano que contenga la planta geológica, para facilitar la comprensión del modelo geológico.

Este estudio se complementa con el plano fotogeológico, un informe técnico, un informe fotográfico y las libretas de registros en campo.

#### **III.4.6 Estudio de geotecnia**

El estudio geotécnico de terracerías a lo largo del tramo en estudio tiene como finalidad conocer las características de suelos y proporcionar las recomendaciones para la elaboración del proyecto constructivo de terracerías y cimentación de las obras de drenaje menor.

Actividades del estudio de Geotecnia

- ◆ Previamente a la ejecución de los trabajos de campo, se revisará y analizará el anteproyecto de la carretera.
- ◆ Efectuar un reconocimiento de campo, con fotografías aéreas y el larguillo que contenga la Ruta del Eje de Proyecto, con el fin de determinar las unidades geotécnicas de suelos y/o rocas, detectando además los problemas especiales o particulares.
- ◆ Realizar excavaciones en pozos a cielo abierto a cada 500 m en promedio, sobre el eje del camino, con una profundidad mínima de 2.50 m, o limitadas por el nivel freático o por la presencia de roca; con el fin de determinar los pesos volumétricos en los diversos estratos, obteniéndose muestras alteradas o representativas de cada estrato.
- ◆ Al realizar la inspección de campo y obtenerse la información geotécnica, se seleccionarán las muestras de suelo y rocas para su manejo, traslado y programarán

los ensayos que se practicarán. Realizándose el llenado de las tablas de recomendaciones para el proyecto de terracerías.

- ◆ Se localizarán y estudiarán los bancos de terracerías, verificando su ubicación y distancias de acarreo respecto al eje de proyecto, determinándose su volumen, considerando las necesidades del proyecto. Se estudiará un banco por cada 3 km en promedio para la construcción de terracerías, cuidando especialmente los bancos destinados para la construcción de la subrasante. La exploración del banco se realizará mediante 6 excavaciones en pozos a cielo abierto, con una profundidad mínima de 3 m, con un muestreo representativo, con el cual se determinará: estratigrafía, volumen del material aprovechable, tratamiento, ubicación, características geotécnicas y se reportarán las recomendaciones para su exploración y su croquis de localización.
- ◆ Se elaborarán perfiles mostrando la estratigrafía de suelos y rocas.
- ◆ Recomendaciones para ubicación de obras complementarias de drenaje, subdrenaje, construcción de muros de contención y cimentación de obras de drenaje menor.
- ◆ Antes de que se elabore la presentación del estudio definitivo se llevará a cabo por parte de la SCT, una revisión de toda la información obtenida en campo y laboratorio, para que se hagan recomendaciones y observaciones que deberán tomarse en cuenta para el informe final.

Elementos que integran el Estudio geotécnico y proyecto del pavimento para elaboración del proyecto constructivo de terracerías y drenaje menor.

➤ **Informe explicativo del estudio**

Este escrito se formará con los puntos que a continuación se citan:

- Introducción
- Antecedentes y generalidades.
- Forma en que se efectúe el estudio.
- Descripción de las características geográficas de la región en donde se ubica el proyecto, proporcionando datos sobre:
  - ▲ Morfología.
  - ▲ Hidrología.
  - ▲ Climatología.
- Descripción de la zona donde se desarrolla el proyecto, proporcionando datos sobre:
  - ▲ Topografía.
  - ▲ Geología.
  - ▲ Drenaje.
- Procedimientos de Construcción.
- Comentarios en relación con los problemas que pueden presentarse durante la construcción y operación de la carretera, así como sus posibles soluciones.
- Conclusiones y recomendaciones.

➤ **Croquis de localización**

Marcado sobre cartografía INEGI Esc. 1:50,000 de la zona en donde se desarrolla el proyecto. En el croquis se anotarán los detalles y referencias necesarias para la localización de las unidades a que se hace referencia en el informe.

➤ **Ensayes**

Realizados a los materiales de las muestras obtenidas en eje de trazo, como son: límites de consistencia, granulometría, peso volumétrico seco suelto y máximo, valor relativo de soporte ASSHTO estándar y/o modificado.

➤ **Datos de Suelo**

Para el proyecto constructivo de terracerías, proporcionando, en forma de tabla, la siguiente información (ANEXO 1)

- Espesor de los estratos encontrados a lo largo de línea.
- Descripción de los materiales, indicando para suelos: nombre, color, consistencia o compacidad, grado de plasticidad, porcentaje de contenido de grava y fragmentos de roca, grado de humedad, etc., para rocas: nombre y origen geológico, estado de intemperización y fracturamiento, echado de los estratos, materiales que se obtendrán al ser explotados, etc.
- Clasificación (SUCS – SCT).
- Utilización probable.
- Tratamiento requerido.
- Coeficiente de variación volumétrica para materiales compactables (a 90, 95, y 100 % de compactación con respecto al PVSM de la prueba ASSHTO estándar o modificada) y coeficiente de bandeado para materiales no compactables.
- Taludes recomendables en cortes y terraplenes, así como precauciones que deben tomarse para la excavación de los cortes.
- Indicaciones sobre despalme y otras preparaciones requeridas en las áreas de desplante de los terraplenes.
- Recomendaciones generales en relación con la construcción de terracerías, relativo a estabilidad de taludes, zonas inestables, problemas de subdrenaje, de terracerías sobre suelos blandos, estabilización de suelos, etc.
- Procedimientos de construcción para la formación de las distintas capas que integran la sección estructural de las terracerías. Indicándolas en croquis de la sección transversal.

➤ **Bancos de préstamos**

Para la construcción de las terracerías, así como de las capas subrasante y subyacente.

- Ubicación y desviación referida a la línea de proyecto.



- Denominación del banco y/o datos de identificación.
  - Datos de los materiales (descripción, utilización probable, tratamiento requerido, coeficiente de variación volumétrica, clasificación para presupuesto, etc.
  - Ensayes para determinar las propiedades índices, tales como límite líquido, límite plástico, contracción lineal, composición granulométrica y ensayes de resistencia como: VRS estándar y modificado, obtenidos en pruebas ASSHTO.
  - Dimensiones del banco.
  - Volúmenes aprovechables.
  - Recomendaciones para el ataque.
  - Croquis de localización.
- **Resumen de bancos**
- Tabla resumen de bancos de materiales que se proponen para terracerías, indicando
- Número progresivo del banco.
  - Nombre del banco, localización (ubicación del banco con respecto al eje de trazo).
  - Clasificación geológica de los materiales.
  - Clasificación de los materiales para presupuesto.
  - Espesor de despalme.
  - Utilización del material.
  - tratamiento que requiere el material para su utilización. En caso necesario recomendaciones para el ataque del banco.
  - Capacidad del banco.
- **Recomendaciones para obras de drenaje**
- Recomendaciones para la cimentación de las obras de drenaje menor, proporcionando para cada obra:
- Capacidad de carga del terreno en donde se desplantarán.
  - Profundidad de desplante.
  - Datos de los materiales que formen el terreno (tipo y condiciones en que se encuentra).
  - Tipo de arrastre del escurridor.
  - Recomendaciones respecto a dentellones, lavaderos, zampeados, canales de encauzamiento, etc., necesarios para el buen funcionamiento de la obra.
  - Indicaciones sobre si se puede considera efecto de arco.
  - Recomendaciones para la construcción.
  - Canales de encauzamiento para protección de la obra.
- **Muros de contención.**
- En caso de que en el proyecto constructivo de terracerías se contemplen muros, se deberán dar recomendaciones para la cimentación de muros de retención y/o contención proporcionando:

- Capacidad de carga del terreno.
- Distancia del talud natural a la que deberán desplantarse.
- Recomendaciones para proyecto y construcción.
- Profundidad de desplante.

### III.5 ESTUDIO HIDROLÓGICO

La hidrología (del griego *hidro*: agua, y *logos*: estudio) es la ciencia que se dedica al estudio de la distribución, espacial y temporal, y las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares.

En caso de la ingeniería civil el comportamiento natural de los movimientos del agua, representan siempre un reto a superar en la construcción de obras de infraestructura, siendo factor muy importante a estudiar y ser considerado en la soluciones de construcción y protección para dichas obras. Para el Proyecto de carreteras los paso por cuerpos de agua generalmente se solucionan respetando las condiciones de funcionamientos de estos, construyendo obras especiales (puente, ataguías, bóvedas, entubamientos, etc.) donde se permita su libre movimiento natural, sin causarle deterioro a los elementos de la obra.

Para este caso, se realiza un estudio hidráulico-hidrológico, que nos dará las condiciones prevalecientes de la zona y así poder definir el diseño de las obras optimas y necesarias para garantizar la nula afectación a la carretera.

El estudio hidráulico-hidrológico que proporciona al proyectista los datos hidráulicos requeridos para el diseño estructural de un puente, es el conjunto de trabajos de campo y gabinete que definen su diseño hidráulico, estableciendo las longitudes mínimas de la estructura y de sus claros, así como el espacio libre vertical mínimo que ha de dejarse entre el nivel de aguas de diseño (NADI) y el lecho inferior de la superestructura. Comprende la recopilación de información fisiográfica e hidrológica, el reconocimiento de campo, el levantamiento topográfico, el proceso de la información y los análisis hidrológicos e hidráulicos, que permitan precisar las características del flujo del cauce y la determinación del tipo, número, ubicación y funcionamiento de las obras auxiliares que permitan el comportamiento satisfactorio del puente.

#### III.5.1 Recopilación de datos

Para disponer de los datos que permitan determinar las características fisiográficas e hidrológicas de la cuenca en estudio, se requiere obtener la siguiente información:

◆ **Información fisiográfica**

Se refiere a la integración de la información de cartas de INEGI (topográficas, geológicas, hidrológicas, edafológicas y de uso de suelo) y todo tipo de información que pudiera existir en organismos gubernamentales y privados.

◆ **Información Hidrológica**

Determinar la existencia y ubicación de estaciones pluviométricas y pluviograficas dentro de la cuenca y/o de las zonas más cercanas a la región hidrológica, así como

estaciones hidrométricas en la corriente en estudio o en su defecto de corrientes vecinas con características fisiográficas semejantes, recabando de ellas la siguiente información.

- Registros de lluvias en las estaciones pluviométricas y pluviograficas, que contengan información, preferentemente de un periodo igual o mayor que la mitad del periodo de retorno que se establezca para el diseño hidráulico del puente. A Mayor número de años de registro y menor área de cuenca, los datos serán más confiables.
- Registros Hidrométricos en las estaciones hidrométricas que contengan información anual de los aforos de acuerdo con las condiciones geométricas y de rugosidad del tramo donde se ubiquen, preferentemente de un periodo igual o mayor que la mitad del periodo de retorno que se establezca para el diseño hidráulico del puente.

### **III.5.2 Trabajos de campo**

Se realiza inicialmente un reconocimiento de campo para corroborar la información recabada así como recabar los datos que sean útiles para determinar las características fisiográficas y en su caso hidrológicas de la cuenca, así como conocer el comportamiento histórico de la corriente natural y programar los trabajos de topografía, este proceso debe ser realizado por un especialista en hidráulica con conocimientos de topografía, considerando lo siguiente:

#### **◆ Corroboración de información disponible**

Debido a que la información que se recaba es generada con mucha anterioridad a la realización de estudio es necesario verificar los siguientes aspectos, que pueden influir en la determinación de la característica de la cuenca.

- Que la información contenida en las cartas topográficas no haya sufrido alteraciones sustanciales debido a la construcción de obras, explotación de recursos y/o desastres naturales.
- Que en la Edafología, el tipo y uso de suelo, el tipo y la densidad de vegetación continúen como se indica en las cartas correspondientes.
- Que durante los lapsos que abarquen los registros obtenidos de estaciones hidrométricas, pluviométricas y pluviograficas, no se hayan realizado obras tales como presas, bordos, desvíos y encausamientos entre otros, que provoquen cambios en las características hidrológicas de la cuenca.

#### **◆ Obtención de datos de campo**

Durante el reconocimiento de campo y particularmente cuando no exista o sea deficiente la información fisiográfica e hidrológica disponible o cuando dicha información sufrió las alteraciones antes descritas, deben recabarse lo siguientes Información:

- Tipo, magnitud y causa de las alteraciones topográficas que influyan en los escurrimientos marcándolas en las cartas topográficas.
- Las alteraciones y sus causas, incluyendo cualquier cambio en las características del suelo y materiales superficiales, así como el estado de

humedad que influya en los escurrimientos, marcándose en las cartas edafológicas y de uso de suelo.

- Tipo, densidad y alteraciones en la vegetación dentro de la cuenca, registrando esta información en las cartas edafológicas y de uso de suelo.
- Tipo, geometría, dimensiones, ubicación y funcionamiento de obras existentes dentro de la cuenca, que influyan en su funcionamiento hidráulico.
- Tipo y dimensiones de los cuerpos flotantes en la corriente, generalmente constituidos por los arboles cercanos al cauce, para fijar la longitud mínima de claros del puente.
- Tipo y dimensión de los materiales arrastrados en el fondo del cauce principal tales como rocas, cantos rodados, grava y arena.
- Los niveles alcanzados por el agua en el cauce, particularmente durante la creciente máxima que se tenga noticia, que determinan el gasto máximo observado en campo ( $Q_{oc}$ ), precisando si ocurrió solo una vez o si han sido varias investigar la frecuencia, estimando así el periodo de retorno. Esta información se obtiene consultando a los lugareños.  
Además se pueden identificar las trazas en el terreno del nivel alcanzado por el agua, detectando las huellas de arrastre en suspensión que la corriente haya dejado.
- La tendencia del río a depositar o socavar su fondo, a fin de considerar el espacio libre vertical en el primer caso y en el segundo la profundidad de la cimentación.

#### ◆ **Levantamiento Topográfico**

- **Replanteo de eje de proyecto**

Con base en la referencias de trazo establecidas en el proyecto geométrico se replantea el eje de proyecto marcándolo con estacas en las estaciones cerradas a cada 20 metros y mediante trompos con tachuela los puntos singulares (PI, PC, PT, PST) en una longitud mínima de 300 metros (la distancia necesaria se estima en la visita de reconocimiento) a cada lado de los probables apoyos del puente.

- **Nivelación de eje de proyecto**

Una vez replanteado el eje horizontal se procede a levantar el su perfil de terreno natural, considerando como referencia los bancos de nivel usados para el proyecto geométrico, con una nivelación diferencial de comprobación ida y vuelta.

- **Poligonales de apoyo**

Se trazan y nivelan con comprobación de ida y vuelta poligonales de apoyo sustentadas en el eje de proyecto de forma que la topografía que se levante cubra hacia aguas arriba y abajo, longitudes tales que permitan definir la dirección de los escurrimientos, el esviajamiento del puente, la probable ubicación de los apoyos y en su caso, de las obras auxiliares tomando en cuenta lo siguiente:

- ▲ Las poligonales se extienden como mínimo hasta 150 metros aguas abajo y 500 metros aguas arriba.
  - ▲ En el caso de cauces con inestabilidad y/o erosión en sus márgenes, las poligonales se prolongan lo necesario para que el levantamiento topográfico comprenda los cambios de dirección que presenta la corriente, en una distancia que permita definir las obras de protección y encauzamiento tales como; diques, bordos, y enrocamientos entre otros.
  - ▲ En ríos con llanuras de inundaciones muy extensas, de más de 1 kilómetro de ancho, las poligonales se prolongan aguas arriba, hasta la distancia necesaria para definir la tendencia del escurrimiento que pueda afectar al puente y aguas abajo hasta 200 metros, siendo recomendable complementar la topografía con la fotointerpretación de fotografías aéreas.
  - ▲ En cauces con ancho mayor de 200 metros las poligonales se trazan en ambas márgenes.
  - ▲ En todos los casos las poligonales se trazan mediante tangentes sensiblemente paralelas al cauce, indicando mediante trompo y tachuela los puntos singulares (PI y PST) y mediante estacas los puntos de estaciones a cada 20 metros.
- **Secciones transversales**

Las secciones transversales se trazan perpendiculares al cauce levantando y nivelando todos los quiebres notables del terreno y se ubican todas construcciones colindantes, postes y cableados, torres de alta tensión, ductos superficiales, y subterráneos, obras existentes, vías de comunicación, arroyos, etc.

    - ▲ **Secciones topográficas para planta general:**

Se trazan normales a la dirección del escurrimiento, sustentadas en el eje de la poligonal de apoyo a cada 20 metros y puntos singulares, cubriendo el ancho del cauce (30 metros como mínimo), mas allá de las trazas con el terreno natural del nivel alcanzado por el agua en el cauce, durante la creciente máxima de que se tenga noticia.
    - ▲ **Secciones topográficas para planta detallada**

Se trazan paralelas al eje de proyecto, sustentadas en el eje de la poligonal de apoyo a cada 20 metros y puntos singulares, cubriendo una superficie rectangular con un largo en la dirección longitudinal de 30 metros como mínimo, mas allá de las trazas con el terreno natural del nivel alcanzado por el agua en el cauce, durante la creciente máxima de que se tenga noticia o igual a la longitud estimada del puente si esta resulta mayor. Y en la dirección transversal hasta 60 metros aguas arriba y aguas abajo del mencionado eje.
  - **Pendientes geométrica o Hidráulica**

Para determinar la pendiente hidráulica media del cauce en estudio, con el propósito de definir el caudal que escurre por él y si los tirantes de agua lo

permiten, se levanta el perfil de fondo por el eje del cauce, que determina la pendiente geométrica o en el caso de cauces con tirantes de agua importantes, el perfil de la superficie del agua al realizar el estudio, que define la pendiente hidráulica, considerando lo siguiente:

- ▲ El trazo y nivelación del perfil para la pendiente geométrica o hidráulica se realiza siguiendo el sentido general del escurrimiento en crecientes máximas extraordinarias, desde 200 metros o 2 veces el ancho del cauce (el resultante mayor), aguas arriba de la sección hidráulica extrema localizada aguas arriba y hasta 100 metros agua abajo de la sección hidráulica extrema que se ubique aguas abajo, obteniendo los niveles en puntos a cada 20 metros.
- ▲ En la confluencia de dos escurrimientos se levantan los perfiles para las pendientes geométricas o hidráulicas de cada uno de ellos y del cauce aguas debajo de la confluencia.

■ **Secciones hidráulicas**

Se trazan 3 secciones hidráulicas como mínimo sustentadas en la pendiente geométrica en el caso de cauces secos o en las poligonales de apoyo en el caso de cauces con agua; una aguas arriba, otra en el cruce del cauce con el eje de proyecto y la última aguas abajo, separadas entre sí una distancia aproximadamente 4 veces el ancho del cauce, excepto cuando se trate de un canal recto, con pendiente sección y rugosidad uniformes, en cuyo caso basta con la sección hidráulica que se ubique en el cruce.

Las secciones hidráulicas se trazan normales a la dirección del escurrimiento y se extienden hasta 30 metros más allá de las trazas con el terreno natural del nivel alcanzado por el agua en el cauce durante la creciente máxima de que se tenga noticia.

Cada sección hidráulica se divide en tramos atendiendo a las diferentes características de la vegetación, de los materiales que constituyan el cauce y a los tirantes de agua, para determinar los coeficientes de rugosidad que se utiliza en el método manning para obtención de gasto (Q)

■ **Levantamiento de puentes existentes sobre el cauce en estudio.**

Se investiga la existencia de puentes construidos sobre el cauce en estudio, que por sus condiciones hidráulicas y topográficas semejantes al sitio donde se construirá el nuevo puente, puedan constituir modelos hidráulicos a escala natural, para lo cual, entre ambas estructuras no debe existir un afluente importante.

De existir dichos puentes se investiga su antigüedad y se levantan geométrica e hidráulicamente, poniendo especial énfasis en la elevación de la superficie del agua de la creciente máxima registrada en relación con el nivel inferior de la superestructura, en su esviaje, en la ubicación y geometría de sus apoyos y de ser posible en el tipo y profundidad del desplante de su cimentación, señalando si existen indicios de socavación en ellos o si la corriente tiene tendencia a erosionar su fondo o a depositar

azolve. Se indica si el puente ha tenido un comportamiento hidráulico satisfactorio durante las crecientes máximas y si ha sido modificado en sus dimensiones. Se registran los daños ocasionados por las crecientes, tales como socavación de sus apoyos o erosión de sus terraplenes de acceso. De contarse con los estudios topohidráulicos, hidrológico o hidráulico-hidrológico y el proyecto levantado, se revisa si este se ha comportado conforme a las hipótesis usadas para su diseño.

### III.5.3 Proceso de información

El proceso de la información obtenida del reconocimiento de campo y el levantamiento topográfico, consiste en determinar las características fisiográficas e hidrológicas de la cuenca en estudio.

