

29/62



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

EVALUACION ECONOMICA Y PROYECTO GEOMETRICO DE LA CARRETERA PUEBLA- ATLIXCO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A ;
RENE GOMEZ ANAYA

TRABAJO DE GRADUACION



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	<u>Pág.</u>
I.- PROLOGO	1
INTRODUCCION	5
II.- DIAGNOSTICO	7
ANTECEDENTES	7
ANALISIS DE CAPACIDAD	9
ESTUDIO SOCIO-ECONOMICO	12
DEMOGRAFIA	13
INFRAESTRUCTURA	21
ACTIVIDADES ECONOMICAS	22
III.- FORMULACION DE METAS Y OBJETIVOS	24
ANALISIS PARA EL CALCULO DE LA CUOTA TECNICA DE DESGASTE	28
CUOTAS TECNICAS DE DESGASTE PARA AUTOPISTAS	30
IV.- GENERACION DE ALTERNATIVAS	32
DATOS GENERALES	33
COSTOS	34
COMPARACION DE COSTOS	35
V.- EVALUACION DE ALTERNATIVAS	37
DATOS DE LA CARRETERA	40

ANALISIS DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO . . .	40
VI.- PROYECTO PRELIMINAR	59
DESCRIPCION DEL PROYECTO DE CARRETERAS POR EL METODO FOTOGRAFICO	60
SELECCION DE RUTA	61
RECOPIACION DE DATOS	62
RECONOCIMIENTOS AEREOS	63
PRIMER RECONOCIMIENTO AEREO	63
SEGUNDO RECONOCIMIENTO AEREO	64
OBTENCION DE FOTOGRAFIAS AEREAS A ESCALA 1:25,000	65
ANTEPROYECTO SOBRE PLANOS TOPOGRAFICOS RESTITUIDOS FOTOGRAFICAMENTE A ESCALA 1/5,000/5 .	67
ANTEPROYECTO	68
PROYECTO DE APOYO TERRESTRE	69
TOMA DE FOTOGRAFIAS ESCALA 1:10,000	70
ESTUDIOS ESTEREOSCOPICOS	71
ANTEPROYECTOS SOBRE PLANTAS 1:2,000	72
TRAZO Y NIVELACION DEL EJE PRELIMINAR	74
SECCIONAMIENTO	78
ANEXO VI -A- CONTRA TERRESTRE	84
-PUNTOS DE CONTROL TERRESTRE	85
-PROYECTO DE CONTROL TERRESTRE	88
EJEMPLO	90

	<u>Pág.</u>
CONTROL TERRESTRE PARA FOTOGRAFIAS 1:25,000 . . .	92
CONTROL TERRESTRE PARA FOTOGRAFIAS 1:10,000 . . .	93
CONTROL TERRESTRE PARA FOTOGRAFIAS 1: 5,000 . . .	95
EQUIPO DE CAMPO UTILIZADO PARA LA REALIZACION DEL CONTROL TERRESTRE	97
 VII.- PROYECTO DEFINITIVO	 98
CURVAS HORIZONTALES	99
EJEMPLOS	104
CURVAS VERTICALES	112
EJEMPLOS	115
VISIBILIDAD	117
SOBREELEVACION	118
SECCION DE CONSTRUCCION	121
 VIII.- ESTUDIO DE DIAGRAMA DE MASAS	 128
CALCULO DE LA RASANTE Y CURVA MASA	130
LIMITACIONES DE ACARREO Y SOBRECARRERO.	134
 IX.- CONCLUSIONES	 138
BIBLIOGRAFIA	143

I.- P R O L O G O

Los adelantos tecnológicos y científicos están revolucionando el mundo entero, adelantos que no son producto de la casualidad, sino de la dedicación y el empeño por aprovechar y optimizar mejor los recursos que nos brinda la naturaleza, - así como su anhelo de tratar de dejar una huella de su paso - por este mundo, huella que pueda ser vista y al mismo tiempo - seguida por los hombres que le antecedan, para que así, todos juntos con nuestras huellas podamos dejarles un mejor camino - a las futuras generaciones.