#### ◆ Características fisiográficas

Se determinan las siguientes características fisiográficas:

- **Área de la cuenca.**  
Constituye la superficie de terreno que contribuye al escurrimiento, dirigiéndolo hacia el cauce principal y sus tributarios, delimitada por el parteaguas o línea imaginaria definida por los puntos de mayor elevación topográfica.
- **Pendiente media y longitud del cauce principal.**  
Se calcula la pendiente media del cauce principal, es decir la corriente de mayor longitud dentro de la cuenca, medida desde su inicio hasta el sitio donde se ubicara la obra. Las corrientes de menor longitud se consideran tributarias del cauce principal.
- **Coefficiente de escurrimiento de la cuenca.**  
Es el coeficiente que permite deducir mediante el Método Racional, la infiltración del agua en el subsuelo y la relación entre el agua que escurre y la que se precipita, factores que determinan el escurrimiento en el cauce principal debido a la precipitación sobre la cuenca. Este coeficiente está determinado por las condiciones de la superficie de la cuenca, dada por la geología, el tipo y uso de suelo, el tipo y densidad de la vegetación y la existencia de cuerpos de agua tanto naturales, como construidos por el hombre.
- **Pendiente hidráulica media del cauce principal.**  
La pendiente media se determina siempre que sea posible, en 200 metros o 2 veces el ancho del cauce (el resultante mayor), aguas arriba de cada sección hidráulica considerada.
- **Coefficiente de rugosidad.**  
Es el coeficiente que permite determinar mediante el Método de Manning, la velocidad y el gasto para cada uno de los tramos de las secciones hidráulicas consideradas.
- **Funcionamiento hidráulico del cauce principal.**

El funcionamiento que presenta el cauce principal en función de los almacenamientos de agua (naturales y artificiales) y cualquier obra hidráulica que pueda influir en su comportamiento, debiendo ser analizados para determinar la forma en la que afectan al escurrimiento.

◆ **Características Hidrológicas:**

Las características hidrológicas que se deben determinar son las siguientes:

▪ **Características de precipitación.**

La precipitación está caracterizada por la intensidad de las lluvias y su distribución en el tiempo, determinadas a partir de los datos obtenidos de las estaciones pluviométricas y pluviográficas, que permiten estimar los escurrimientos que han de utilizarse en el diseño de la obra, de acuerdo con la duración de las tormentas y los periodos de retorno que se establezcan.

▪ **Características de escurrimiento:**

El escurrimiento está caracterizado por los gastos máximos anuales medidos en las estaciones hidrométricas, que permiten estimar los gastos que han de usarse en el diseño del puente, de acuerdo con los periodos de retorno que se establezcan.

### III.5.4 Análisis hidrológicos

A partir de las características fisiográficas e hidrológicas se desarrolla un análisis para determinar los gastos que han de utilizarse en el diseño hidráulico del puente. Los métodos disponibles para este análisis son los siguientes y dependen del tipo y confiabilidad de la información.

◆ **Métodos empíricos.**

Estos métodos arrojan resultados poco confiables, pues proporcionan el gasto prácticamente con base en las características fisiográficas, por lo que comúnmente solo se aplican para tener un resultado preliminar del escurrimiento. El método empírico más comúnmente utilizado es el de *Creager*, aplicado para cuencas mayores de 30 kilómetros cuadrados.

◆ **Métodos semiempíricos.**

Se aplican cuando se dispone de información que caracterice la precipitación, la que relacionada con las características fisiográficas de la cuenca en estudio, permite calcular la magnitud de los escurrimientos en el sitio donde se proyecte la nueva estructura, para los periodos de retorno que se establezcan. Son métodos más confiables que los anteriores, siendo los más comúnmente usados los siguientes.

▪ **Método Racional.**

Usado para cuencas de hasta 25 kilómetros cuadrados, aunque también se puede aplicar en cuencas de hasta 100 kilómetros cuadrados, considerando que a mayor área menor grado de confiabilidad.

▪ **Método de Horton.**



Es aplicable a cuencas planas y de poca pendiente en la que el escurrimiento no ha formado cauces y fluye en forma laminar, como puede ser el proveniente de de una ladera, con área de hasta 1.5 kilómetros cuadrados.

- **Método de Chow.**

Es el más confiable de los métodos semiempíricos, basado en los conceptos de hidrogramas unitarios e hidrogramas unitarios sintéticos, suele usarse en cuencas menores de 25 kilómetros cuadrados, pudiéndose aplicar en cuencas con hasta 250 kilómetros cuadrados de superficie, considerando que a mayor área los resultados serán menos confiables.

- ◆ **Métodos estadísticos:**

Los métodos estadísticos se aplican cuando se dispone con registro de los gastos máximos anuales, medidos en las estaciones hidrométricas instalados en la corriente en estudio, o en corrientes vecinas de características fisiográficas y son más confiables para determinar la magnitud de los escurrimientos, en el sitio donde se proyecte la nueva estructura, de acuerdo con los periodos de retorno que se establezca, por lo que deben usarse siempre que sea posible.

### **Periodos de retorno.**

Los periodos de retorno que han de considerarse para determinar los gastos que se utilicen en el diseño del puente para que se realice el estudio son:

- **Periodo de retorno para gasto teórico de construcción**

El gasto de construcción ( $Q_{co}$ ), que es el máximo que ha de esperarse durante la etapa de construcción del puente por proyectar y que determina los tirantes correspondientes al nivel de aguas de construcción (NAC), permitiendo la definición de los procedimientos constructivos y de las obras de desvío o protección entre otras, se calcula para un periodo de retorno de 5 años.

- **Periodo de retorno para el gasto de diseño**

El gasto teórico de diseño ( $Q_{TDI}$ ), que hidrológicamente es el máximo que ha de esperarse durante la etapa de operación del puente por proyectar, se calcula para el periodo de retorno que se determine considerando el tipo, vida útil y el costo de la estructura, el costo de de las posibles reparaciones y el riesgo que se pueda aceptar de que la obra falle, así como las consecuencias de su colapso, sin embargo se seguirán los siguientes criterios:

- Para puentes con longitud hasta de 100 metros en carreteras tipo “C” y “D”, según la clasificación de SCT (*Reglamento sobre el Peso, Dimensiones y Capacidad de los Vehículos de Autotransporte que transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal*), el periodo de retorno será de 50 años.
- Para puentes con longitud mayor de 100 metros o de cualquier longitud de autopistas y carreteras tipo “ET”, “A” y “B”, la clasificación de la SCT (*Reglamento sobre el Peso, Dimensiones y Capacidad de los Vehículos de Autotransporte que transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal*), el periodo de retorno debe ser de 100 años.

- Si se trata de grandes ríos que se hayan canalizado para no afectar poblaciones importantes o zonas industriales, el periodo de retorno debe ser el que se haya utilizado en el diseño de la canalización.

➤ **Periodo de retorno para gastos complementarios**

Con el propósito de valorar los efectos que se pudieran tener en la superestructura del puente o su cimentación, en el probable caso de que se presente durante su vida útil una avenida con un periodo de retorno mayor al considerado en su diseño hidráulico es necesario calcular los gastos máximos para periodos de retorno de 500 años ( $Q_{500}$ ) y 1000 años ( $Q_{1000}$ ).

### III.5.5 Análisis hidráulicos

Los análisis hidráulicos deben ser ejecutados por un ingeniero especialista en hidráulica con amplios conocimientos de hidrología y topografía.

Este proceso contempla principalmente aplicar el método de la sección y pendiente, conocido como método de Manning y la Ecuación de Continuidad, a las secciones hidráulicas medias, así como los coeficientes de rugosidad, con el propósito de calcular los gastos, tirantes y velocidades, en los diferentes tramos de cada sección, así como el gasto total de flujo, correspondiente al nivel alcanzado por el agua en el cauce, durante la creciente máxima de que se tenga noticia. Además se obtendrán los niveles, tirantes y velocidades correspondientes a los gastos para los periodos de retorno considerados según el análisis hidrológico, así como el gasto de diseño que se deba considerar para el diseño hidráulico del puente.

Debe considerarse que si la pendiente hidráulica media es mayor a 2% el método de manning no proporciona valores confiables y la velocidad debe obtenerse por otras opciones, tales como utilizar mediciones de molinetes o cuerpos flotantes, que puedan haberse realizado durante la creciente máxima en el sitio en estudio o en alguna estación de aforo cercana.

En general los análisis por realizar son:

- ◆ **Determinación de los gastos, tirantes, y velocidades correspondientes al nivel alcanzado por el agua en el cauce durante la creciente máxima de que se tenga noticia.**

Para cada sección hidráulica se calculan los gastos, tirantes, y velocidades en sus diferentes tramos, así como el gasto total del flujo, correspondientes al nivel alcanzado por el agua en el cauce, durante la creciente máxima de que se tenga noticia.

Los valores de gastos totales calculados que se obtengan en cada una de las secciones hidráulicas no deben promediarse, sino compararse para seleccionar como gasto máximo observado en campo ( $Q_{MOC}$ ), el calculado con la sección hidráulica más confiable, de acuerdo con la información disponible a juicio del ingeniero especialista. Si los gastos son semejantes,

puede seleccionarse el calculado para la sección del cruce junto con los gastos y velocidades de cada tramo de esa sección.

◆ **Determinación de los niveles, tirantes y velocidades correspondientes a los gastos para los periodos de retorno considerados según el análisis hidrológico.**

Se calculan los niveles, tirantes y velocidades en los diferentes tramos de cada sección hidráulica correspondientes a los gastos de construcción ( $Q_{co}$ ), teórico de diseño ( $Q_{TDI}$ ) y complementarios ( $Q_{500}$  y  $Q_{1000}$ ) para los periodos de retorno considerados según el análisis hidrológico.

◆ **Determinación del comportamiento de puentes cercanos**

Cada uno de los puentes cercanos sobre la misma corriente en estudio, que en su caso haya sido levantado, debe ser analizado definiendo sus diferencias y coincidencias respecto al puente que se proyectara, estableciendo hasta que punto su comportamiento es representativo del nuevo puente, en cuyo caso, se determinara si su comportamiento hidráulico ha sido satisfactorio en condiciones similares a las de la estructura por proyectar. Del análisis del puente levantado se obtendrán los gastos del flujo bajo el, verificando cuidadosamente su área hidráulica. Si la estructura está esviada, dicha área se obtendrá con la proyección normal al sentido del escurrimiento.

◆ **Selección del gasto de diseño.**

Para seleccionar el gasto de diseño ( $Q_{DI}$ ) que es el máximo que ha de esperarse durante la etapa de operación del puente por proyectar, que determina los tirantes correspondientes al nivel de aguas de diseño (NADI) y que se ha de utilizar en el diseño hidráulico del puente, se debe efectuar una comparación entre el gasto teórico de diseño ( $Q_{TI}$ ), calculado para el periodo de retorno según el análisis hidrológico y el gasto y el gasto máximo observado en campo ( $Q_{OC}$ ) ajustado al mismo periodo de retorno, eligiéndose el que resulte mayor. Si el gasto seleccionado corresponde al gasto máximo observado en campo ajustado a dicho periodo de retorno, se calcularán los correspondientes niveles, tirantes y velocidades en los diferentes tramos de cada sección hidráulica.

Además es importante valorar los impactos estructurales y económicos que en el puente por proyectar, tendrían los gastos complementarios ( $Q_{500}$  y  $Q_{1000}$ ) considerando sus niveles y velocidades. Si los impactos no son significativos, puede elegirse uno de estos gastos como gasto de diseño ( $Q_{DI}$ ), con lo que se aumentaría considerablemente la seguridad de la estructura.

## IV HERRAMIENTAS DE COMPUTADORA PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS

### IV.1 Informática.

La Informática es la ciencia aplicada que abarca el estudio y aplicación del tratamiento automático de la información, utilizando dispositivos electrónicos y sistemas computacionales. También está definida como el procesamiento automático de la información.

Conforme a ello, los sistemas informáticos deben realizar las siguientes tres tareas básicas:

- Entrada: Captación de la información digital.
- Proceso: Tratamiento de la información.
- Salida: Transmisión de resultados binarios.

En la informática convergen los fundamentos de las ciencias de la computación, la programación y metodologías para el desarrollo de software, la arquitectura de computadores, las redes de computadores, la inteligencia artificial y ciertas cuestiones relacionadas con la electrónica. Se puede entender por informática a la unión sinérgica de todo este conjunto de disciplinas.

Esta disciplina se aplica a numerosas y variadas áreas del conocimiento o la actividad humana, como por ejemplo: gestión de negocios, almacenamiento y consulta de información, monitoreo y control de procesos, industria, robótica, comunicaciones, control de transportes, investigación, desarrollo de juegos, diseño computarizado, aplicaciones/herramientas multimedia, medicina, biología, física, química, meteorología, ingeniería, arte, etc.

Una de las ventajas más importantes de la informática, es la rapidez de proceso de información veraz y oportuna en forma automatizada, lo cual, nos permite decisiones y acciones oportunas al proceso que estemos desarrollando, con la consecuencia de ser más competitivos.

Actualmente es difícil concebir un área que no use, de alguna forma, el apoyo de la informática. Ésta puede cubrir un enorme abanico de funciones, que van desde las más simples cuestiones domésticas, hasta los cálculos científicos más complejos.

Entre las funciones principales de la informática se cuentan las siguientes:

- Creación de nuevas especificaciones de trabajo.
- Desarrollo e implementación de sistemas informáticos.
- Sistematización de procesos.
- Optimización de los métodos y sistemas informáticos existentes.

Un programa informático es un conjunto de instrucciones que una vez ejecutadas realizarán una o varias tareas en una computadora. Sin programas, estas máquinas no pueden funcionar correctamente. Al conjunto general de programas, se le denomina software y así, se refiere al equipamiento lógico o soporte lógico de una computadora digital.

De acuerdo a sus funciones, se clasifican en software de sistema y software de aplicación. En las computadores actuales, al hecho de ejecutar varios programas de forma simultánea y eficiente, se le conoce como multitarea.

Para nuestro caso expondremos los programas (software) de computadora que hemos aplicado, para el desarrollo de los proyectos de obra en que hemos participado.

Como plataformas de dibujo técnico digital automatizado presentamos 2 programas enlistados a continuación:

- **AutoCAD**, desarrollado por *Autodesk Inc.*
- **Microstation** desarrollado por *Bentley Systems.*

Como Plataformas de diseño para el proyecto carreteras presentamos los programas que se enlista a continuación:

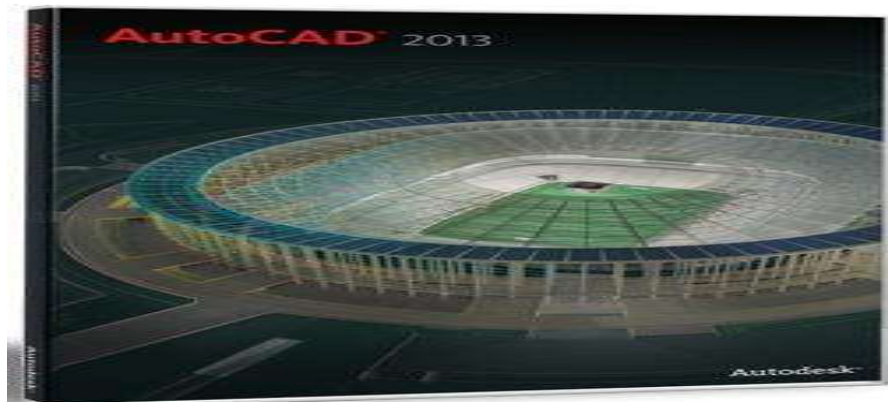
- **Wild RDEV** (Road Design Earth Volume), desarrollado por *Leica Geosystems*
- **Microstation InRoads**, desarrollado por *Bentley Systems.*
- **AutoCAD Land Development Desktop**, desarrollado por *Autodesk Inc.*
- **AutoCAD Civil 3D**, desarrollado por *Autodesk Inc.*

## **IV.2 Herramientas automatizadas de dibujo técnico y modelado digital.**

En la actualidad existe una amplia variedad de programas para el dibujo y modelado técnico electrónico, los cuales están constituidos dentro del concepto llamado CAD “*Computer Aided Design*” (Diseño asistido por computadora), integrados por un amplio rango de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, arquitectos y a otros profesionales del diseño en sus respectivas actividades. El CAD es también utilizado en el marco de procesos de administración del ciclo de vida de productos, siendo el programa AutoCAD el de mayor popularidad y desarrollo en los últimos tiempos.

### **IV.2.1 AutoCAD**

El AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora para dibujo en dos y tres dimensiones, siendo su reconocimiento a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificaciones o la recreación de imágenes en 3D (tres dimensiones).



Estas herramientas se pueden dividir básicamente en programas de dibujo 2D (dos dimensiones) y de modelado 3D. Las herramientas de dibujo en 2D se basan en entidades geométricas vectoriales como puntos, líneas, arcos y polígonos, con las que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Los modeladores en 3D añaden superficies y sólidos. Los archivos de este programa se generan las extensiones DWG y DXF, sin embargo cuenta con herramientas para exportar a otros formatos.

El usuario puede asociar a cada entidad una serie de propiedades como color, usuario, capa, estilo de línea, nombre, definición geométrica, etc., que permiten manejar la información de forma lógica. Además se pueden renderizar (dar textura a la superficie) los modelos 3D para obtener una previsualización del objeto.

Nuestra experiencia con el uso de este programa se inició en enero de 1993, principalmente en el área de carreteras y lo hemos usado como herramienta para las siguientes tareas:

◆ **Armado de planos:**

Para el armado de planos se dibuja por separado los diferentes elementos que lo integran, por ejemplo:

- Croquis de localización.
- Cuadro de referencia.
- Cuadro de simbología.
- Cuadro de referencias de trazo.
- Cuadro de datos de alineamiento horizontal.
- Cuadro de datos de curvas horizontales.
- Cuadro de notas y recomendaciones.
- Cintillas longitudinales de datos de proyecto
- Secciones tipo
- Cuadro de datos de proyecto
- Detalles a escala diferenciada (acercamientos)

Una vez dibujados todos los elementos que integran el plano, lo armamos insertando todos los elementos que apliquen, de acuerdo al tipo de plano, para dar forma a una serie de planos tipo (esqueletos), que nos servirán para conformar todos los planos que integran el proyecto, agregando solo la información particular de cada uno de ellos.

Adicional a toda la información antes mencionada se agregan también los datos y dibujos que resulten de aplicar el programa de diseño (plantas de trazo, perfiles, secciones, entre otros) en las zonas que aplique a cada plano en particular.

◆ **Mediciones:**

Obtención de medidas gráficas en el dibujo tales como áreas, distancias ángulos, coordenadas, pendientes, elevaciones y cualquier dato útil, para ser usado en el proyecto o estudio.

◆ **Edición y dibujo general**

- Dibujo de proyecciones preliminares útiles para el proyecto tales como; ejes de trazo, perfiles de diseño, puntos de coordenadas, etc. para ser usados como apoyo en el programa de diseño.
- Edición de cualquier tipo en los dibujos de salida automática de los programas de diseño (alineamiento horizontal, alineamiento vertical, ordenada de curva masa, etc.)
- Cambios convenientes de propiedades generales en los dibujos tales como; capa, color, tipo y grosor de línea, etc.
- Para realización de proyecto arquitectónico.

En general para nuestro caso, el uso de AutoCAD se limitó en su uso, a las herramientas disponibles en 2D, ya que el modelado 3D se desarrolló en el proyecto, por medio de los programas para diseño que se describen más adelante. Siendo este programa usado como apoyo en el arranque de proyecto y al final de este, en el armado de los planos que lo integran.

#### **IV.2.2 Microstation**

MicroStation también es parte de concepto CAD y básicamente tiene las mismas funciones de *AutoCAD*, sin embargo debido que tiene un costo mayor y las necesidades de sistema también lo son, no ha llegado a popularizarse, mencionando a su favor que tiene una visualización más agradable con renders más nítidos, casi reales. Es un programa de gran prestigio en Los Estados Unidos (donde es muy popular) siendo junto con el *InRoads* los programas de diseño oficiales en los Departamentos de carreteras de varios de los Estados que integran la Unión Americana.



Este programa genera archivos con extensión DGN, pudiendo exportarse a formatos DWG y DXF así como una variedad amplia de formatos (inclusive mayor que *AutoCAD*)

En nuestro caso lo hemos usado desde febrero de 1995, principalmente como plataforma base para el uso de del programa de diseño llamado *Inroads* (se describe más adelante), ya que este último requiere la instalación previa de Microstation compatible para su funcionamiento.

Con este programa realizamos la construcción de planos como se describe en el caso de AutoCAD, pero de forma muy escasa, solo para instituciones que aceptan el formato DGN,

ya que la mayoría, como es el caso de SCT, solo aceptan el formato DWG (AutoCAD). Sin embargo su uso como plataforma de dibujo lo aplicamos ampliamente, ya que sus herramientas son más prácticas y ofrecen mayor automatización, así como una visualización más agradable.

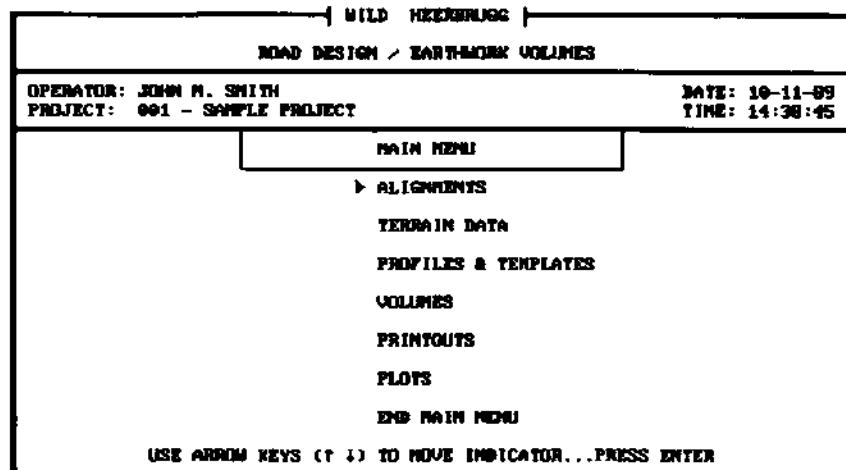
### IV.3 Herramientas automatizadas de diseño y proyecto aplicadas a carreteras.

Estas Herramientas nos permiten la automatización de procesos en la realización de nuestro proyecto, con aplicaciones diseñadas para estos fines. A continuación se describen los programas con los que hemos tenido experiencia.

#### IV.3.1 WILDsoft RDEV (Road Design Earthwork Volumes)

Es un programa muy práctico, con muy pocos requerimientos de sistema, donde los datos se capturan en forma manual principalmente, con algunas aplicaciones de importación y exportación de bases de datos para el terreno natural y las capas de diseño (terracerías y pavimento).

Lo usamos por primera vez en el año de 1993, siendo un pilar muy importante en nuestro desempeño laboral al inicio de nuestra profesión, en una época donde estos procedimientos vanguardistas no eran muy aplicados y aunque en la actualidad es totalmente anacrónico para el diseño de caminos (comparado con las herramientas actuales), sigue siendo muy práctico para el control de avances (terracerías) en la obra, por su forma sencilla de captura de los datos de campo (topografía)



Caratula de menú principal del programa WILDsoft RDEV



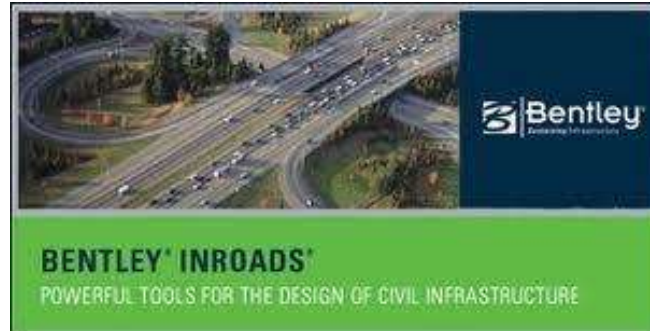
El proceso general de este programa es el siguiente:

- ◆ Se capturan las secciones transversales de terreno natural una a una con la información de las libretas de campo. Indicando estación y lecturas izquierdas (-) y derechas (+) con distancia y elevación o diferencia de nivel.
- ◆ Se capturan las coordenadas de eje de proyecto (PI), asignando a cada vértice el tipo de curva (circular simple o con espirales de transición) y el radio (Rc) con la longitud de espiral (cuando aplique). Después de introducir esta información el programa calcula automáticamente el resto de los elementos de la curva, así como los cadenamientos de los puntos singulares (PC y PT para curvas circulares y TE, EC, CE y ET para curvas circulares con espirales de transición) a partir del cadenamiento inicial que le asignemos. Con esto podemos observar gráficamente el alineamiento horizontal y los datos de cada vértice (PI), incluyendo la información de curva correspondiente, todo a través de ventanas alternas.
- ◆ Una vez integrados el alineamiento horizontal y los datos de terreno, se genera gráficamente en el programa el perfil de terreno natural, exportándolo en formato DXF, para poder abrirlo con el programa AutoCAD, donde trazaremos nuestras tangentes verticales, con la finalidad de obtener gráficamente los cadenamientos y su respectiva elevación de los puntos de inflexión vertical (PIV).
- ◆ Capturamos los puntos de inflexión vertical en el programa Wild RDEV (estación y elevación) y le asignamos la longitud de curva vertical (Lvc) a cada uno, para que el programa nos calcule lo demás elementos de la curva, obteniéndose así la información de alineamiento vertical. Esto datos podemos observarlos gráficamente y numéricamente través de ventanas alternas.
- ◆ Una vez conformados nuestros alineamientos (horizontal y vertical) procedemos a construir nuestras secciones tipo, donde consideraremos las respectiva capas de terracerías y pavimento que las integran y las consideraciones de diseño que apliquen (sobreelevación, ampliación, etc.). De forma automática se hace transitar nuestras secciones tipo, a través de los alineamientos tanto vertical como horizontal, para generar las secciones de construcción en el intervalo conveniente (regularmente a cada 20 metros). Una vez procesadas la secciones de construcción podemos observar la información gráfica y numérica de las mismas y el detalle de volumetrías tanto de terracerías como de pavimentos.
- ◆ Una vez terminados todos los procesos descritos anteriormente, incluyendo la revisión y corrección de la información de entrada y salida, se procede la obtención de la información de proyecto, para lo cual exportamos los gráficos de alineamiento tanto horizontal como vertical, la ordenada de curva masa y las secciones en un formato DXF, con los cuales complementamos el armado de planos como se describe en el uso de AutoCAD. También se exportan estos mismos datos en formato de texto complementados con los de volumetrías.

### IV.3.2 Microstacion InRoads

InRoads es un programa muy poderoso para el diseño de carreteras el cual a partir de modelos digitales 3D de terreno tanto superficial como estratigráfico, se genera el

modelado 3D del proyecto, obteniéndose de esta manera una maqueta virtual de mismo, con lo cual puede deducirse toda la información necesaria del proyecto (perfiles, secciones, etc.)



El modelo 3D del terreno puede obtenerse de levantamientos topográficos directos de superficie o bien de métodos fotogramétricos. Sobre los cuales se generan los alineamientos tanto horizontal como vertical, y con la sección tipo se realiza un proceso para la generación de la superficie de proyecto, la cual puede texturizarse creando un ambiente de realidad virtual.

El surgimiento de este tipo de programas conforme un parteaguas en el diseño por computadora, sin embargo el elevado costo y el tipo de computadora para soportarlo (Workstation) provocó un uso limitado.

Nuestra experiencia en el uso de este programa data de 1995, cuando dio inicio formalmente nuestro desempeño íntegro en el Proyecto de carreteras. A continuación se describe de forma general el empleo de dicho programa.

➤ **Datos de terreno:**

El modelado de terreno natural (elemento básico para el diseño) se obtiene de dos orígenes principales:

◆ **Topografía directa:**

A partir de el levantamiento topográfico, se obtiene el registro de puntos levantados que definen la superficie de terreno en formato de coordenadas (xyz), el cual se importa al programa para aplicarle un proceso con la finalidad de obtener el modelo, consistente en una triangulación de dichos puntos para formar un malla, que servirá para determinar la elevación de cualquier punto dentro su zona por medio de interpolación automática.

Una vez que hemos triangulado podemos generar las curvas de nivel a las equidistancias verticales que consideremos conveniente.

◆ **Restitución fotogramétrica**

A partir de las curvas de nivel del modelo de restitución (todos los puntos que las integran están ubicados en 3D) se realiza una triangulación, para generar la malla del modelo, a partir de la cual puede obtenerse automáticamente la elevación de cualquier punto dentro de su zona.

### ➤ Modelo Digital de Diseño

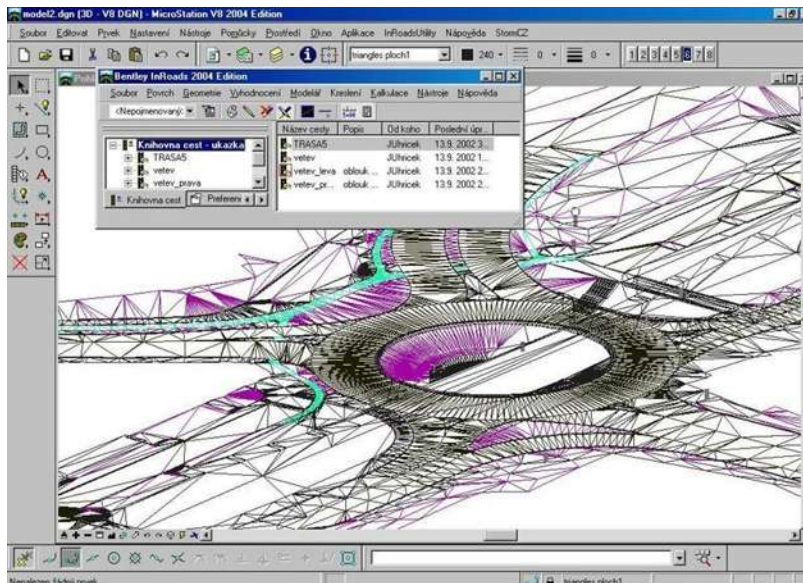
Una vez que se tiene el modelo digital de terreno (DTM) se genera el alineamiento horizontal (ALG), el cual puede capturarse si se conocen las coordenadas de los vértices (PI) o bien estos pueden ubicarse en el dibujo con el puntero de ratón. A cada vértice se le asigna las características de curva que le corresponda y el programa las dibuja automáticamente.

Una vez que tenemos el alineamiento horizontal, generamos dentro del mismo dibujo el perfil de terreno natural, sobre el cual definimos el alineamiento vertical, trazando inicialmente las tangentes verticales para finalmente asignar las características de curva vertical para cada punto de los puntos de inflexión vertical.

Una vez que tenemos los alineamientos (horizontal y vertical) generamos las plantillas de sección tipo y capturamos los datos del comportamiento de ampliación y sobre elevación.

Con todos estos elementos hacemos transitar las plantillas de secciones a través de los alineamientos (vertical y horizontal) y con el modelo digital de terreno como límite para la prolongación de los taludes tanto en corte como terraplén. De esta manera hemos generado las secciones de diseño cuyos puntos nos servirán para generar la superficie que define el modelo digital de Diseño.

Para generar el modelo digital de diseño, triangulamos todos los puntos resultantes de las secciones transversales de diseño, obteniéndose así la superficie que define al modelo digital de diseño, como puede verse en la siguiente imagen.



Modelo digital de diseño (superficie en Microstation InRoads)

En este caso se trata de una glorieta donde convergen varias vialidades, pudiendo observarse la triangulación que define la superficie del modelo (maqueta virtual).

Una ventaja que presento en su época fue que un solo archivo permite generar varios alineamientos horizontales y cada uno de estos permite generar varios alineamientos verticales. De esta manera se pueden generar varios modelos en un mismo archivo.

A partir de este modelo podemos obtener todos los elementos del proyecto, como son; plantas perfiles secciones etc.

#### IV.3.3 AutoCAD Land Development Desktop

Esta aplicación funciona principalmente para representaciones de actividades topográficas y de cartografía, como son; modelo tridimensional de terreno, planimetrías, curvas de nivel, etc. Además de aplicaciones de proyecto sencillas como; excavaciones, plataformas y proyecto de camino solo en planta. Con el modulo adicional llamado *Autodesk Civil Design* se convierte en una herramienta muy competente para el diseño de carreteras ya que contempla el diseño altimétrico de las mismas.



Se puede presumir que el trabajo de este programa es muy similar al descrito anteriormente (*InRoads*) con la ventaja de ser mas barato y tener exigencias de sistema menores. Hemos trabajado con él desde el año de 2007 y prácticamente hemos podido desarrollar las mismas actividades en ambos.

Así pues se trata de obtener el modelo tridimensional del terreno, a partir de la topografía directa o de restitución, para después generar nuestros alineamientos tanto horizontal como vertical, que junto con las plantillas de diseño (sección tipo), procesaremos para finalmente obtener la superficie de diseño (modelo digital de diseño).

Una vez que tenemos la superficie de diseño podemos obtener todos los elementos de proyecto como son plantas perfiles y secciones, así como todos los reportes para construcción y de volumetrías.

Este programa ofrece herramientas para la construcción de los planos de proyecto, a partir de referencias con los archivos de diseño, así cualquier modificación en estos últimos se refleja automáticamente en los primeros, facilitando y agilizando el proceso del proyecto.

Una diferencia importante con *InRoads* es que en un dibujo podemos tener varios alineamientos horizontales, pero para cada uno de estos solo podemos tener un alineamiento vertical (para *InRoads* podemos tener varios). Por lo que para cada alineamiento horizontal solo podemos tener un solo modelo de diseño.

#### IV.3.4 AutoCAD Civil 3D

Es un programa muy útil para el dibujo de elementos vectoriales y para la digitalización. Su gran capacidad permite trabajar con una cantidad considerable de datos de campo y realizar grandes análisis como la modelación de superficies de terreno, curvas de nivel, el diseño de secciones y un cálculo ágil de áreas y volúmenes.



La demanda de sistema es amplia pero se justifica al lado de los procesos que es capaz de realizar. Tenemos usándolo desde el año 2009 y sin duda es el mejor programa que conocemos para el desarrollo de proyectos de carreteras.

El proceso generalizado no difiere mucho de los dos programas anteriores, sin embargo ofrece muchas ventajas como la comodidad y la forma práctica de realizar los procesos así como el poder para realizarlos. A continuación se describe de forma general la dinámica de trabajo de esta herramienta.

##### ➤ **Superficies:**

Una superficie puede crearse a partir de puntos en el dibujo, curvas existentes, líneas de quiebre, plataformas o de archivo de textos conteniendo las coordenadas XYZ de los puntos. Con la información respectiva el programa interpola los elementos realizando una triangulación hasta conformar la superficie. De esta manera obtenemos la superficie de terreno natural (modelo digital de terreno).

##### ➤ **Alineamiento Horizontal:**

Se crea una polilínea con las herramientas de Autocad que defina la línea de trazo deseada, acto seguido se le asigna la propiedad de alineamiento horizontal con la herramienta “*create alignment from object*” y se definen las propiedades de las curvas una a una. De esta manera tenemos definido nuestro alineamiento horizontal.

➤ **Alineamiento vertical:**

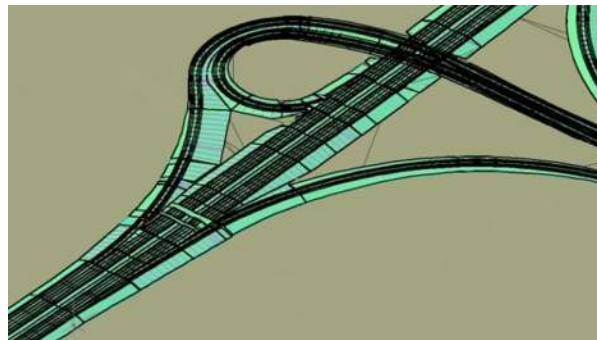
Para dibujar la rasante o alineamiento vertical, es necesario primero dibujar un perfil de superficie usando la herramienta “*Create surface profile*” y luego utilizar la herramienta para construcción de perfiles “*Create profile view*”, De esta manera tenemos dibujado el perfil de terreno natural y con la herramienta “*Profile creation*” creamos el perfil de diseño dibujando las tangentes verticales y asignando valores a las curvas verticales resultantes.

➤ **Ensamblaje y subensamblajes:**

Este concepto es el equivalente de sección tipo donde se definen las capas de pavimento y terracerías así como las propiedades geométricas (anchos espesores, ampliación, sobreelevación y taludes).

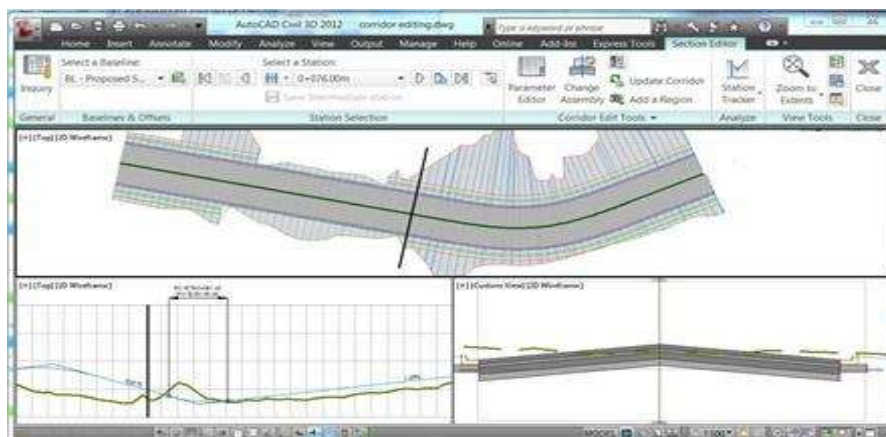
➤ **Corredor vial**

El corredor vial es la superficie generada a partir del proceso de conjugar la superficie de terreno, el alineamiento horizontal, el alineamiento vertical y los ensamblajes.



Corredor vial (Modelo tridimensional de diseño)

Una vez que tenemos el corredor vial podemos generar y visualizar la planta, perfil y secciones del proyecto.



Visualización de Planta perfil y secciones en AutoCAD Civil 3D

En la imagen anterior puede observarse la planta en la parte superior, el perfil abajo a la izquierda y una sección de proyecto abajo a la derecha.

Una de las cualidades de este programa, que no poseen los demás citados en ese documento, es que las modificaciones pueden ser interactivas al dibujo, es decir que puedo modificarlo en cualquiera de sus elementos y dicha modificación se reflejara automáticamente en los demás. Por ejemplo si modifico el alineamiento horizontal (gráficamente) estirándolo con el puntero del ratón, automáticamente se actualizara el terreno natural en la zona de perfil y el de las secciones involucradas, así como el corredor y los reportes generados de volúmenes y construcción.

#### IV.3.5 CM-SCT-V23 (Programa de diseño oficial de SCT)

Esta Aplicación fue desarrollada por la Secretaria de Comunicación y Transportes y es el programa oficial para el proyecto de carreteras, sobre todo en caso de proyectos definitivos. Esta institución tiene los derechos del mismo y no concede licencias permanentes, solo por el tiempo de actividad de los proyectos asignados a las empresas particulares contratistas.



Caratula de menú principal del programa CM-SCT-V23

Su funcionamiento está orientado a la presentación final del proyecto, ya que básicamente se conforma de una serie de herramientas, para la captura y proceso de los datos de estudios y proyecto, tendientes a generar en los resultados un formato específico de la información definitiva del proyecto.

Regularmente el diseño se realiza en otros programas como los mencionados anteriormente (AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Land Development Desktop, etc.) y al final solo se vacía la información en este para poder generar los formatos requeridos por la SCT.

Es prudente mencionar que esta herramienta no representa una opción óptima para el estudio de alternativas de un camino en estudio (anteproyecto), si bien puede realizarse existen otras opciones más óptimas para tales fines, como son los programas mencionados con anterioridad.

Este programa lo hemos usado desde el año 2009 y como se describe anteriormente básicamente es una herramienta de captura y proceso teniendo la siguiente dinámica de funcionamiento.

➤ **Definición de los archivos de trabajo**

Se asigna el número de trabajo (4 dígitos), el cual aparecerá asociado en el nombre de las bases de datos de entrada y de salida.

➤ **Captura de datos**

Una vez asignado el número de trabajo se procede a la captura de la siguiente información:

- ◆ **Datos generales** (Carretera, tramo, subtramos, origen, tipo de camino, etc.)
- ◆ **Secciones transversales** (Estación, elevación y Puntos de secciones )
- ◆ **Alineamiento vertical** (PIV; Estación, elevación y longitud de curva )
- ◆ **Ampliaciones** (Estación, Ampliación Izquierda y Ampliación derecha)
- ◆ **Sobreelevaciones** (Estación, sobreelevación Izquierdas y derecha)
- ◆ **Geometría del proyecto** (Estación, semicorona, cuneta y cuña de afinamiento)
- ◆ **Quiebres** (Estación y altura de quiebre o cambio de talud en corte)
- ◆ **Datos de los cortes** (Estación, despalme, clasificación y coef. de compac.)
- ◆ **Espesores y tratamientos** ( Para subrasante y subyacente)
- ◆ **Terraplén** (Estación, talud y compactación de terreno natural)
- ◆ **Bermas** (Estación, ancho y altura de bermas)
- ◆ **Ordenada de curva masa** (Estación ,OCM1, OCM2, OCM3 y OCM4)
- ◆ **Muros** (Estación y distancia izquierda o derecha.)
- ◆ **Supresiones** (Rango de estaciones)
- ◆ **Notas adicionales** (Notas referentes al proyecto)

➤ **Operación de datos**

El programa utiliza 3 métodos para realizar los cambios codificados en los tramos de datos; Interpolación lineal, escalonamiento y redefinida.