En el campo de la Ingeniería, durante las últimas décadas, hemos presenciado un estimulante desarrollo en las diversas técnicas utilizadas para resolver, en forma cada vez más eficiente, los problemas a los que se enfrenta cotidianamente el Ingeniero Civil, tanto en el proyecto como en la construcción de las diversas obras; obras en donde es indispensable - que los proyectos de las mismas sean optimizados al máximo, - empleando para ello las mejores técnicas y procedimientos que se encuentren a nuestro alcance, pues "de la Calidad de los Proyectos depende la Eficiencia y la Economía de la Obras".

Una de las demostraciones más claras de la evolución - y grado de desarrollo de una economía lo constituye el comportamiento de las obras públicas particularmente aquellas que la infraestructura para el transporte, cuya evolución ha venido distinguiéndose por su importante papel y su gran dinamismo, al permitir acelerar el proceso de desarrollo nacional.

Este hecho manifiesta la importancia de la comunicación permanente, y constituye un factor determinante para el desarrollo económico, ya que el transporte, como liga indispensable entre la producción y el consumo, que puede considerarse apartado de la relevancia que significa el cuerpo general de los fenómenos económicos. En efecto, los transportes constituyen un elemento indispensable dentro de una economía.

en constante transformación, y una de las bases del fortalecimiento de la Estructura Social.

Paralelamente, la infraestructura para el transporte -- cumple con una importante función: regular el proceso de urbanización que en nuestro país presenta desequilibrio como consecuencia, en su mayor parte, el desarrollo industrial que ha generado una concentración de servicios y obras públicas en unas cuantas ciudades, presentandose en estas un continuo crecimiento.

La red carretera de un país permite el intercambio de bienes y servicios y por lo tanto contriuye al desarrollo del mismo. La construcción o el mejoramiento de una carretera tiene numerosos efectos políticos, económicos y sociales, interrelacionados y mutuamente interdependientes, por lo que aislar los efectos estrictamente económicos derivados de las obras carreteras es una tarea difícil.

El mejoramiento de la red de carreteras de un país se traduce en ahorros para sus usuarios. Una carretera de mejor calidad o una que reduzca la longitud de recorrido permite ahorros de tiempo a los usuarios, los cuales pueden cuantificarse en términos monetarios. Los ahorros incluyen también reducciones en los costos de operación de los vehículos debido a un mejor consumo de combustibles y lubricantes, a menos desgaste de llantas, depreciación costos de mantenimiento o intereses asociados con el precio de vehículos.

Estos ahorros son beneficios atribuibles a la realización de la obra, y constituyen un elemento importante de la evaluación económica de proyectos carreteros.

Un proyecto carretero es analizado con un criterio económico cuando su factibilidad depende de la existencia de una demanda real en el mercado del bien o servicio que se va a producir, a los niveles de precios previstos; esto es, cuando el-

proyecto solo obtiene una decisión favorable para su realización si se puede demostrar que la necesidad que genera el proyecto está respaldada por el poder de compra de la comunidad interesada.

Para el desarrollo de nuestro país es necesario que cada día, en mayor grado, se fomente la construcción de más y mejores vías de comunicación terrestre, ya que estas forman una parte importante de la infraestructura económica sobre la que se sustenta nuestra sociedad.

El ritmo de crecimiento y desarrollo de nuestra sociedad ha obligado al gobierno Mexicano a incrementar en forma constante su programa de construcción de vías terrestres y en consecuencia ha sido aumentado continuamente el volumen de estudios y proyectos que se requieren para llevar a cabo las obras.

Este entre otros motivos, es el que ocasionó el que, desde hace tiempo, se intentara obtener una automatización en el trabajo del proyecto de las vías terrestres, objetivo alcanzado por la S.C.T. al utilizar la tecnología relativamente moderna, que combina el uso de la fotogrametría, la fotointerpretación y el computo electrónico, en la elaboración de muchos de sus proyectos tanto de carreteras como de ferrocarriles.

La utilización de estas técnicas tiene grandes ventajas en cada una de las etapas del proyecto, pues permiten estudiar diferentes alternativas en áreas suficientemente amplias, con adecuada precisión y con mucha mayor rapidez, economía y sobre todo, con mucha mayor confiabilidad con respecto al método tradicional de proyecto de vías terrestres.