◆ **Interpolación lineal**

Se utiliza para el cálculo de valores intermedios en los siguientes conceptos

- Sobreelevaciones
- Ampliaciones
- Semiancho de corona
- Ancho de cuneta
- Talud de cuneta
- Altura de quiebre
- Talud de corte
- Talud de terraplén
- Altura de berma
- Ancho de berma
- Pendiente de berma



◆ **Escalonamiento**

Al definirse un parámetro se mantiene constante hasta que cambia su valor. Se utiliza en los siguientes conceptos.

- Cuña de afinamiento
- Espesor de subrasante
- Espesor de subyacente
- Tratamientos
- Espesor de despalme
- Espesor de estratos

◆ **Redefinida**

Un dato definido puede ser actualizado en cualquier estación y es aplicado en las ordenadas iniciales para el diagrama de curva masa.

El cálculo de la ordenada de curva masa inicia a partir de la ordenada inicial definida, en una estación cualquiera, es posible volver a definir una ordenada con la cual a partir de esa estación será tomada como inicial. Recordemos que el programa puede definir 4 ordenadas de curva masa OCM1, OCM2, OCM3 y OCM4

➤ **Proceso**

Una vez capturados todos los datos necesarios, se procede a realizar el cálculo de volúmenes respectivo, utilizando todos los datos introducidos en la captura. Para lo cual realizamos el proceso de la información.



Una vez procesada la información y después de corregir los errores que se pudieran manifestar, podremos tener un visualización de los datos resultantes.



Después de la revisión visual, en caso de no observar anomalías se procede a exportar los gráficos (perfiles y secciones) para el armado de planos, Así como obtener los reportes generados por el programa, consistentes en la siguiente información.

- Alineamiento vertical
- Geometría de secciones de construcción
- Volúmenes de construcción
- Ordenada de curva masa
- Geometría de subrasante y subyacente
- Graficaciones de secciones de construcción

Al conjunto de estos documentos se les denomina *proceso electrónico* que junto con las plantas por kilometro conforman el proyecto geométrico de la carretera.

## V DESCRIPCIÓN GENERAL DE PROYECTOS DE PARTICIPACIÓN

Después de haber egresado de la Facultad de Ingeniería Civil, Adscrita a la U.M.S.N.H. como miembro de la generación 1987-1992, Inicie mi carrera laboral en el mes de enero de 1993 en el área de vías terrestres, donde hemos permanecido primordialmente a la fecha, apasionados por esta carrera, acumulando experiencias de satisfacción personal y profesional y siempre apoyados en una convicción personal de ética profesional y actitud de servicio.

### V.1 DEVITERSA Desarrollo de Vías Terrestres S.A. de C.V.

En el periodo comprendido entre enero de 1993 a enero de 1995 prestamos servicio profesional para la empresa *Desarrollo de Vías Terrestres S.A. de C.V.* dentro del departamento de *topografía computarizada y sistemas*, en la obra México – Guadalajara con base de operaciones en la ciudad de Zamora Michoacán.

La empresa DEVITERSA desarrollo la obra México-Morelia-Guadalajara en el subtramo comprendido del Km. 281+000 al Km 402+000, perteneciente al tramo Maravatio - Zapatlanejo y con numero de concurso SCT CF-92-04-01



Autopista México-Morelia-Guadalajara Tramo: Km281+000 a Km402+000

Las características del proyecto que se construyo en 2 años y medio es una carretera tipo A4S para 110 Km/hr, compuesta por 2 cuerpos separados por una faja de 10 metros y un ancho de calzada de 10.50 Metros, con 2 carriles de circulación para cada cuerpo.

El departamento de *topografía computarizada y sistemas* estaba integrado por un jefe de departamento, 5 Ingenieros de Proceso y 2 brigadas de topografía equipadas con teodolito y nivel electrónicos. Inicialmente nos desempeñamos como Ingeniero de proceso y un año después de mi ingreso ocupe la jefatura del departamento, coordinando todas las actividades y procesos de su operación.

Las funciones de este departamento comprendían actividades múltiples, las cuales se describen a continuación:

➤ **Control de proyecto**

Controlar la información de proyecto recibida de SCT, para después de su revisión y proceso entregarla al personal de la obra. Dicha información se recibía en discos magnéticos (diskettes) para ser procesada con el programa *Wild RDEV* y así obtener los gráficos DXF de perfil de proyecto y las secciones, los cuales a través del programa AutoCAD se imprimían por medio de graficadores de carrusel (plotters)

➤ **Control de avance**

Con las secciones de proyecto capturadas en el programa *WildRDEV*, se importaban en el, las secciones de avance levantadas en campo por las brigadas del departamento. Una vez sobrepuestas ambas secciones, con las herramientas del programa se generaban automáticamente los volúmenes ejecutados. Dichos reportes se turnaban al departamento de estimaciones para su uso en la elaboración de informes y reportes respectivos.

➤ **Adecuaciones de proyecto geométrico**

Modificaciones de proyecto geométrico por anomalías en el original o por carencia de este, realizando la conciliación correspondiente ante la residencia de SCT.

Como ejemplo de estos trabajos tenemos la modificación de rasante en varios puentes como el Lerma-Negrete, Colesio I y Colesio II, los cuales tuvieron que elevarse respecto al proyecto de SCT, por ser insuficientes respecto al diseño hidráulico.

Una de las carencias del proyecto original fue la inexistencia de retornos a desnivel, por lo cual se desarrollaron dos a lo largo de todo el tramo, el primero en el kilómetro 377+800, el cual me fue asignado para su desarrollo, siendo mi primer obra proyectada, el segundo se desarrollo cuando ya ocupaba la jefatura del departamento por lo cual solo me toco supervisarlos.



Retorno Km 377+800 Mi primer diseño

➤ **Control de volúmenes de banco**

Con el apoyo de las brigadas de topografía se levantaba periódicamente los depósitos de material de banco, con dicha información en gabinete se generaban los volúmenes con el programa *Wild RDEV*, de esta manera se obtenían los volúmenes

disponibles, para estimar de acuerdo a los programas de construcción si en un momento determinado era necesario acelerar la producción de estos materiales.

➤ **Apoyo al Departamento de estimaciones**

Consistía en generar todo tipo de planos y reportes de apoyo, para el soporte en la conciliación de avances estimaciones y finiquito con la residencia de SCT.

➤ **Control de red de cómputo**

El área técnica contaba con una red de cómputo de 10 computadoras, la cual daba servicio a varios departamentos, su operación y mantenimiento dependían del departamento de *Topografía computarizada y sistemas*.

➤ **Funciones varias**

El departamento generaba con una serie de actividades adicionales, como se describe a continuación.

- ◆ Elaboración de trípticos y presentaciones con datos del proyecto para los visitantes distinguidos en la obra, como el caso de ejecutivos de la empresa o funcionarios de las instituciones de gobierno.
- ◆ Elaboración de videos y Control de la videoteca que contenía el avance de la obra, así como los eventos importantes como; arranques de obra inauguraciones, reuniones, visitas de funcionarios y/o directivos de la empresa.
- ◆ Formateo de arte (buena presentación) para todos los reportes e información generada en los diferentes departamentos incluida la superintendencia, que tuvieran como destino la dirección general de construcción y/o la vicepresidencia de la empresa (Edificio corporativo).

Es importante mencionar que la empresa DEVITERSA formo parte en ese tiempo del denominado *GRUPO TRIBASA*, donde me integre más tarde por una invitación para formar parte del área de *TRIBASA Ingeniería*

## V.2 Grupo TRIBASA Triturados Basálticos y Derivados S. A. de C.V.

En el periodo comprendido entre enero de 1995 a mayo de 2001 prestamos nuestro servicio profesional para la empresa *Tribasa Ingeniería Consultores y Asesores S.A. de C.V.* perteneciente al *Grupo Tribasa* con sede en el edificio corporativo de dicho grupo, ubicado en la Ciudad de México.



Edificio corporativo de Grupo TRIBASA

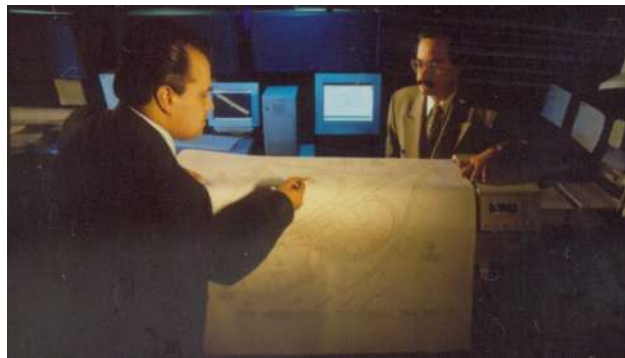
En esta época *Grupo Tribasa* junto con *ICA* (Ingenieros Civiles y Asociados) y *GMD* (Grupo Mexicano de Desarrollo) se conformaban como las empresas más importantes para el desarrollo carretero.

La Dirección de Tribasa Ingeniería coordinaba las actividades de los siguientes departamentos.

- Departamento de Proyecto Geométrico
- Departamento de Estructuras
- Departamento de Ingeniería de tránsito
- Departamento de Geotecnia
- Departamento de topografía
- Departamento de dibujo

El cargo que desarrolle en esta empresa fue como *Ingeniero de Proyecto*, asignado al Departamento de Proyecto Geométrico con las siguientes actividades.

Ejecución y revisión de proyecto geométrico de vialidades, desde caminos vecinales hasta autopistas de altas especificaciones, usando procesos computarizados y cumpliendo con la normatividad técnica y de nomenclatura de los organismos rectores, tanto dentro del territorio nacional como del extranjero (centro y Sudamérica). A continuación se enumeran los proyectos de participación.



Reunión para revisión de proyecto

## ➤ MEXICO

### **Autopista Atlixco-San Marcos Acteopan**

Esta vialidad se conecta con el eje interestatal Siglo XXI del estado de Morelos, uniendo de esta manera las ciudades de Atlixco, Puebla con la de Cuautla, Morelos. Tribasa se encargó del proyecto y construcción del tramo comprendido entre Atlixco y el límite de los estados (Puebla y Morelos)

Este proyecto de 45 kilómetros se desarrolló con las características de una autopista tipo A4S para 110 Km/hr, compuesta por 2 cuerpos separados por una faja de 18.50 metros, con un ancho de corona de 10.50 Metros para el cuerpo izquierdo y 12 metros para el

derecho, conteniendo 2 carriles de circulación para cada cuerpo. Del cual nos fue asignado el proyecto geométrico de la carretera y de 3 entronques dentro de ella.

A partir de la topografías generada por restitución fotogramétrica de vuelo 1:10,000 y apoyada con topografía directa en las zonas de barrancas, se genero el proyecto geométrico de la utopista usando el programa *WildRDEV* y apoyados en dibujo por los programas *MicroStation* y *AutoCAD*. Entregando el siguiente material.

- Planos de Planta por Kilometro  
Planos conteniendo; planta, perfil, cuadro de datos de proyecto, cuadro de curvas, cuadro de alineamiento horizontal, cuadro de referencias de trazo, diagrama de curva masa.
- Planos de secciones  
Planos conteniendo secciones a cada 20 Metros y puntos singulares.
- Memoria de Construcción y volumetría
  - Datos de alineamiento horizontal
  - Datos de alineamiento vertical
  - Datos de construcción de secciones
  - Áreas y volúmenes por cadenamiento
  - Datos de Ordenada de curva masa.

Cabe mencionar que para este proyecto el gobierno del estado de puebla, determino en su programa de construcción, desarrollar la construcción de cuerpo derecho para su operación en ambos sentidos, postergando la construcción del cuerpo izquierdo en un futuro indeterminado.



Autopista Atlixco-San Marcos Acteopan

Por medio de programa *Microstation-InRoads* y a partir de topografía directa se genero el modelo digital de terreno y el de diseño, para el proyecto geométrico de 3 entronques a desnivel con las siguientes denominaciones.

- **Entronque *Metepec***
- **Entronque *San Juan Tianguismanalco***
- **Entronque *Santa Ana Acozautla***

Para cada uno de los tres casos se genero el proyecto geométrico ejecutivo con la siguiente información particular.

- Planta general
- Planta de gálibos
- Planta constructiva complementaria
- Perfiles de gasas
- Secciones de construcción
- Memoria de construcción y volumetrías



Vista aérea del entronque Metepec en la autopista Atlixco-San Marcos Acteopan

### **Autopista La venta-Chamapa-Lechería**

Esta vialidad de peaje conecta el periférico norte con la autopista México-Toluca a través del Norponiente de la zona Metropolitana de la ciudad de México. Uniendo de esta manera los municipios del estado de México conurbados al Distrito Federal en esta zona (Huixquilucan, Naucalpan y Tlalnepantla).

Para este caso Tribasa desarrollo la construcción de la obra, donde me fue asignada la solución de la intersección con la avenida lago de Guadalupe, por medio de un entronque a desnivel denominado *Lago de Guadalupe*.

- **Entronque *Lago de Guadalupe***

Con el programa *Microstation-InRoads* y a partir de topografía directa se genero el modelo digital de terreno y el de diseño, para la realización del diseño geométrico, generándose la siguiente información de proyecto ejecutivo.

- Planta general
- Planta de gálibos
- Planta constructiva complementaria
- Perfiles de gasas
- Secciones de construcción
- Memoria de construcción
- Memoria de volumetrías





Vista aérea del entronque Lago de Guadalupe en la autopista La Venta-Chamapa-Lecheria

### **Carretera México – Veracruz**

En este caso se diseñó el entronque a nivel para el acceso de la carretera México-Veracruz a Santiago Cuauila en el estado de Tlaxcala.

- **Entronque *Santiago Cuauila***

El proyecto se realizó por medio del programa *Microstation-InRoads*, generando la siguiente información.

- Plano de planta general
- Plano de Perfiles
- Plano de secciones de construcción
- Reportes de construcción y volúmetrías



Entronque Santiago Cuauila, Carretera México-Veracruz

### **Autopista México - La venta- La Marquesa**

Para esta vialidad que forma parte de la autopista de cuota México – Toluca, se realizó el estudio de cuatro sitios con curvas de alto índice de accidentes, para los cuales a partir de topografía directa se redefinió el alineamiento horizontal, alineamiento vertical y el peralte de las curvas.

- **Sitios: Km 7+200, Km 14+100, 17+800 y Viaducto 27+300**

Se realizó el proyecto de rectificación geométrica por medio del programa *Microstation-InRoads*, elaborando los siguientes documentos.

- Dictamen de revisión geométrica de los 4 sitios
- Plano de trazo y perfil rectificadas
- Plano de secciones rectificadas
- Memoria de construcción y volúmetrías



Viaducto 27+300 Autopista México-La Venta-La Marquesa

### **Carretera Peñón – Ecatepec**

Esta vialidad hoy es conocida como Avenida central o Avenida Carlos Hank González en la zona metropolitana de la Ciudad de México, y en su momento se pretendió conectarla por medio de un distribuidor con las principales vialidades de la zona de Ecatepec como son las carreteras libre y de cuota a Pachuca, la Vía López Portillo, la vía Morelos, la autopista Ecatepec - Pirámides (Teotihuacán) y la carretera los Reyes - Texcoco.

- **Distribuidor Ecatepec**

Con el uso del Programa *Microstation-InRoads*, se realizó el Anteproyecto Geométrico a partir de la digitalización de topografía deducida de cartas 1:50,000 de INEGI, generando los modelos tridimensionales de terreno y de diseño, desarrollando a partir de estos la siguiente información.

- Planta del distribuidor con movimientos direccionales.
- Perfiles de rasante.
- Memoria de volúmenes de terracerías.
- Catalogo de anteproyecto

### Carretera Peñón-Texcoco

El trazo de esta carretera al Oriente de la ciudad de México, está alojado en la zona del lago de Texcoco, presentándose ya en operación, hundimientos diferenciales entre las terracerías y la estructuras de los puentes, por lo cual hubo la necesidad de rectificar de forma periódica las rasantes en los accesos de las estructuras. Tarea que fue encomendada a Tribasa Ingeniería y en consecuencia me fue asignada.

- **Rectificación de rasante de accesos de puentes**

Con el uso del Programa *Wild RDEV*, se realizó el proyecto de la rectificación de rasante, partir de topografía directa (perfil y secciones existentes), desarrollando la siguiente información.

- Plano de Perfil de rasante rectificadas y perfil existente (T.N.)
- Plano de secciones rectificadas para construcción
- Memoria de construcción y volumetrías



Autopista de peaje Peñón-Texcoco

### Vialidades del Distrito Federal

Se realizó el proyecto de nivelación de rasante para la repavimentación de varias vialidades de Distrito federal.

- **Insurgentes sur** (Tramo: Entre circuito interior y periférico sur)
- **Circuito interior** (Tramo: Entre Insurgentes sur y Canal de Miramontes)
- **Av. Constituyentes** (Tramo: Entre Circuito interior y Avenida Las torres)
- **Eje central Lázaro Cárdenas** (Entre Viaducto Miguel Alemán y Río Churubusco)
- **Minas de arena** (Entre: Río de Tacubaya y Avenida Las torres).

Con el uso del Programa *Wild RDEV*, se desarrolló el proyecto de nivelación a partir de topografía directa, Generando para cada sitio la siguiente información.

- Planta constructiva de Vialidad
- Perfiles de rasante y existente
- Secciones de proyecto
- Datos de construcción y volúmenes

## Plantas de tratamiento de aguas residuales del Estado de Puebla

En estas obras desarrolladas por Grupo Tribasa en las márgenes de la ciudad de Puebla nos fue asignado el proyecto de plataformas de terracerías y el proyecto de vialidades de las 4 plantas de tratamiento que a continuación se enlistan.

- **Atoyac sur**
- **Alseseca sur**
- **Barranca del conde**
- **San Francisco**

Mediante el uso del programa *Microstation-InRoads* a partir de topografía directa, se realizó el modelo tridimensional de terreno y de diseño para la generación del proyecto de Plataformas y vialidades de cada una de las plantas, desarrollando la siguiente información.

- Para vialidades
  - Planta constructiva de Vialidades
  - Perfiles de rasante de vialidades
  - Secciones de construcción
  - Memoria de datos de construcción y volúmenes
- Para plataformas
  - Planta constructiva de plataformas
  - Secciones de construcción
  - Memoria de datos de construcción y volúmenes



Planta de tratamiento de aguas residuales denominada Barranca del conde en la ciudad de Puebla, Puebla

## Planta de tratamiento de aguas residuales denominada “Culiacán norte”

Esta obra fue desarrollada en la ciudad de Culiacán Sinaloa, de la cual desarrollamos el proyecto en los mismos conceptos y la misma forma como se describen en las anteriores.

➤ CHILE

Con la internacionalización del *Grupo TRIBASA* se abrieron horizontes creando empresas nuevas como *Operadora Tribasa Bio Bio* filial de la empresa mexicana con sede en Santiago de Chile. En nuestro caso desarrollamos actividades para esta empresa, por lo que tuvimos que documentarnos en cuestiones de normatividad y nomenclatura del país sudamericano, siendo el organismo encargado al respecto el *Ministerio de Obras Públicas*.

A continuación se describen las actividades de proyecto desarrolladas para obras del país andino, no sin antes comentar que ellos se refieren a los entronques como *enlaces* y al paso inferior vehicular (PIV) como *atravesos*.

### **Carretera Acceso Norte – Concepción**

Para esta vialidad que conecta las ciudades de Santiago y Concepción fuimos designados para elaborar el proyecto geométrico ejecutivo del enlace *Agua amarilla*, siendo este el primer proyecto internacional en que participamos.

- **Enlace agua amarilla**

Este proyecto fue desarrollado con el programa *Microstation-InRoads*, siendo esta una herramienta de gran aceptación por el ministerio de obras publicas de Chile. A partir de topografía directa se desarrollo el modelo tridimensional de terreno y el de diseño para la elaboración del proyecto, generándose la siguiente documentación.

- Proyecto Geométrico (planta General)
- Perfiles longitudinales
- Perfiles transversales (secciones de construcción)
- Memoria de datos de construcción
- Memoria de Volúmenes

### **Carretera Santiago – Los vilos**

Para esta carretera que conecta a la capital Santiago hacia el norte con la ciudad costera de Los Vilos, el Grupo Tribasa desarrollo varias tareas de participación, de las cuales se describen los proyectos y anteproyectos donde tuve la oportunidad de participar.

- **Enlace Acceso Norte Pichidanguí**

Se realizo el proyecto geométrico ejecutivo con el programa *Microstation-InRoads*, donde a partir de topografía directa se desarrollo el modelo tridimensional de terreno y el de diseño para la elaboración del proyecto, generándose la siguiente documentación.

- Proyecto Geométrico (planta General)
- Perfiles longitudinales
- Perfiles transversales (secciones de construcción)
- Memoria de datos de construcción y volúmenes



Enlace Acceso Norte-Pichidangui, carretera Santiago los Vilos en la republica de Chile

Se desarrollo el estudio de anteproyecto geométrico de las siguientes obras de la carretera en Santiago los vilos

- **Enlace Nogales Puchuncavi**
- **Enlace Buenaventura**
- **Enlace Runge**
- **Enlace El melón**
- **Enlace el manzano**
- **Enlace hijuelas**
- **Atraveso el porvenir**
- **túnel la calavera 2**

Con el uso del programa Microstation-InRoads y a partir de topografía deducida digitalmente de cartografía impresa, Se generaron los modelos digitales de terreno y de diseño, para desarrollar la siguiente información respectiva para cada uno de los anteproyectos como se indica a continuación.

- Proyecto Geométrico (planta General)
- Perfiles longitudinales
- Memoria de volúmenes



Enlace Runge, Carreterita Santiago-Los Vilos en la republica de Chile

## Santiago de Chile

En la zona urbana de la capital chilena grupo Tribasa participo en el proyecto y construcción de varias obras de infraestructura, entre ellas dos enlaces a desnivel de los cuales fui designado para elaborar el anteproyecto geométrico.

- Enlace Américo Vespucio
- Enlace Neptuno

Ambos anteproyectos fueron elaborados con el programa de diseño *Microstation-InRoads*, a partir de topografía directa, generando los modelos digitales de terreno y de diseño para obtención de la siguiente información respectiva para cada uno de ellos.

- Proyecto Geométrico (planta General)
- Perfiles longitudinales
- Perfiles transversales
- Memoria de Volúmenes



Enlace Américo Vespucio, Santiago de Chile

## ➤ GUATEMALA

En Guatemala el grupo Tribasa desarrollo varios proyectos por medio de la filial *Tribasa Guatemala*, la cual abrió el espacio para otros desarrollos en Centroamérica. Cabe mencionar que el organismo encargado en lo referente a las carreteras (proyecto y construcción) es la Dirección General de Caminos, dependiente del Ministerio de Comunicaciones y Obras Publicas de la republica de Guatemala. Mencionando además que la Normatividad y Nomenclatura para el proyecto, guarda gran similitud con la de México, inclusive cierta dependencia pues fue grato conocer que varios de los Ingenieros Guatemaltecos que conocí, desarrollaron su carrera en universidades Mexicanas. A continuación se describe los proyectos de participación en este país de Centroamérica.

### **Carretera CA14 Cobán – Chisek – Xuctzul**

Esta carretera que conecta las comunidades de Cobán con Xuctzul en el Departamento de Alta Verapaz, conto con un desarrollo de 78 km. A través de un terreno montañoso en extremo y con una hidrografía abundante. Las características de proyecto fueron las siguientes; velocidad máxima de 60 Km/hr, ancho de calzada de 6.10 mts sin acotamientos para dos carriles de circulación.

Esta carretera antes del proyecto funcionaba como camino de terracerías en un ancho promedio de 4 metros y la intención en su tiempo fue modernizarla con su pavimentación, aprovechando en lo máximo posible el alineamiento horizontal existente con la intención de tener un movimiento de tierras en lo mínimo posible.

Nuestra función en esta obra fue coordinar el estudio topográfico y la realización del proyecto geométrico, para ello se trazo en campo el eje de proyecto siguiendo la terracería existente respetando el grado de curvatura máximo y referenciando dicho eje con mojoneras. Una vez trazado el eje se levantaron las secciones transversales de terreno natural. Estas actividades se desarrollaron con 4 brigadas de topografía en 2 frentes. En cada frente se uso una brigada para trazo y otra detrás de esta, para el levantamiento de secciones

Esta información de Campo obtenida por teodolitos y niveles electrónicos se capturo en el programa *Wild RDEV* para el desarrollo de proyecto en tramos de cinco kilómetros en función del avance de las brigadas de topografía.

Cabe mencionar que dadas las circunstancias del proyecto y de ciertos requerimientos del la Dirección General de Caminos en un concepto llamado *corrimiento* que aplican ellos en sus proyectos, no fue posible realizar este proyecto por medio de modelos digitales, por lo cual el programa Wild RDEV resulto un buena opción para su realización.

El corrimiento es un desplazamiento horizontal del eje de proyecto, que aplica la norma guatemalteca en las curvas horizontales que va de cero en el arranque de sobreelevación a un máximo en el centro de la curva, y termina en cero en el final de sobreelevación.

Estos trabajos se plasmaron en planos generados con AutoCAD y documentos en Word.

- **Estudio Topográfico:**
  - Planos de Planta de trazo referenciado y planimetría.
  - Perfiles de nivelación de terreno natural
  - Planos de Secciones de terreno natural.
  - Memoria de datos del levantamiento (Impresión de lecturas)
- **Proyecto Geométrico:**
  - Planos de Plantas por kilometro
  - Planos de Secciones
  - Memoria de construcción y volúmetrías.





Carretera Coban-Chisek, departamento de Alta Verapaz, republica de Guatemala

### **Camino de acceso a la presa “Rio Hondo”**

Este camino con un desarrollo total de de 37 km fue asignado para su construcción a la empresa *Tribasa Guatemala* en la modalidad *llave en mano* con lo esta empresa debió realizar todas las actividades necesarias para su construcción (Estudios proyecto y construcción), de cual me fue asignado el anteproyecto geométrico.

A partir de topografía deducida y digitalizada de cartografía escala 1:50,000 se genero el modelo digital de terreno para realizar el anteproyecto por medio de el Programa *Microstation-InRoads* Generando la siguiente información.

- Planos de Planta eje de anteproyecto
- Planos de Perfil longitudinal
- Memoria de Volúmenes de terracerias.

### ➤ **ANTILLAS HOLANDESAS**

El grupo tribasa desarrollo en la isla Cay Bay St. Marteen un complejo turístico de alto nivel enfocado a captar turismo proveniente de América y Europa, del cual realizamos el proyecto geométrico de las vialidades de servicio.

- **complejo turístico Cay Bay St. marten**

Con el programa *Microstation-InRoads* y a partir de topografía de restitución fotogramétrica se genero el modelo digital de terreno para poder generar el proyecto geométrico de las vialidades de servicio por medio de un modelo digital de diseño, del cual se deducen los perfiles, secciones y datos de construcción, generándose la siguiente información:

- Planta constructiva de Vialidades
- Perfiles de rasante de vialidades
- Secciones de constructivas
- Documento de datos de construcción y volúmenes



Vialidades de servicio, Cay Bay St. Marteen, Antillas Holandesas

### ➤ COSTA RICA

Grupo Tribasa participo en la modernización de varias carreteras de Costa Rica, entre ellas la denominada *Bernardo Soto* una de las más importantes de este país, en la cual participamos en trabajos de 2 entronques a desnivel.

- **Carretera Bernardo Soto**

Se realizo el proyecto geométrico de dos entronques a desnivel ubicados en esta vialidad. El primero para eficientar el acceso vial al aeropuerto internacional de San José y el segundo para modernizar la intersección de esta vía con el camino de acceso a la comunidad del Naranjo.

- **entronque Aeropuerto**
- **entronque El Naranjo**

Se genero la información de proyecto respectiva para cada uno de ellos como a continuación se indica.

Con el programa *Microstation-InRoads* y a partir de topografía de restitución fotogramétrica se genero el modelo digital de terreno para poder generar el proyecto geométrico de las vialidades de servicio por medio de un modelo digital de diseño, del cual se deducen los perfiles, secciones y datos de construcción, generándose así la siguiente información:

- Proyecto Geométrico (planta General)
- Planta de Gálibos
- Planta constructiva complementaria
- Perfiles longitudinales
- Perfiles transversales
- Memoria de datos de construcción
- Memoria de Volúmenes



Entronque Aeropuerto, Autopista Bernardo Soto en la republica de Costa Rica.

### ➤ NICARAGUA

También en Nicaragua la presencia del grupo Tribasa contribuyo a la modernización de vialidades en este país de los cuales tuve participación en el proyecto geométrico de varios caminos de la denominada *Red de caminos de Nicaragua*.

- **Carretera Managua – Granada (32 Km)**
- **Carretera Rio Blanco - Puerto Cabezas (40 Km)**
- **Carretera Ayote – Tortuguero (38 Km)**

Los tres proyectos fueron elaborados con el programa de diseño *Microstation-InRoads*, a partir de topografía directa, generando los modelos digitales de terreno y de diseño para obtención de la siguiente información respectiva para cada uno de ellos.

- Planos de planta del trazo.
- Plano de perfiles de rasante.
- Secciones de Construcción
- Memoria de datos de construcción y volúmenes.



Carretera Managua-Granada, republica de Nicaragua

➤ **COLOMBIA**

En el Departamento del Cauca, Colombia la presencia del grupo Tribasa contribuyó a la modernización de vialidades, de los cuales tuvo participación en el proyecto geométrico de varios caminos de la denominada *Red de caminos del Cauca y Cauca*.

- **Sector Cali - Media Canoa** (21 km. Ampliación a 4 carriles)
- **Sector Aeropuerto – Cerrito** (12 Km. Ampliación a 4 carriles)
- **Sector Cali – Palmira** (34 Km. Ampliación a 4 carriles)
- **Sector Palmira – Buga** (36 Km. Ampliación a 4 carriles)
- **Sector Santander de Quilichao – Palmira** (67 Km. Ampliación a 4 carriles)

Todos los proyectos fueron elaborados con el programa de diseño *Microstation-InRoads*, a partir de topografía directa, generando los modelos digitales de terreno y de diseño para obtención de la siguiente información respectiva para cada uno de ellos.

- Planos de planta del trazo.
- Plano de perfiles de rasante.
- Secciones de Construcción
- Memoria de datos de construcción y volúmenes.



Carretera Cali-Palmira, Departamento del Cauca, Colombia

➤ **PANAMA**

En este caso participe con el Grupo Tribasa en la realización del proyecto para la modernización, (ampliación del cuerpo único existente y la construcción de un cuerpo nuevo) de la carretera panamericana en el tramo Borunga-Coronado, con un desarrollo de 52 Kilómetros

El proyecto fue elaborado con el programa de diseño *Microstation-InRoads*, a partir de topografía directa, generando los modelos digitales de terreno y de diseño para obtención de la siguiente información respectiva para cada uno de ellos.

- Planos de planta del trazo.
- Plano de perfiles de rasante.
- Secciones de Construcción
- Memoria de datos de construcción y volúmenes



Carretera Panamericana, Provincia de Panamá, republica de Panamá

### V.3 INGEOTEC Ingeniería Geotécnica y Construcción S.A. de C.V.

En el periodo comprendido entre junio de 2001 a Diciembre de 2001 prestamos servicio profesional como el cargo de *Supervisor de Proyecto* para la empresa *Ingeniería Geotécnica y Construcción S.A. de C.V.* asignado a la *Gerencia de Proyectos* con base de operaciones en la ciudad de México.

Mis actividades consistían en la realización de diseño de Cimentaciones para antenas de telefonía celular por medio del programa SAP, así como el proyecto arquitectónico de las instalaciones del sitio donde se ubicaba la antena.

La empresa *INGEOTEC* era contratada por la empresa *Instaelectric - Telcel* para la realización de estos proyectos, el estudio de capacidad de carga del terreno y para la ejecución de la Obra. A continuación se enlistan los sitios donde participamos.

- Mina Monterrey, Nuevo León
- Cerralvo Monterrey, Nuevo León
- Corales Cancún, Quintana Roo
- Mezcalapa Mezcalapa, Tabasco
- Jalpa de Méndez Jalpa de Méndez, Tabasco
- Abkatun Ciudad del Carmen, Tabasco
- Malecón Malecón, Tabasco

De cada sitio en particular se generó la siguiente información:

- Plano estructural de la cimentación (geometría y armados)
- Memoria de cálculo estructural de la cimentación
- Plano Arquitectónico del sitio
- Estudio geotécnico para capacidad de carga

#### V.4 PARQUE ECOLOGICO HABITACIONAL PARAISO ESCONDIDO S.A. DE C.V.

En el periodo comprendido entre mayo de 2002 a Julio de 2003 prestamos servicio profesional como el cargo de *Ingeniero de Proyecto* para la empresa *Parque Ecológico Habitacional Paraíso Escondido S.A. de C.V.* asignado al *Departamento de Ingeniería* con base de operaciones en la ciudad de Morelia Michoacán.

Mis actividades dentro de esta empresa consistieron en la realización del proyecto y control de avance obra del fraccionamiento Paraíso Escondido. En general las actividades podrían clasificarse de la siguiente manera.

- **Proyecto arquitectónico y geométrico de urbanización**  
Se realizo el proyecto de Vialidades y Litificación, generando la siguiente información:
  - Planta constructiva de vialidades
  - Perfiles de rasante de vialidades
  - Secciones de constructivas
  - Documento de datos de construcción y volúmenes
  - Planta de Lotificación
  
- **Proyecto arquitectónico de casas club**  
Se realizo el proyecto Arquitectónico de las 3 casas club del fraccionamiento, generando la siguiente información para cada una
  - Planta de conjunto
  - Planta, Cortes y Fachadas
  - Acabados
  - Instalaciones Eléctrica, sanitaria, hidráulica y gas
  
- **Proyecto arquitectónico e instalaciones de casas-habitación para clientes**  
Se realizo el proyecto arquitectónico habitacional para varios de los clientes del fraccionamiento generando en cada uno la siguiente información.
  - Plantas
  - Cortes y Fachadas
  - Instalaciones Eléctrica, sanitaria e hidráulica



Fraccionamiento Paraíso Escondido, Tarimbaro Michoacán

### V.5 CESAREN 2003 S.A. de C.V.

En el periodo comprendido entre agosto de 2003 a mayo de 2004 prestamos servicio profesional como *Agente independiente* para la empresa *Cesaren 2003 S.A. de C.V.* asignado al *Área de proyecto* con base de operaciones en la ciudad de Morelia Michoacán.

Mis actividades con esta empresa consistieron en la participación para la realización del proyecto del conjunto residencial “Buenos Aires” de la ciudad de Apatzingan Michoacán. Del cual desarrollamos los siguientes trabajos.

- Proyecto vial de acceso planta general
- Proyecto planta de lotificación
- Proyecto planta de plataformas
- Perfiles de rasantes
- Planta de rasantes
- Secciones de construcción

### V.6 Grupo GADOL S.A. de C.V. División Michoacán

En el periodo comprendido entre agosto de 2004 a enero de 2006 prestamos servicio profesional como el cargo de *Administrador de Proyecto* para la empresa *Grupo GADOL S.A. de C.V.* asignado al *Departamento de Proyectos* con base de operaciones en la ciudad de Morelia Michoacán.

Mis actividades con esta empresa consistieron en la participación para la realización del proyecto del conjunto residencial “Villamagna” así como la administración de la información de proyecto durante su edificación en la ciudad de Morelia Michoacán. Del cual desarrollamos los siguientes trabajos.

Actividades: Coordinación y administración técnica del proyecto para el conjunto habitacional *Villamagna* con 3270 casas en 4 etapas.

- **Estudios para proyecto:**  
Topografía, Mecánica de suelos, Impacto ambiental, Geofísica, y restitución fotogramétrica
- **Proyecto de construcción:**  
Proyecto arquitectónico urbano (litificación, vialidades, equipamiento, servicios, etc.)
- **Proyecto de redes generales de servicio:**  
Instalación eléctrica, hidráulica, sanitaria, drenaje pluvial, planta de tratamiento de aguas residuales, pozo de extracción de agua, tanques de almacenamiento, etc.
- **Proyecto y diseño de tipologías:**  
Proyecto arquitectónico, diseño estructural, instalaciones eléctrica, hidráulica sanitaria y gas.



Conjunto Habitacional Villamagna 1ª y 2ª Etapa, Morelia Michoacán

#### V.7 COCSA Construcciones y Obras Civiles S. A.

En el periodo comprendido entre febrero de 2006 a mayo de 2007 prestamos servicio profesional como *Agente independiente* para la empresa *Construcciones y Obras Civiles S.A.* asignado al *Área de proyecto* con base de operaciones en la ciudad de Morelia Michoacán.

Mis actividades con esta empresa consistieron en la participación para la realización del proyecto y construcción de caminos y vialidades del Estado de Michoacán. Para lo cual se coordinamos y supervisamos los levantamientos topográficos y se realizó el proyecto de las vialidades e intersecciones.

Los proyectos de participación fueron los siguientes:

- Proyecto geométrico del camino Zajo grande-Tzitzimacato del municipio de Morelia
- Proyecto de vialidad “Paseo del paraíso” planta -perfil y secciones del municipio de Morelia.
- Proyecto geométrico (Planta- perfil y secciones) de caminos del municipio de San Lucas para acceso a las siguientes comunidades.
  - Angao
  - Chumbitaro
  - Cuauhtémoc
  - El cuajilote
  - Los bancos
  - Montegrande
- Proyecto geométrico (planta general) de los entronques a nivel del municipio de San Lucas para acceso a los camino de las siguientes comunidades.



- Angao
- Chumbitaro
- Cuauhtémoc
- El cuajilote
- Los bancos
- Montegrande
- Proyecto vial de acceso a la clínica IMSS en el municipio de Jiquilpan, ubicada sobre la carretera Jiquilpan-Villamar

Todos los proyectos fueron desarrollados con el apoyo de los programas *Wild RDEV* para el diseño y *AutoCAD* para la elaboración de planos.

### **V.8 NOLTE de México S.A. de C.V.**

En el periodo comprendido entre septiembre de 2008 a Noviembre de 2011 prestamos servicio profesional con el cargo de *Project Manager & Sr Designer* para la empresa *Nolte de México S.A. de C.V.* asignado al *Departamento de Proyectos* con base de operaciones en la ciudad de México.

Nolte de México se dedica al servicio y asesoría técnica en el ramo de Proyecto arquitectónico urbano, residencial y turístico, así como contratista de Anteproyecto y Proyecto definitivo de carreteras para la SCT.

Como filosofía de operación esta empresa asigna un equipo de trabajo para cada proyecto particular, el cual está integrado por un coordinador y el personal de tareas (empleados de la empresa o de empresas subcontratadas).

Mis actividades con esta empresa consistieron en la coordinación del grupo de trabajo para la realización de estudios y proyectos, así como las gestiones de licitación, revisión y aprobación de los mismos ante las organizaciones rectoras, tales como SCT o las empresas contratantes de los servicios. A continuación se describen los proyectos de participación en esta empresa.

- Anteproyecto geométrico con restitución fotogramétrica esc 1:2000 del camino *Santa María Yacochi - Villajuanita* en la zona Mixe alta del estado de Oaxaca. Con un desarrollo de 100 km. Asignado por licitación de SCT, generando la siguiente información.
  - Plantas de 5 kilómetros con tres alternativas de trazo.
  - Perfiles de 5 kilómetros con las subrasantes de las 3 alternativas de trazo.
  - Volúmenes de terracerías \_(corte y terraplén)
  - Relación de estructuras mayores y obras menores de drenaje.
- Anteproyecto geométrico con restitución fotogramétrica esc 1:2000 del camino *Santa María Alotepec - San Juan Cotzocon* en el Estado de Oaxaca con un

desarrollo de 42 km. Asignado por licitación de SCT. generando la siguiente información.