Mediante la fotogrametría se obtiene la información referente a la topografía del terreno sobre el que se localizará la vía de comunicación. Esta información se obtiene ya sea en forma de modelos ópticos, mosaicos, ortofotos, en for-

ma de planos convencionales con planimetría y altimetría o -- bien en forma de planos fotogramétricos graficados digitalmente.

La fotointerpretación permite obtener de las imágenes-- fotográficas la información relativa a la geología, el uso -- del suelo, la geotécnica y la hidrología; informaciones neces-- rias para el proyecto carretero.

El uso del cómputo electrónico permite, por supuesto, -- efectuar con gran rapidez y economía la gran cantidad de cál-- culos que se deben realizar, facilitando con ello la optimiza-- ción de los proyectos.

La solución, de una elasticidad muy grande, provee al-- proyectista de vías terrestres de un arma muy poderosa, elimi-- nando con ello la gran cantidad de cálculos rutinarios, lo -- que le permite dedicar su tiempo, con mayor atención, a la de-- terminación, con relativa facilidad, de una solución óptima -- del proyecto, ello a través de un número suficiente de ante-- proyectos estudiados, lo que anteriormente representaba un vo-- lumen excesivo de trabajo, lo que impedía prácticamente, en -- la mayoría de los casos, la optimización de los proyectos.

Cabe hacer notar que este procedimiento de Proyectos -- Fotogramétrico de vías terrestres no es aplicable en todos -- los casos, pues se tiene una limitación para los terrenos con vegetación altamente densa, ya que este procedimiento al ba-- sarse esencialmente en la observación del terreno por medio -- de fotografías aéreas, en todas aquellas zonas en que la vege-- tación impida ver directamente el terreno natural no será po-- sible obtener una configuración topográfica del mismo con la-- suficiente aproximación para basar en ella nuestro proyecto.

2.2 I N T R O D U C C I O N

Por lo general, la Ingeniería de caminos es una materia arida para el estudiante, ya sea porque esta materia es impar tida, en varias Universidades en los primeros años de la carre ra o como es el caso de la UNAM que se imparte como una mate ría optativa en la materia "Sistemas de Transporte Terrestre" o bien porque ésta se encuentra frecuentemente con una termi nología relativamente nueva y en ocasiones ambigua con amplias variaciones aparentes tanto en la etapa de proyecto como en la práct ica de la construcción.

Es por ello que uno de mis objetivos al presentar este trabajo es tratar de reducir al mínimo esta confusión en la terminología usada, presentando para ello una exposición clara y sencilla de cada tema, para que así, los estudiantes de vías terrestres, y en general, quien se interese por este tra bajo, pueda avanzar por un cambio de conceptos, ideas y proce dimientos en línea recta cuyo final se vea enriquecido.

Otro objetivo de este trabajo es el de mostrar, de una manera clara y sencilla, los nuevos e importantes adelantos tecnológicos en lo que respecta al proyecto de vías terrestres, primordialmente en lo referente al uso de la fotogrametría, la fotointerpretación y el cómputo electrónico; dándose la teoría correspondiente así como los resultados que se ob tienen, con la aplicación de los métodos correspondientes, es importante hacer mención que no se meten en este trabajo to dos los datos ni todos los resultados de todo el proyecto de la Carretera en estudio, sino que, se analizan los tramos más críticos para hacer de este trabajo una herramienta para que el estudiante y demás personas cuyo campo profesional o de trabajo vaya encaminado a esta parte tan importante de la Ingeniería como son las vías terrestres.

No es mi objetivo el de hacer de este trabajo un trata do de Ingeniería de Vías Terrestres, sino más bien, el de ela

borar por así decirlo, una especie de guía sobre la "Evaluación Económica y Proyecto Geométrico de Carreteras", procedimiento que actualmente se aplica en la Dirección General - de Carreteras Federales (S.C.T.)