- Plantas de 5 kilómetros con tres alternativas de trazo.
  - Perfiles de 5 kilómetros con las subrasantes de las 3 alternativas de trazo.
  - Volúmenes de terracerías \_(corte y terraplén)
  - Relación de estructuras mayores y obras menores de drenaje.
- Anteproyecto geométrico con restitución fotogramétrica esc 1:2000 del *camino San Juan Cotzocon - San Juan Otzolotepec* en el Estado de Oaxaca con un desarrollo de 40 km. Asignado por licitación de SCT. generando la siguiente información.
    - Plantas de 5 kilometros con tres alternativas de trazo.
    - Perfiles de 5 kilómetros con las subrasantes de las 3 alternativas de trazo.
    - Volúmenes de terracerías \_(corte y terraplén)
    - Relación de estructuras mayores y obras menores de drenaje.
  - Proyecto definitivo con topografía directa esc 1:1000 del camino *Santa María Arotepec - San Juan Cotzocon* en el Estado de Oaxaca con un desarrollo de 42 km. Asignado por licitación de SCT. generando la siguiente información.
    - Plantas de 1 kilometro de proyecto constructivo.
    - Secciones de Construcción.
    - Proceso electrónico (memoria para construcción y volumetrías)
    - Proyecto de obras menores de drenaje.
    - Relación de estructuras mayores
    - Estudio Topográfico
  - Proyecto definitivo con topografía directa esc 1:1000 del *camino San Juan Cotzocon - San Juan Otzolotepec* en el Estado de Oaxaca con un desarrollo de 40 km. Asignado por licitación de SCT. generando la siguiente información.
    - Plantas de 1 kilometro de proyecto constructivo.
    - Secciones de Construcción.
    - Proceso electrónico (memoria para construcción y volumetrías)
    - Proyecto de obras menores de drenaje.
    - Relación de estructuras mayores
    - Estudio Topográfico
  - Proyecto geométrico ejecutivo del entronque *Atlixcayotl*, creado con la finalidad de acceder de la autopista Puebla-Atlixco al desarrollo Habitacional denominado *Lomas de Angelopolis*, en la ciudad de Puebla, Puebla. Del cual se genero la siguiente información.
    - Planta general
    - Planta de gálidos
    - Planta constructiva complementaria
    - Perfiles de construcción de gasas
    - Secciones de construcción
    - Memoria de construcción y volumetrías
    - Plantas de señalamiento de operación y construcción

- Desarrollo habitacional *Lomas de Angelopolis* en la ciudad de Puebla, para el cual se desarrollamos el diseño de plataformas y el proyecto de vialidades. Generando la siguiente información.
  - Planta de vialidades
  - Perfiles de rasante
  - Secciones de construcción
  - Memoria de construcción y volumetrías.
  - Modelo Digital de diseño



Desarrollo Habitacional *Lomas de Angelopolis* de la ciudad de Puebla

- Desarrollo turístico La mandarina en la localidad Punta Raza del estado de Nayarit, para el cual realizamos el proyecto de camino de acceso, constituido por un ancho de calzada de 7 metros y un desarrollo de 12 kilómetros, generando la siguiente información.
  - Plantas de trazo
  - Perfiles de construcción
  - Secciones de construcción
  - Memoria de construcción y volumetrías.

Los proyectos generados en esta empresa se generaron con los programas de diseño denominados AutoCAD Land Development Desktop y AutoCAD Civil 3D generando el modelo digital de terreno y el modelo digital de diseño para obtener todos los elementos del

proyecto. Para el caso de proyecto definitivo de SCT, se generó a partir de la información del modelo el proyecto de construcción usando el programa CM-SCT-V23

## V.9 GARF Ingeniería S.A. de C.V.

En el periodo comprendido entre febrero de 2012 a octubre de 2012 prestamos servicio profesional con el cargo de *Ingeniero de proyecto* para la empresa *Garf Ingeniería S.A. de C.V.* asignado al *Departamento de Proyectos* con base de operaciones en la ciudad de México.

Mis actividades con esta empresa consistieron en dar soporte técnico de proyecto para la obra denominada *La pila I* (Trabajos contratados por la empresa *INDI*), así como la revisión de estudios topográficos y topohidráulicos para el proyecto de Estructuras en el estado de Morelos.

- **Proyecto geométrico La pila I**

Esta obra ubicada en el km 29 de la carretera libre México - Toluca consistió en construir un PIV (paso inferior vehicular) conectando por medio de un puente a la comunidad de ambas márgenes.

Para este caso tuvimos la encomienda de realizar el proyecto geométrico conservando los 4 carriles centrales de circulación libre, agregando las incorporaciones laterales para conectarse al puente. Generando la siguiente información

- Planta general de trazo
- Perfiles de rasante de cuerpo central y de las laterales
- Secciones de construcción
- Proceso electrónico

Este proyecto fue generado usando el programa CM-SCT-V23. De igual manera estuvimos de planta en la obra por un tiempo coordinando y supervisando la tareas de topografía, así como enlace con la oficina de proyecto ya que la nuestra empresa realizó el diseño estructural del puente y muros de contención.

- **Revisión de estudios Topográficos y Topohidráulicos**

La empresa Garf Ingeniería participó en el diseño de puentes en el estado de Morelos, por lo cual realizó los levantamientos planimétricos y de configuración altimétrica de terreno necesarios para estos trabajos. A partir de esta información se generó el modelo tridimensional de terreno de estos levantamientos con la finalidad de generar perfiles y secciones deducidos para su aplicación en el diseño de las estructuras.

## VI METODOLOGIA DE ANTEPROYECTO Y PROYECTO DE CARRETERAS PARA LICITACIONES DE S.C.T.

Para la elaboración de trabajos de Anteproyecto y proyecto de carreteras de parte de particulares hacia la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, se requiere un procedimiento delineado en los términos legales establecidos para la regulación de licitaciones y contratos referentes a las actividades que se pretendan adquirir.

### VI.1 Licitaciones

La licitación es un concurso donde los participantes son las empresas que pretenden adquirir los trabajos ofertados y donde dichos concursantes presentan su alternativa Técnico - Económica, para que la S.C.T. designe después de un análisis de las propuestas presentadas, un ganador quien a su criterio representa la mejor alternativa acorde a las necesidades del proyecto.

#### ◆ **Convocatoria:**

La S.C.T. difunde la convocatoria para los trabajos donde se especifica la forma de adquirir las bases de concurso, así como el lugar día y hora para; la presentación de un representante en la junta de Aclaraciones, la presentación de Propuesta técnica y económica y el fallo donde se designara a la empresa que desarrollara los trabajos.

#### ◆ **Bases de Concurso**

Describe los trabajos a desarrollar en tiempo y forma, así como el procedimiento para la presentación de la propuesta de participación por parte de licitante. Las empresas aspirantes las adquieren después de pagar los derechos respectivos.

#### ◆ **Junta de Aclaraciones**

En la fecha y hora marcadas por la convocatoria se cita a las empresas participantes, para que mediante un representante reciban la información técnica disponible, para la elaboración de su propuesta, mediante una reunión donde un representante técnico de la S.C.T. les detalla las características y alcances de los trabajos, pudiéndose externar las inquietudes al respecto.

#### ◆ **Alternativa Técnico – Económica**

En el lugar y fecha marcado en la convocatoria o las bases de concurso un representante de la empresa participante presentara en un sobre sellado la propuesta técnico – económica cumpliendo todos los lineamientos que el protocolo indica.

Para la elaboración de la Propuesta debe considerarse además de las base de concurso la normatividad respectiva vigente de la S.C.T.

#### ◆ **Fallo**

El día y hora marcados en las bases de concurso se presentara el representantes de cada una de las empresas aspirantes donde la S.C.T. indique, y en dicho lugar a puerta cerrada el personal designado por la dependencia les comunicara los resultados así como el orden en que cada uno de los aspirantes (1º, 2º, 3º, etc.)

#### ◆ **Contrato**

La empresa ganadora del concurso establecerá su compromiso con la dependencia mediante un contrato firmado por su apoderado legal, donde se establecerán las

condiciones y los compromisos adquiridos de ambas partes. Dentro de este contrato se contemplan los denominados *Términos de referencia*, los cuales definen los alcances de las tareas contratadas, así como el procedimiento y el formato en que serán entregados todos los resultados.

## **VI.2 Términos de referencia para estudios y proyectos de carreteras**

En lo referente al proyecto de vialidades dentro de la S.C.T. encontramos la siguiente estructura jerárquica.

**Secretaría de Comunicaciones y Transportes**  
**Subsecretaría de Infraestructura**  
**Dirección General de Carreteras**  
**Dirección Técnica**

La Dirección Técnica es el área encargada de la revisión y aprobación de los proyectos contratados, para lo cual se consideran los términos de referencia y la normatividad vigente. En general los términos de referencia consideran los siguientes conceptos:

- MATERIAL DE APOYO ENTREGADO POR S.C.T.
- LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
- ESTUDIO GEOTECNICO Y PROYECTO CONSTRUCTIVO DE PAVIMENTOS
- PROYECTO CONSTRUCTIVO DE TERRACERIAS.
- PROYECTO CONSTRUCTIVO DEL DRENAJE MENOR
- PROYECTO DE SEÑALAMIENTO.
- PROYECTO CONSTRUCTIVO DE MUROS.
- PROYECTO DE OBRA INDUCIDA, REUBICACIONES E INTERFERENCIA
- CATALOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES.
- MATERIAL DE ENTREGA

Para la ejecución de los Estudios y Proyecto Constructivo, la empresa contratista deberá apoyarse básicamente en las *NORMAS DE SERVICIOS TÉCNICOS* contenidas en el *LIBRO 3 DE TERRACERIAS*, de las *NORMAS PARA CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES; EL LIBRO 2 DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS* y en el *MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS* de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, vigentes a la fecha de realización del proyecto.

### **VI.2.0 Material de apoyo entregado por S.C.T.**

La SCT proporciona a la empresa contratista los siguientes datos y apoyos para que elabore los trabajos contratados.

- ◆ Si el anteproyecto se realizó en base a restitución fotogramétrica:
  - Plantas fotogramétricas a escala 1:2,000 ó 1:5,000 que contengan la geometría del alineamiento horizontal del proyecto autorizado por la SCT.
  - Perfil deducido del terreno natural a escala horizontal 1:2,000 y vertical 1:200, con subrasante preliminar, la cual deberá ser tomada como referencia para el proyecto de la subrasante definitiva.
  - Geometría del alineamiento horizontal (matematización), en un listado que contiene cadenamientos y coordenadas de los puntos principales de los elementos a replantar en campo.
  - Coordenadas de los puntos de control terrestre de la poligonal de referencia.
- ◆ Si el anteproyecto se realizó en base a detalles fotográficos: Localización del eje de proyecto dibujado en fotografías aéreas esc. 1:25,000 ó 1:10,000 y características del alineamiento horizontal de la carretera en proyecto.
- ◆ Si la SCT no se cuenta con anteproyecto: Se entregará físicamente el tramo a proyectar dándose instrucciones directamente en campo sobre la ubicación y detalles del eje de trazo.
- ◆ Sección transversal tipo de la carretera, que muestre la geometría y el tipo de camino a proyectar.
- ◆ Archivo electrónico de los formatos para el registro de los datos de campo (trazo, coordenadas, referencias, nivel, secciones transversales del terreno y obras de drenaje).
- ◆ Archivo electrónico de los formatos del *PLANO por KM* y del *PERFIL DE TRABAJO* donde se presentará el proyecto en planta, perfil, movimientos de terracerías y cantidades de obra.
- ◆ Con el objeto de que el proyecto de terracerías sea elaborado de acuerdo a los formatos y resultados solicitados por SCT, esta proporcionará a la empresa contratista los programas de computo, con los cuales deberá elaborar los procesos electrónicos del proyecto constructivo de terracerías, para lo cual se le entregarán dos discos flexibles de 3.5" conteniendo los programas para el cálculo de la geometría de construcción, áreas, volúmenes, ordenada de curva masa, captura de datos para el proceso, traslado de ejes, conversión de proyecto a terreno y generación de archivos DXF de las secciones de construcción; estos resultados deberán ser editados para su entrega definitiva.

La empresa contratista instalará los programas en sus oficinas y los utilizará en la elaboración del proyecto contratado.

Una vez concluido el período de ejecución de los servicios contratados, se deberán devolver a la SCT los discos conteniendo los programas de cómputo proporcionados por ésta.

### **VI.2.1 Levantamiento topográfico**

El equipo topográfico mínimo con el que debe de contar la empresa contratista para la ejecución del levantamiento topográfico:

- ◆ Para el replanteo del eje de trazo:
  - Distanciometro con precisión mínima de P.P.M. 2+3 ó estación total con aproximación al segundo y P.P.M. 2+3
  
- ◆ Para el relleno o estacamiento del eje:
  - Tránsito con aproximación al minuto.
  - Nivel fijo calibrado con aproximación al milímetro.
  - Juego de estadales, en buen estado, con aproximación al centímetro.
  - Nivel de mano con aproximación al centímetro.
  - Equipo auxiliar para el trabajo topográfico (plomadas, cintas métricas de género, pintura azul, tachuelas, grapas, clavos, cemento, estacas, trompos, etc.).

La tolerancia para la nivelación será:  $T = 0.006 \times \text{Raíz cuadrada de (K)}$ , siendo (K) la distancia de banco a banco de nivel, en kilómetros.

La tolerancia para la poligonal de trazo será 1: 50,000

**a) Trazado en campo del eje de proyecto.**

El trazo del eje deberá iniciarse fijando en campo las tangentes de éste por algún método aproximado que permita comprobar que no existen obstáculos dentro del derecho de vía considerado para este proyecto, que posteriormente obliguen a modificar el trazo.

En caso de que no existan obstáculos en el área, se llevará a cabo el estacamiento del eje conforme al anteproyecto y/o instrucciones dadas por la SCT.

El trazado consistirá en el estacamiento de los puntos principales del alineamiento horizontal (PST, PI, PC, PT, TE, EC, PSCC, CE y ET) y puntos a cada 20 m e intermedios que se requieran por topografía.

Los datos de trazo del eje de proyecto se reportarán tanto en libretas de campo como en registros de trazo, donde deberán quedar registrados, con nombre, esviaje y cadenamamiento al cm, todos los detalles que se encuentren a lo largo y ancho del eje en estudio, tales como vías de comunicación existentes (caminos, carreteras pavimentadas, vías férreas) registrando su esviaje e igualdades de cadenamamiento (operación vs. proyecto), líneas de energía eléctrica con esviaje, voltaje y altura de conductores sobre el terreno, ductos con su diámetro, profundidad y tipo de fluido que conducen, canales, cercas (de alambre y/o piedra), construcciones (tipo y dimensiones), de ríos y arroyos se registrará la elevación del N.A.M.E. observado en campo.

Todas las hojas de los registros de trazo deberán estar numeradas y requisitadas en lo que respecta a la identificación completa de la carretera en proyecto, No. de contrato y contratista.

Se anotará también el régimen de tenencia de la tierra (ejidal, comunal, propiedad privada, etc.), linderos con los nombres de los propietarios y/o posesionarios y límites de la división política (municipio, estado).



**b) Referencias del trazo.**

Durante la construcción de la carretera es necesario reponer el trazo del eje a partir de los puntos referenciados, los cuales deberán aparecer dibujados en el *PLANO por KM*.

Las referencias del trazo (mojonera y objeto fijo) deberán ubicarse mediante coordenadas polares (ángulo y distancia). Las referencias (*R1*) deberán quedar fijas en tornillos de cruz de 4" o varillas de 3/8" ahogados en mojoneras de concreto de 20 cm de diámetro y 40 cm de profundidad; las referencias (*R2*) se ubicarán en objetos fijos que no se deformen con el tiempo.

En las tangentes deberán referenciarse puntos intervisibles distantes 300 m como máximo.

En curvas se referenciarán los PI y los puntos inicial y final de cada curva (PC-PT ó TE-ET). Cada punto referenciado deberá contar con dos referencias intervisibles.

**c) Nivelación diferencial del terreno sobre el eje de trazo.**

En el inicio de un proyecto, la ubicación del banco de nivel de arranque se propagará a partir de las elevaciones de los dos puntos de control terrestre más cercanos; y cuando el tramo en estudio sea continuación de un trazo ya ejecutado, el nivel se propagará a partir de dos bancos de nivel establecido en el tramo anterior.

Durante la nivelación del eje de trazo, deberán localizarse dos bancos de nivel, como mínimo, por kilómetro, comprobados a cada 500 m aproximadamente, mediante nivelación diferencial de ida y vuelta, los cuales se ubicarán fuera del derecho de vía y en objetos fijos permanentes que no se deformen con el tiempo.

La nivelación del terreno natural por el eje de proyecto consistirá en obtener las elevaciones del terreno, mediante nivelación diferencial de los puntos estacados a cada 20 m, los puntos principales del alineamiento horizontal y de los puntos intermedios de quiebre del terreno que presenten desniveles mayores de 0.50 m.

El banco de nivel deberá numerarse con dos cifras, la primera cifra corresponderá al kilometraje cerrado inmediato posterior a donde se ubica el banco de nivel y la segunda cifra corresponderá al número de orden correspondiente del banco de nivel en ese kilómetro.

La nivelación se reportará tanto en libretas de campo como en registros de nivel con el formato autorizado por la SCT, donde deberán quedar registrados con nombre y cadenamamiento al centímetro todos los detalles que se encuentren a lo largo del eje en estudio, tales como carreteras, vías férreas, canales, etc., nivelando los hombros, centros de línea, fondos de cunetas o canal, hongos de riel, etc.

En canales, arroyos, ríos y embalses se registrará la elevación del N.A.M.E. observado en campo.

Se verificará que el perfil del terreno obtenido directamente en campo coincida con el perfil deducido del anteproyecto escala 1:2,000 ó 1:1,000. En caso de detectarse diferencias de

más de una equidistancia entre curvas de nivel se hará del conocimiento de la SCT para que se analice la posibilidad de una modificación de proyecto.

**d) Seccionamiento transversal del terreno.**

Las secciones transversales del terreno se levantarán en todos aquellos puntos estacados a cada 20 m, en puntos principales del alineamiento horizontal e intermedios del trazo, por geometría o por quiebre del terreno; deberá tenerse cuidado de que los cadenamientos de las secciones transversales coincidan con los cadenamientos de los quiebres contenidos en la nivelación del terreno levantado.

La longitud mínima de las secciones transversales del terreno será de 60 m; 30 metros a cada lado del eje de trazo. En el caso de que el anteproyecto del alineamiento vertical (perfil deducido) indique excavaciones y/o terraplenes de altura considerable, se deberá determinar la longitud necesaria de la sección transversal para alojar suficientemente el proyecto de la sección de construcción.

Cuando el seccionamiento transversal del terreno abarque una carretera o camino existente, se deberá seccionar utilizando nivel montado, levantando cada detalle, con nombre, distancia y desnivel, respecto al terreno en el eje, o mediante distancia y elevación, los puntos correspondientes o orilla de carpeta (o.c.) hombros de terracerías (h), centros de camino (c.c.), hongos en vías férreas, fondos de cunetas o canales, cercas, bardas, derecho de vía existente, etc., determinados mediante nivelación geométrica. Esto principalmente en las zonas urbanas donde invariablemente deberá determinarse la ubicación y elevación de los accesos a calles, banquetas así como sus paramentos los cuales deben aparecer como tales en las secciones levantadas.

**e) Obras de drenaje menor.**

Se deberá entender como *OBRA DE DRENAJE MENOR* a todas aquellas obras transversales cuyo gálibo horizontal, de acuerdo al área hidráulica necesaria, sea menor o igual a 6 m (losas, cajones, bóvedas de concreto armado, tubos de concreto, tubos de lámina).

Se deberá realizar el trazo y nivelación de los ejes longitudinales de todos los cauces, arroyos, escurrimientos, que de acuerdo con el análisis de campo y gabinete requieran de obra de drenaje.

Cuando se trate de obras de drenaje menor a base de Bóvedas de concreto armado y/o concreto ciclópeo, de acuerdo con la autorización de la oficina correspondiente, se deberá de levantar secciones transversales al eje de la obra con el objeto de que en el proyecto correspondiente se cuantifiquen rellenos y excavaciones.

**f) Reporte fotográfico**

Deberá elaborarse un reporte fotográfico que muestre las características de la situación actual de la carretera en proyecto, los aspectos que deberán considerarse en dicho reporte fotográfico serán los relacionados con el estado del derecho de vía actual, estado de las

obras de drenaje, puentes y estructuras existentes, estado del pavimento, posibles afectaciones que se tendrán con la modernización de la carretera en proyecto.

En dicho informe se deberá mostrar claramente el eje de trazo, mostrando los trompos y estacas rotuladas con kilometrajes, detalles de bancos de nivel, referencias así como del derecho de vía actual o por adquirir, tipo de vegetación existente, obstáculos, construcciones aledañas y en general todo lo que se considere de importancia para el desarrollo del proyecto.

Se deberán incluir fotografías que muestren el equipo topográfico utilizado directamente en el tramo mostrando detalles de puntos con estacas con el kilometraje respectivo.

#### **g) Planta planimétrica**

Si en la Dependencia (SCT) no existiera fotografía aérea y/o restitución fotogramétrica que se le pueda proporcionar a la empresa contratista para su utilización en la parte de “planta” de los planos por KM, éste deberá realizar, como parte del levantamiento topográfico, un levantamiento planimétrico donde aparezca la infraestructura existente (carretera actual, señalamiento vial existente, derecho de vía, líneas de energía eléctrica, postera, accesos de caminos existentes, terracerías, plataformas, construcciones, obras de drenaje, etc. Con las secciones transversales del terreno se configurará la topografía, de tal manera que se presente una planta con topografía, planimetría y toponimia.

Cuando SCT proporcione fotografía aérea y/o restitución fotogramétrica, ésta deberá complementarse indicando en ella el tipo de planimetría existente.

Deberá presentarse un plano que contenga el eje de trazo, bancos de nivel, planimetría, cuadrícula y en el cuadro correspondiente los datos de coordenadas, referencias de trazo y características del alineamiento horizontal.

#### **h) Entrega física en campo del levantamiento topográfico.**

Una vez concluido el levantamiento topográfico, éste deberá ser entregado físicamente en campo al personal que indique SCT, debiendo elaborarse una minuta de dicha entrega.

El personal de topografía de la empresa contratista deberá mostrar físicamente al personal que indique La dependencia (SCT), los bancos de nivel, referencias del trazo y las mojoneras correspondientes a los puntos principales del alineamiento horizontal, pudiendo solicitarle al personal de la empresa contratista realizar en ese momento una verificación de la nivelación entre bancos de nivel para comprobar la veracidad del levantamiento topográfico.

Con el objeto de que los estudios y proyectos en elaboración sean avalados por el personal encargado de cada área en SCT, es necesario que la empresa contratista entregue copia de cada una de las etapas del proyecto contratado (levantamiento topográfico, proyecto de terracerías, drenaje menos estudio geotécnico, etc.) para su revisión, lo cual no será considerado como entrega definitiva, sino hasta que hayan quedado solventadas las observaciones realizadas por el personal autorizado por la SCT.

## **VI.2.2 Estudio geotécnico y proyecto constructivo de pavimentos**

La empresa contratista deberá efectuar para SCT el Estudio Geotécnico de Terracerías a lo largo del tramo en estudio, para conocer las características de suelos y proporcionar las recomendaciones para la elaboración del proyecto constructivo de terracerías y cimentación de las obras de drenaje menor.

### **VI.2.2.1 Actividades de estudio geotécnico**

- ◆ Previamente a la ejecución de los trabajos de campo, la empresa contratista revisará y analizará el anteproyecto de la carretera aprobado por la SCT.
- ◆ Se efectuara un reconocimiento de campo, con fotografías aéreas y el larguillo que contenga la Ruta del Eje de Proyecto, con el fin de determinar las unidades geotécnicas de suelos y/o rocas, detectando además los problemas especiales o particulares.
- ◆ Se efectuarán excavaciones en pozos a cielo abierto a cada 500 m en promedio, sobre el eje del camino, con una profundidad mínima de 2.50 m, o limitadas por el nivel freático o por la presencia de roca; con el fin de determinar los pesos volumétricos en los diversos estratos, obteniéndose muestras alteradas o representativas de cada estrato.
- ◆ Al realizar la inspección de campo y obtenerse la información geotécnica, se seleccionarán las muestras de suelo y rocas para su manejo, traslado y programarán los ensayos que se practicarán. Realizándose el llenado de las tablas de recomendaciones para el proyecto de terracerías (curva masa).
- ◆ Se localizarán y estudiarán los bancos de terracerías, verificando su ubicación y distancias de acarreo respecto al eje de proyecto, determinándose su volumen, considerando las necesidades del proyecto. Se estudiará un banco por cada 3 km en promedio para la construcción de terracerías, cuidando especialmente los bancos destinados para la construcción de la subrasante. La exploración del banco se realizará mediante 6 excavaciones en pozos a cielo abierto, con una profundidad mínima de 3 m, con un muestreo representativo, con el cual se determinará: estratigrafía, volumen del material aprovechable, tratamiento, ubicación, características geotécnicas y se reportarán las recomendaciones para su exploración y su croquis de localización.
- ◆ Se elaborarán perfiles mostrando la estratigrafía de suelos y rocas.
- ◆ Se harán recomendaciones para ubicación de obras complementarias de drenaje, subdrenaje, construcción de muros de contención y cimentación de obras de drenaje menor.
- ◆ Antes de que la empresa contratista elabore la presentación del estudio definitivo se llevará a cabo por parte de la SCT, una revisión de toda la información obtenida en campo y laboratorio, para que se hagan recomendaciones y observaciones que deberán tomarse en cuenta para el informe final.

### **VI.2.2.2 Informe geotécnico**

La empresa contratista deberá entregar el siguiente material como producto de la prestación de servicios solicitados por la SCT, consistentes en el Estudio geotécnico y Proyecto del pavimento para el proyecto constructivo de terracerías y drenaje menor.

- ◆ Escrito explicativo del estudio con los puntos que a continuación se citan:
  - Introducción
  - Antecedentes y generalidades.
  - Forma en que se efectúe el estudio.
  - Descripción de las características geográficas de la región en donde se ubica el proyecto, proporcionando datos sobre; Morfología, Hidrología y Climatología.
  - Descripción de la zona donde se desarrolla el proyecto, proporcionando datos sobre: Topografía, Geología y Drenaje.
  - Procedimientos de Construcción.
  - Comentarios en relación con los problemas que pueden presentarse durante la construcción y operación de la carretera, así como sus posibles soluciones.
  - Conclusiones y recomendaciones.
- ◆ Croquis de localización sobre cartografía INEGI Esc. 1:50,000 de la zona en donde se desarrolla el proyecto. En el croquis se anotarán los detalles y referencias necesarias para la localización de las unidades a que se hace referencia en el informe.
- ◆ Ensayes realizados a los materiales de las muestras obtenidas en eje de trazo, como son: límites de consistencia, granulometría, peso volumétrico seco suelto y máximo, valor relativo de soporte ASSHTO estándar y/o modificado.
- ◆ Datos de suelos para el proyecto constructivo de terracerías, proporcionando, en forma de tabla, la siguiente información:
  - Espesor de los estratos encontrados a lo largo de línea.
  - Descripción de los materiales, indicando para suelos: nombre, color, consistencia o compacidad, grado de plasticidad, porcentaje de contenido de grava y fragmentos de roca, grado de humedad, etc., para rocas: nombre y origen geológico, estado de intemperización y fracturamiento, echado de los estratos, materiales que se obtendrán al ser explotados, etc.
  - Clasificación (SUCS – SCT).
  - Utilización probable.
  - Tratamiento requerido.
  - Coeficiente de variación volumétrica para materiales compactables (a 90, 95, y 100 % de compactación con respecto al PVSM de la prueba ASSHTO estándar o modificada) y coeficiente de bandeado para materiales no compactables.
  - Clasificación para presupuesto (de acuerdo con el criterio expresado en el inciso 003-D de las Normas para Construcción e Instalaciones de SCT).
  - Taludes recomendables en cortes y terraplenes, así como precauciones que deben tomarse para la excavación de los cortes.
  - Indicaciones sobre despalme y otras preparaciones requeridas en las áreas de despalme de los terraplenes.

- Recomendaciones generales en relación con la construcción de terracerías, relativo a estabilidad de taludes, zonas inestables, problemas de subdrenaje, de terracerías sobre suelos blandos, estabilización de suelos, etc.
  - Procedimientos de construcción para la formación de las distintas capas que integran la sección estructural de las terracerías. Indicándolas en croquis de la sección transversal.
  - Croquis del perfil de suelos.
- ◆ Bancos de préstamos para la construcción de las terracerías, así como de las capas subrasante y subyacente:
- Ubicación y desviación referida a la línea de proyecto.
  - Denominación del banco y/o datos de identificación.
  - de los materiales (descripción, utilización probable, tratamiento requerido, coeficiente de variación volumétrica, clasificación para presupuesto, etc.
  - Ensayes para determinar las propiedades índices, tales como límite líquido, límite plástico, contracción lineal, composición granulométrica y ensayes de resistencia como: VRS estándar y modificado, obtenidos en pruebas ASSHTO.
  - Dimensiones del banco.
  - Volúmenes aprovechables.
  - Recomendaciones para el ataque.
  - Croquis de localización.
- ◆ Tabla resumen de bancos de materiales que se proponen para terracerías, indicando:
- Número progresivo del banco.
  - Nombre del banco, localización (ubicación del banco con respecto al eje de trazo).
  - Clasificación geológica de los materiales.
  - Clasificación de los materiales para presupuesto.
  - Espesor de despalme.
  - Utilización del material.
  - Tratamiento que requiere el material para su utilización. En caso necesario recomendaciones para el ataque del banco.
  - Capacidad del banco.
- ◆ Recomendaciones para la cimentación de las obras de drenaje menor, proporcionando para cada obra:
- Capacidad de carga del terreno en donde se desplantarán.
  - Profundidad de desplante.
  - Datos de los materiales que formen el terreno (tipo y condiciones en que se encuentra).
  - Tipo de arrastre del escurridor.
  - Recomendaciones respecto a dentellones, lavaderos, zampeados, canales de encauzamiento, etc., necesarios para el buen funcionamiento de la obra.
  - Indicaciones sobre si se puede considera efecto de arco.

- Recomendaciones para la construcción.
- Canales de encauzamiento para protección de la obra.
- ◆ En caso de que en el proyecto constructivo de terracerías se contemplen muros, se deberán dar recomendaciones para la cimentación de muros de retención y/o contención proporcionando:
  - Capacidad de carga del terreno.
  - Distancia del talud natural a la que deberán desplantarse.
  - Recomendaciones para proyecto y construcción.
  - Profundidad de desplante.

Todos los reportes del Estudio geotécnico serán en idioma español, elaborados en hojas originales en tamaño carta con la razón social de tanto de la empresa contratista como de la dependencia SCT.

Una vez terminado y considerado el estudio definitivo por el responsable, el contratista deberá enviar una copia del trabajo completo para su revisión, lo cual no será considerado como entrega definitiva, sino hasta que se hayan solventado en su totalidad las observaciones y comentarios indicados por la SCT.

### **VI.2.2.3 Diseño y proyecto de pavimentos**

Comprenderá los estudios geotécnicos, datos de proyecto, la aplicación de métodos para diseño, procedimiento y materiales para construcción, así como las secciones estructurales y detalles constructivos, de acuerdo con lo siguiente:

#### **➤ Estudio geotécnico para pavimentación.**

- ◆ Actividades a realizar
  - Investigará los bancos de materiales necesarios para la construcción de las capas que constituirán el pavimento, sub-base, base, capas asfálticas o de concreto hidráulico; comprenderá el muestreo de sus frentes y/o afloramientos con exploración de pozos a cielo abierto en suelos.
  - Se realizará primeramente un reconocimiento geotécnico en la región donde se pretende localizar el camino, para definir las posibles áreas de abastecimiento, con distancia no mayores entre sí de 20 km para los bancos correspondientes a sub-base, base y agregados para concreto hidráulico y de 50 km para carpeta. Este reconocimiento se efectuará con la ayuda del larguillo que contenga la ruta del eje del proyecto.
  - Para determinar las condiciones naturales de los materiales y obtener muestras representativas de todos los estratos, se realizará un mínimo de 6 exploraciones en pozos a cielo abierto por cada sitio con un mínimo de 2.5 m de profundidad, limitados por el nivel freático, en caso de áreas de roca se extraerán muestras para su estudio preliminar y se programarán estudios de mayor detalle con apoyo de geofísica y/o exploración mecánica, si se considera necesario.
  - Se realizarán exploraciones de campo geotécnicas para selección de muestras, manejo y envío a laboratorio para ensayos.

- El espaciamiento de los sondeos y el número de muestras de materiales deben estar de acuerdo con el indicado en el libro 6 de las Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas de la dependencia SCT, en sus incisos 6.01.01.002-B y 6.01.03.012-B, según se trate de materiales de/o para construir la capa subrasante, sub-base, base, carpeta o concreto hidráulico, respectivamente.
- Los ensayos para determinar la calidad de los materiales se indican en el libro 6 de las Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas de la dependencia, y se efectuarán en cada muestra los que determinen, las características que deben cumplir de acuerdo con lo indicado en el libro 4 de las Normas de Calidad de los Materiales de la Dependencia, en sus incisos 4.01.03.009/010, según se trate de materiales para sub-base y base o carpeta, respectivamente.
- Los estudio a detalle con apoyo de geofísica y/o exploraciones mecánicas, se llevarán a cabo para definir las áreas de formaciones rocosas propuestas como bancos, cuando se tenga la necesidad de excavar más de 30.0 m.
- Todas las muestras serán sometidas a ensayos de laboratorio, para su identificación, clasificación, calidad y resistencia para definir el diseño de pavimento.
- ◆ Material que entregara la empresa contratista.
  - Croquis de cada banco, el cual deberá contener:
    - Descripción general del banco de préstamo.
    - Ubicación con respecto al eje de trazo.
    - Localización de los sondeos efectuados.
    - Clasificación de los sondeos efectuados.
    - Espesor de despalme.
    - Espesor del estrato aprovechable.
    - Capacidad del banco.
    - Porcentaje de partículas mayores de 5.1 cm (2”), que se considera contenga el banco.
    - En caso necesario hacer recomendaciones para el ataque del banco.
  - Tabla resumen de bancos de materiales que se proponen para la pavimentación indicando:
    - Número progresivo del banco.
    - Nombre del banco, localización (ubicación del banco con respecto al eje de trazo).
    - Clasificación geológica de los materiales.
    - Clasificación de los materiales para presupuesto.
    - Espesor de despalme.
    - Utilización del material.
    - Tratamiento que requiere el material para su utilización. En caso necesario recomendaciones para el ataque del banco.
    - Capacidad del banco.



- Ensayes efectuados a las muestras de materiales obtenidos en los bancos estudiados.
- En caso de requerirse mezclas de materiales, apoyar la proposición con ensayes, ya sea mezclas de suelos estabilizados con algún producto cal, cemento, o asfalto (prueba Marshall si se trata de mezclas asfálticas en planta).
- Anexos al estudio:
  - Carta de ruta esc. 1:50,000 (larguillo) indicando el eje de proyecto, la ubicación de los bancos de material que se proponen.
  - Reporte fotográfico.

➤ **Diseño del pavimento.**

En base al aforo vehicular proporcionado por SCT, la sección transversal de la carretera y estudio geotécnico, la empresa contratista elaborará el diseño de pavimento, considerando:

◆ Para Pavimento flexible:

- Por el criterio del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- El método de la American Association of State Highway and Transportation Officials. (AASHTO).
- Por otro método que elija la empresa contratista

◆ Para Pavimento rígido:

- El método de la American Association of State Highway and Transportation Officials. (AASHTO).
- EL método Portland Cement Association. (PCA).

La proposición de la estructura del pavimento, de acuerdo con los resultados anteriores se definirá conjuntamente con el personal de la SCT.

➤ **Proyecto constructivo del pavimento.**

La empresa contratista deberá entregar el siguiente material:

- ◆ Dos carpeta (original y copia) conteniendo la memoria de cálculo, la cual debe estar integrada por los siguientes conceptos:
  - Índice general.
  - Anexos al estudio (Carta de ruta y reporte fotografico).
  - Tabla resumen de bancos.
  - Generadores de cantidades de obra, incluyendo acarreos, para pavimentos. Estos formatos deberán elaborarse por conceptos independientes, de acuerdo al contrato celebrado, es decir, separando camino troncal, ampliación de cuerpo existente, entronque no. 1, entronque no. 2, etc. Este cuadro deberá contener

relación de conceptos de materiales que formarán el pavimento, unidad y cantidad de los mismos.

- Procedimiento de construcción y especificaciones particulares y generales. Se deberá describir, en términos generales, en qué consiste el proyecto a desarrollar, de acuerdo a las características del proyecto, ya sea que se trate de la construcción de un cuerpo nuevo y/o rehabilitación del cuerpo existente; en cada caso o en ambos se indicarán los pasos o secuencia a seguir en la construcción de cada capa en particular incluyendo las etapas de construcción de terracerías conforme a las Normas y Especificaciones vigentes de la SCT tomando muy en cuenta la continuidad del tránsito para el caso de ampliación de carreteras existentes. Para cada capa o etapa de construcción se deberán consignar el Procedimiento Constructivo y las Normas para Construcción e Instalaciones de la SCT indicando cláusula, inciso, edición, libro, parte y título; así como pruebas de los materiales, equipos y sistemas.
- Secciones estructurales tipo de pavimento. Se deberán reportar las secciones tipo constructivas conforme a las condiciones que se presentan y se definen en el proyecto de terracerías, que servirán de base, para establecer en su caso las cantidades y/o volúmenes de obra de las diferentes capas que integran la estructura del pavimento; principalmente cuando se trate de rehabilitación y/o ampliación de un cuerpo existente, zonas urbanas, etc.
- Secciones o figuras tipo de las obras complementarias de drenaje.
- ◆ CD's conteniendo, en formato de procesador de textos Word y/o Excel el respaldo de la documentación contenida en la carpeta de memoria de cálculo y proyecto constructivo del pavimento.

### VI.2.3 Proyecto constructivo de terracerías

El proyecto constructivo del camino troncal estará integrado por el proyecto constructivo de terracerías y en su caso el proyecto de los muros de contención necesarios para retener terracerías y/o separar calzadas principales de laterales.

#### ◆ Proyecto geométrico.

Para la etapa del proyecto geométrico del alineamiento vertical (propuesta de subrasante definitiva) la empresa contratista deberá presentar al supervisor de terracerías un perfil de trabajo que contenga los siguientes datos: elementos principales del alineamiento horizontal (PST, PC, PT, TE, EC, CE y ET), azimutes (AZAC) y longitud de tangentes libres; perfil del terreno, escalas 1:2,000 horizontal y 1:200 vertical, con la propuesta de la subrasante definitiva; ubicación, tipo y rasante mínima por estructuras y drenaje menor; datos geotécnicos (características de los materiales a lo largo de la línea de proyecto, coeficientes de variabilidad volumétrica, taludes de proyecto, clasificación de pago y recomendaciones de aprovechamiento y tratamiento de los materiales).

Previo a la revisión de proyecto geométrico del alineamiento vertical. La empresa contratista deberá recabar, del Supervisor del proyecto, el Vo.Bo. de la revisión de los datos de campo, geotecnia, tipo y dimensiones de las estructuras y alcantarillas necesarias, incluyendo rasante mínima y funcionamiento de drenaje.

◆ **Proceso electrónico de terracerías.**

Una vez que el supervisor de proyecto de terracerías ha revisado y autorizado el alineamiento vertical propuesto, se estará en posibilidad de procesar mediante el programa de cómputo proporcionado por la SCT, el proyecto de terracerías.

◆ **Movimientos de terracerías y cantidades de obra.**

En el perfil de trabajo deberá dibujarse, a una escala adecuada, la *ORDENADA DE CURVA-MASA* para en base a los bancos de préstamo de materiales y los movimientos de terracerías se ubique la compensadora económica, una vez determinada la compensadora se calcularán los movimientos de terracerías tanto de compensación longitudinal como de los bancos de préstamo, se presentarán las cantidades de obra por kilómetro, parciales por cada 5 kilómetros y un catalogo general de conceptos y cantidades de obra para precios unitarios del total del tramo contratado.

#### VI.2.4 Proyecto constructivo del drenaje menor

◆ **Datos generales para el proyecto de obras de drenaje.**

La empresa contratista deberá presentar para su revisión y autorización la relación de obras de drenaje menor a proyectar, dicha relación deberá incluir, de cada obra: cadenamiento, cuenca por drenar (A), área hidráulica necesaria (B), tipo de obra, plantilla (desplante y pendiente) y subrasante mínima. De las estructuras mayores (puentes, pasos vehiculares, etc.) se consignará su ubicación.

◆ **Relación de obras mayores.**

La empresa contratista deberá entregar a una relación con la ubicación y tipo de estructuras mayores (puentes, pasos vehiculares, peatonales, túneles y entronques), con el objeto de que se programen los estudios y proyectos correspondientes.

◆ **Plano de cuencas.**

Se entregará carta topográfica a Esc. 1:50,000 que contenga las cuencas delimitadas por cada obra de drenaje.

◆ **Proyecto**

Proyectos constructivos de las obras de drenaje menor, cantidades de obra y funcionamiento de drenaje.

◆ **Proyecto de obras complementarias.**

La ubicación y cuantificación se deberá realizar en forma de relación detallada de indicando ubicación mediante cadenamiento, cantidades de obra y especificaciones de construcción de cada concepto por separado (cunetas, contracunetas, bordillos, lavaderos y subdrenes longitudinales y transversales, cercado del derecho de vía), proporcionando, en su caso la siguiente información:

- Ubicación.
- Longitud.
- Material con que deben impermeabilizarse.
- Clasificación para presupuesto del terreno natural.
- Recomendaciones para protecciones en las zonas de descargue.
- Recomendaciones para la construcción.

- Profundidad a la que deben de construirse y pozos de visita, en el caso de subdrenes.
- Cantidades de obra.

### VI.2.5 Proyecto de señalamiento.

#### ◆ **Uso de programas CAD.**

Este proyecto será desarrollado utilizando un programa CAD para computadora. El programa utilizado debe ser 100% compatible con los archivos estándar DWG y DXF producidos por el programa CAD de Autodesk AutoCAD versiones 12, 13 ó 14. El Contratista proporcionará detalles del programa específico que pretende utilizarse, en la propuesta técnica para conseguir la aprobación de la dependencia.

#### ◆ **Tamaño de hojas.**

Todos los planos se desarrollarán en hojas tamaño métrico (ISO). Los tamaños comunes, que pueden ser usados así como sus dimensiones, son como sigue:

- A0 841 x 1189 mm
- A1 594 x 841 mm
- A2 420 x 594 mm
- A3 297 x 420 mm
- A4 210 x 297 mm

Para los propósitos del proyecto actual, se utilizará la hoja tamaño A1, para las secciones de camino troncal, y tamaño A0 y A1 para entronques.

#### ◆ **Pie de plano.**

La SCT proporcionará el pie de plano, el cual deberá colocarse en el extremo superior derecho de los planos de señalamiento.

#### ◆ **Presentación y calidad de los planos.**

Los planos que se desarrollen como resultado del proceso CAD se dibujarán en un trazador/plotter apropiado y controlado por computadora. Los resultados de este proceso, deberán ser claros, limpios, libres de marcas extrañas, con líneas, círculos y detalles de dibujo comunes mostrando anchos constantes y uniformes. Copias de planos para revisión, que hayan utilizado un sistema de reproducción de menor calidad, pueden ser aceptados, siempre y cuando todos los detalles en el plano sean legibles.

#### ◆ **Números de copias de planos y tipo de papel.**

Antes de la entrega definitiva del proyecto se deberá entregar una copia en papel bond de los planos que contengan el proyecto de señalamiento. Los planos definitivos se entregarán en papel vegetal (tipo conaflex o similar) teniendo un peso de 110 mg/m<sup>2</sup>.

#### ◆ **Detalles del señalamiento por secciones del camino frontal.**

Utilizando el programa aprobado por la dependencia, el Contratista procederá a desarrollar los planos del proyecto que demuestren claramente el tipo y ubicación de las señales de la siguiente manera:

- Desarrollar un plano simplificado de la sección (es) de la carretera requerida, con las siguientes características:
  - El trazo a una escala de 1:5,000, mostrando tangentes y curvas que constituyen el alineamiento horizontal de la carretera.
  - El número de carriles que forman el ancho de la carretera a una escala de 1:1,000.
- Usando lo anterior como base, sub-secciones de 20 a 30 por kilómetro, se ubicarán en el plano, todas las señales estándar que se necesiten para indicar claramente los requerimientos operacionales de la carretera, tal y como lo describe el *MANUAL DE DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO EN CALLES Y CARRETERAS*, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en su última edición. Las señales estándar deberán ser representadas con precisión a escala de 1:100 y localizadas en el plano en sus apropiadas posiciones relativas a la precisión permitida por la escala del trazo y las señales adyacentes.
- En cada plano habrá de incluirse, un listado de todos los señalamientos para cada sub-sección. Este listado mostrará las señales para los lados derecho e izquierdo de la carretera por separado; con el lado derecho, mostrando el incremento del kilometraje de distancia a lo largo de la carretera. Las dos listas pueden estar por separado, solo cuando esto sea realmente necesario por limitaciones de espacio. Los listados incluirán los siguientes detalles:
  - Kilometraje en orden ascendente, para el lado derecho comenzando en la parte superior de listado y, en orden descendente para el lado izquierdo, empezando en la parte superior del listado.
  - Dimensiones.
  - Descripción estándar
- Así como la lista de señalamiento vertical ordenada, deberá haber una lista con la sumatoria de todos las señales, mostrando las cantidades de cada tipo, así como una lista con la sumatoria de todos los señalamientos horizontales, incluyendo las rayas continuas, vialetas, ménsulas y delineadoras. Esta lista deberá mostrar los siguientes detalles:
  - Tipo
  - Color
  - Dimensiones (ancho, espaciamiento, etc.)
  - Cantidad
  - Observaciones relevantes

Se deberán de incluir especificaciones para señalamiento vertical, acabados, tratamientos, anclajes, análisis por viento, diseño estructural de las señales elevadas, las cuales deberán aparecer en la planta general, de acuerdo a plano anexo.

La cantidad de defensa (2 Crestas, 3 Crestas) muros divisorios de carriles se deberán de dibujar e indicar sus detalles más importantes (tipo, M-180, terminación, arranque de la defensa, etc.).

Se entregarán además de los planos finales, una copia de archivos electrónicos con los planos que fueron generados como resultado del proceso arriba descrito.

#### **VI.2.6 Proyecto constructivo de muros.**

Plano de muros: Este plano deberá contener vista longitudinal indicando el perfil del terreno natural, rasante de la rama, cadenamientos extremos del muro, cotas de desplante, de coronamiento, secciones transversales, especificaciones particulares y cuadro de cantidades de obra, así como todo aquello que se considere necesario para su correcta ejecución en obra. Se deberá nombrar al muro de acuerdo a la rama en que se localice y al lado en que se encuentre).

#### **VI.2.7 Proyecto de obra inducida, reubicaciones e interferencia.**

Deberán presentarse los planos con los elementos necesarios (vistas en planta, perfil, secciones transversales, etc.) donde se indique la ubicación, geometría, volumetría, especificaciones particulares y generales de todas aquellas obras que se afecten con la construcción del entronque que nos ocupa (camino y veredas existentes, ductos de agua potable, gasoductos, superficiales o subterráneos, líneas de energía eléctrica, incluyendo postera y/o torres de alta tensión, canales de riego, pozos profundos, etc.).

#### **VI.2.8 Catalogo de conceptos y cantidades.**

Se deberá elaborar el catalogo de conceptos y cantidades de obra para expresión de precios unitarios y monto total de la proposición (Forma E-7) en un solo formato que incluya los conceptos y cantidades de los proyectos contratados (terracerías, drenaje menor, señalamiento horizontal y vertical, pavimento, obras complementarias, entronques y en su caso estructuras).

Este catalogo deberá elaborarse de acuerdo a las *NORMAS DE CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES, CARRETERAS Y AEROPISTAS*; Libro 3.01.03. Debiendo consignar: Numero progresivo, inciso, descripción de concepto, volumen total, unidad, precio unitario (el último vigente aprobado por la S.C.T.) e importe.

#### **VI.2.9 Material de entrega.**

La empresa contratista deberá entregar a la SCT el siguiente material como producto de la prestación de los servicios contratados.

- a) Carpetas por tramos de 5 km, conteniendo los registros de los levantamientos de campo: trazo, referencias, coordenadas, nivel y secciones transversales del terreno.
- b) Una carpeta conteniendo en original el siguiente material:
  - Proceso electrónico del proyecto constructivo de terracerías.

- Formatos de codificación para el proceso del tramo, requisitados con tinta negra.
  - Cantidades de obra por kilómetro y totales por tramo de 5 (cinco) kilómetros.
  - Cálculo de los movimientos de terracerías, incluyendo los préstamos de banco de materiales.
  - Copia de la sección tipo de la carretera.
  - Copia del estudio geotécnico autorizado por el Supervisor de proyecto.
  - Copia de los datos generales para el proyecto de obras de drenaje (rasante mínima).
- c) Dos carpetas por tramo de 5 (cinco) kilómetros, conteniendo copia del proceso electrónico del proyecto de terracerías.
- d) *PLANOS x KM*, graficados que contengan el proyecto en planta y perfil, movimientos de terracerías y cantidades de obra, conforme al plano tipo proporcionado por la dependencia.
- e) *PERFIL DE TRABAJO*, graficado por tramo de 5 (cinco) kilómetros, que contenga perfil del terreno natural con la subrasante de proyecto, alineamiento horizontal, movimientos de terracerías, ubicación de obras de drenaje menor y estructuras mayores, geotecnia, bancos de nivel y cantidades de obra.
- f) Una carpeta conteniendo, en original:  
*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LAS OBRAS DE DRENAJE MENOR*: funcionamiento de drenaje, perfiles de los ejes de las obras de drenaje con sección de proyecto, registros de campo, memoria de cálculo, cantidades de obra por kilómetro y por tramo de 5 km y carta topográfica con cuencas hidrológicas delimitadas por obra.
- *PROYECTO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS*: con memoria de cálculo.
  - *PROYECTO DE MUROS*: Planos y memoria de cálculo
- g) Dos carpetas por tramo de 5 (cinco) km, conteniendo copia de los proyectos constructivos de las obras de drenaje menor, funcionamiento de drenaje y copia de los registros de campo. Obras complementarias y proyecto de muros.
- h) Una carpeta conteniendo memoria de cálculo, cantidades de obra y copia en papel bond de los planos de señalamiento.
- i) *PLANOS DE SEÑALAMIENTO* en papel conaflex o similar.
- j) Una carpeta conteniendo el estudio geotécnico.
- k) Una carpeta con el proyecto de pavimentos y cantidades de obra.
- l) Una carpeta conteniendo el proyecto, cantidades de obra y memoria de cálculo de la obra inducida.
- m) Una carpeta conteniendo la relación de conceptos de trabajo y cantidades de obra
- n) (FORMA E-7) para determinar el costo total de la construcción de la obra. Los puntos que deben considerarse en la elaboración de la FORMA E-7 son:

- Incisos; se debe formular de acuerdo a las especificaciones y normatividad vigentes de la SCT, precios por unidad de obra terminada (PUOT).
  - Conceptos de obra; deberá precisar con exactitud el concepto a ejecutar de acuerdo a las características de los trabajos con base a las especificaciones vigentes de SCT.
  - Unidad de medida; indicada en la especificación respectiva en los capítulos de medición.
  - Cantidad de obra; en base a la definición de conceptos de acuerdo a la especificación y normatividad vigente deberá considerar las cantidades de obra, debiendo presentar los generadores de obra donde se muestre la obtención de la volumetría de todos los conceptos que intervienen en la relación de cantidades de obra.
- o) CD's, etiquetados y rotulados, conteniendo archivos electrónicos de los estudios y proyectos contratados (Datos de campo, estudio geotécnico, evaluación del pavimento existente, proyecto de pavimento, Plantas KM, perfiles de trabajo, listados del proceso electrónico de terracerías (editados la herramienta Word), proyectos de obras de drenaje, proyecto de señalamiento, proyecto de pavimento y catalogo de conceptos y cantidades (FORMA E-7).

Todos los reportes y registros generados por la prestación de los servicios contratados deberán presentarse en el idioma español, escritos en hojas originales en tamaño carta con las razones sociales tanto de SCT como de la empresa contratista.



## VII CONCLUSIONES

A través de 20 años he tenido la oportunidad de laborar ininterrumpidamente en el ramo profesional donde me desarrolle académicamente, acumulando en todo este tiempo experiencias personales y profesionales, recolectadas a lo largo y ancho de nuestro país y más allá en el extranjero. Convencido fervientemente de mantenerme en el perfil profesional, marcado en la misión y visión de la institución donde me forme escolarmente como profesional de la Ingeniería Civil.

Todos estos años han sido fructíferos en todos los aspectos, lo más valioso el conocimiento, pues a través de él me he proyectado en plataformas para el desarrollo no solo en el ramo del intelecto profesional, sino también en lo referente a lo emocional, físico, espiritual y económico. Y estoy más que convencido que mantener todos estos elementos en equilibrio es la clave para ser mejores personas.

Debo mencionar que el trabajar en los inicios de mi carrera para el Grupo Tribasa me dio una visión muy importante de la relevancia que guardan los factores que se redactan más adelante, así como de la plataforma de posibilidades para desarrollarme.

El Ingeniero Civil debe ser una persona con vocación de servicio, capaz de agudizar su ingenio para encontrar las soluciones optimas en tiempos estrechos, con un conocimiento humano tal que pueda coordinar bien un equipo de trabajo, objetivo y calculador para poder programar tareas y anticiparse a las problemáticas, observador y estudioso para mejorar sus actividades y/o procesos de su equipo de trabajo.

Todas las habilidades anteriores pueden desarrollarse con la preparación y estudio previo de las actividades a desarrollar, además de documentarse en áreas afines o de las cuales dependa nuestra actividad. Otro factor importante es crecer en la operación de herramientas de computadora que faciliten nuestro trabajo, o el conocimiento de otros idiomas que nos permitan acceso a tecnologías de vanguardia. El universo de factores a desarrollar por medio de crecimiento intelectual puede resultar infinito, sin embargo es importante mentalizarse en las herramientas que puedan hacernos más competitivos, dentro de nuestra área de trabajo.

Para mantener competitividad debe concientizarse en una capacitación constante, pues las tecnologías y conocimientos avanzan de forma acelerada, y de no considerar seriamente este factor se corre el riesgo de quedar anacrónico, con la consecuencia de ser menos productivo. Es lamentable que en nuestro país sean pocas las empresas que se preocupan por la capacitación de sus recursos humanos, sin embargo esto nos exime de nuestra responsabilidad personal al respecto, ni tampoco debe ser una limitante, pues al final debemos ver el beneficio propio, entendiendo que la capacitación es la mejor inversión que podemos hacer de nuestro capital.

Un factor importante en el desarrollo del ingeniero civil es el trabajo en equipo, pues en la actualidad no existe un profesional que pueda desarrollar un proyecto integral de forma aislada, inclusive es deseable que el trabajo se desarrolle en coordinación de todas las

especialidades involucradas, considerando objetivamente los puntos de vista de cada una de ellas hacia el trabajo de las demás. Por ejemplo, un proyecto de carreteras es desarrollado por un número importante de especialistas, y en mi experiencia, resulta mucho más óptimo cuando se realiza en una supervisión objetiva todos contra todos, que cuando se realiza de forma individual todas las partes y al final se concentra.

Para mi caso personal ha resultado importante el involucramiento con otras áreas de proyecto de carreteras, como son los estudios de topografía, geotecnia y fotogrametría, para la coordinación de los trabajos de estudio y proyecto de carreteras en que he participado.

Otro factor que consideramos de importancia no solo en nuestro campo de acción si no de cualquier otra área es la ética profesional, concepto del cual tenemos como sociedad un desempeño deficiente. Sin embargo debemos ser conscientes del rol que desempeñamos y de que no es sano utilizar nuestras capacidades para desarrollar actividades que causen detrimento de los demás, seamos sensatos para crecer profesionalmente en un ambiente productivo de beneficio hacia la sociedad civil. Recordemos que hacer las cosas mal y cobrarlas equivale a robar y peor si es dinero público, por que el robo es a nosotros mismos como sociedad.

Es muy importante crecer como profesionales con un desarrollo intelectual sostenido, sin embargo en la misma medida también es relevante crecer como seres humanos, pues debemos ser sensibles al hecho que las obras que desarrollamos están destinadas para un usuario final, quien es nuestro semejante, y que de no realizarse con la conciencia debida y la honestidad necesaria dichos trabajos, los errores u omisiones en el proyecto pueden ser cobrados con vidas, tanto en el desarrollo de la obra como en la operación de la misma. Y más aun tenemos la responsabilidad de ser amables con la naturaleza, desarrollando proyectos lo menos agresivos posible con el entorno natural, siendo deseable la armonía integral con dicho entorno.

Es claro que en este rubro nos falta bastante por desarrollar, si es que hemos comenzado, y conscientes de que es un problema global, debemos recordar que antes que cualquier cosa somos seres vivos, por tanto cualquier agresión a nuestro entorno natural, a la larga será contra nosotros también. Recordemos el constante pensamiento de los adultos en dejar un mejor mundo a nuestros hijos, tal vez lo racional sea dejar mejores hijos a este mundo.

Debo manifestar que esta carrera me ha dejado tanto alegrías como momentos amargos, sin embargo el balance es positivo, después de todo, los errores representan experiencia para hacer las cosas de forma diferente hasta lograr superarlos, alistándonos para nuevos retos y nuevas oportunidades.

Una de las experiencias más gratificantes de esta profesión fue ver construido mi primer diseño en la autopista México - Morelia - Guadalajara, sin embargo el momento más emotivo fue en la sierra Mixe de Oaxaca cuando un grupo de personas muy humildes y con lagrimas en los ojos, me manifestaron su alegría por la construcción de la carretera que pasaría por su comunidad. Este evento fue un impulso muy grande para mi crecimiento como ser humano, y la consecuente concientización de la relevancia de mi profesión como

vocación de servicio, mas allá del ego que habitualmente llegamos sentir al ver las obras desarrolladas.

En la actualidad vivimos en nuestro país una etapa complicada, con dificultades políticas, sociales y económicas, que han contribuido a un deterioro en el tejido social de nuestro país, sin embargo debemos jugar nuestro papel individual para solventar esta situación, recordemos el papel relevante que tiene el ingeniero civil en la proyección y creación de obras de infraestructura, motores indiscutibles de la economía, y ser conscientes de la responsabilidad no solo laboral, sino de la funcionalidad, operación y trascendencia de estas obras.

Nuestra sociedad necesita profesionales de la ingeniería civil con una amplia preparación y especialización técnica, pero también con un agudo sentido humano, consiente en la necesidad de una dinámica con un crecimiento constante en ambos rubros, con la capacidad de trabajo en equipo, involucrado en los entornos de su profesión, con un amplio sentido de la ética, comprometido con la trascendencia de su profesión y sobre todo con un amplio criterio de la honestidad.

Hablando de la honestidad finalizo estas consideraciones con una reflexión de la amplia gama de filosofía oriental.

*No temas a la manera en que te ven los demás, pues el hombre se enmascara tan a menudo así mismo, que lo que es simple raramente es comprendido, recuerda que los polvos de la verdad siempre se levantan buscando sus propios caminos. Y el árbol que cae en el bosque sin oídos que lo oigan, no hace ruido, sin embargo...cae*

*Filosofía antigua de China*

## VIII BIBLIOGRAFIA

- ✪ Normas de servicios técnicos de la Dirección Técnica, S.C.T.
  - Manual de proyecto geométrico de carreteras
  - Libro 2 de proyecto geométrico de carreteras
  - Libro 3 de terracerías, normas para construcción e instalaciones
  - Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras
  - Normas para estudios de proyecto de carreteras
    - ◆ Normas para estudios topográficos
      - N-PRY-CAR-1-01-001-07
      - N-PRY-CAR-1-01-002-07
      - N-PRY-CAR-1-01-003-07
      - N-PRY-CAR-1-01-004-07
      - N-PRY-CAR-1-01-005-07
      - N-PRY-CAR-1-01-006-07
    - ◆ Normas para estudios geológicos
      - N-PRY-CAR-1-03-001-00
      - N-PRY-CAR-1-03-002-00
      - N-PRY-CAR-1-03-003-00
    - ◆ Normas para estudios Hidrológicos para puentes
      - N-PRY-CAR-1-06-001-00
      - N-PRY-CAR-1-06-002-00
      - N-PRY-CAR-1-06-003-00
      - N-PRY-CAR-1-06-004-00
      - N-PRY-CAR-1-06-005-00
      - N-PRY-CAR-1-06-006-00
- ✪ Introducción a la Ingeniería de Caminos, José Alfonso Mier Suarez U.M.S.N.H
- ✪ Manual de Caminos Vecinales, René Etcharren.
- ✪ Enciclopedia Británica, Artículo de carreteras
- ✪ Historia de la Humanidad, UNESCO Editorial Planeta.
- ✪ Historia de la Tecnología volumen 3 T.K. Derry y Trevor I. Williams Ed. siglo XXI
- ✪ Sitios WEB
  - ◆ [www.sct.gob.mx](http://www.sct.gob.mx) Página de Secretaria de Comunicaciones y transportes.
  - ◆ [www.googleearth.com](http://www.googleearth.com) Página de Google Earth.
  - ◆ [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com) pagina de Autodesk AutoCAD

## IX ANEXOS

A continuación se anexa un juego de 10 planos muestra referentes a los proyectos de participación.

- ◆ Anexo I  
Autopista Atlixco – San Marcos Acteopan (Estado de Puebla).
- ◆ Anexo II  
Planta de tratamiento de aguas residuales “Atoyac” (Estado de Puebla).
- ◆ Anexo III  
Enlace “Norte Pichidanguí” carretera Santiago – Los Vilos (República de Chile)
- ◆ Anexo IV  
Carretera Cobán – Chisec – Xuctxul (República de Guatemala)
- ◆ Anexo V  
Intersección “Aeropuerto” (República de Costa Rica)
- ◆ Anexo VI  
Parque ecológico habitacional “Paraíso escondido” (Tarimbaro, Michoacán)
- ◆ Anexo VII  
Residencial “Buenos Aires” Apatzingan Michoacán.
- ◆ Anexo VIII  
Acceso Hospital IMSS C245 (Jiquilpan, Michoacán)
- ◆ Anexo IX  
Entronque “Atlixcayotl” (Estado de Puebla)
- ◆ Anexo X  
Paso a desnivel “La Pila” (Cuajimalpa, Distrito Federal)