II.- D I A G N O S T I C O

II.- A N T E C E D E N T E S

El intercambio comercial, el transporte de productos agrícolas y que Atlixco económicamente es una Ciudad potencialmente alta, hace que los vehículos que transitan por esta carretera funcionen bajo niveles de servicio inestable, provocando tiempo de recorrido y demoras fuera de lo normal. El tramo actual Puebla - Atlixco tiene una sección de 11.00 mts. de corona y ancho de carpeta de 7.20 mts. con dos carriles de circulación.

En el siguiente cuadro (2.1) se puede observar la composición del tránsito y las velocidades a que circulan los vehículos comparadas con las velocidades de proyecto.

VELOCIDAD DE MARCHA POR VEHICULO EN ZONA DENSA	COMPOSICION DE TRANSITO			
	VEHICULO	ACTUAL (Km/h)	OPTIMA (Km/h)	%
A - Automóviles		74	90	83
B - Autobuses		51	90	4
C - Camiones		49	80	13

CUADRO 2.1

También mediante estudios realizados se pudo observar que los vehículos tratan de recuperar el tiempo perdido en las tangentes lo que hace muy peligrosa la carretera como se puede ver en los cuadros (2,2 y 2.3)

ACCIDENTES EN EL TRAMO PUEBLA - ATLIXCO					
AÑO	No. ACCID	MUERTOS	HERIDOS	DAROS	INDICE
1982	173	16	81	24'958	1.189
1983	134	14	95	38'755	0.940
1984	114	28	73	45'805	0.774
1985	51	5	28	20'637	---

A MAYO

CUADRO 2.2

VELOCIDADES DE PUNTO (85% PORCENTUAL)

KM	LUGAR	SENTIDO 1	SENTIDO 2
3+200	Entronque Zavaleta 160 metros después	A= 85 Km/h	79 Km/h
		B= 76 "	71 "
		C= 65 "	63 "
		PROMEDIO = 75 "	71 "
11+950	Entronque Chipilo 200 metros después	A= 88 Km/h	94 Km/h
		B= 78 "	88 "
		C= 79 "	74 "
		PROMEDIO = 81 "	85 "
26+400	Entronque Atlixco 150 metros antes	A= 100 Km/h	84 Km/h
		B= 100 Km/h	70 "
		C= 83 "	59 "
		PROMEDIO = 95 "	78 "

CUADRO 2.3

La causa de los accidentes es debido al exceso de velocidad (no respetar el reglamento) y por mal estado (ebriedad), provodando principalmente los choques laterales en el carril-contrario por los malos virajes y los alcances en el mismo -- sentido.

En el siguiente cuadro (2.4) se presenta un análisis - del Tránsito Promedio Diario Anual.

KM	LUGAR	TPDA	T.E	V.H.P.	3
		1985			
3+200	Entronque Zavaleta	14700	3	1330	4
9+200	Entronque Acatepec I	11802	1	930	3
11+950	Entronque Chipilo I	12038	1	875	3
26+400	Entronque Atlixco	9450	1	770	4

CUADRO 2.4

II.2.- ANÁLISIS DE CAPACIDAD

A continuación se presenta un análisis de capacidad de la carretera para saber bajo que niveles de servicio está trabajando la carretera.

Antes de presentar el análisis, es necesario definir -- los siguientes conceptos:

CAPACIDAD.- Capacidad de un camino o de un carril, es - el número máximo de vehículos que pueden circular por él, durante un periodo determinado y bajo condiciones prevalecientes tanto del propio camino como de la operación del tránsito.

Para su determinación se ha venido utilizando la siguiente fórmula:

$$C = 2000 N v/c W Tc$$

donde:

C - Capacidad (tránsito mixto en vehículos por hora en un sentido)

2000 - Vehículos ligeros por hora - es la capacidad de la carretera de 2 carriles y 2 sentidos de circulación bajo condiciones ideales en ambos sentidos, sin importar la distribución del tránsito.

N - Número de carriles (en un sentido).

v/c - Relación volumen - capacidad (en este caso v/c=1)

W - Factor de ajuste por ancho de carril y distancia a obstáculos laterales. (Tabla 6-D⁺)

Tc - Factor de ajuste correspondiente a la capacidad, por vehículos pesados.

Para tramos largos se usa la tabla 6-E⁺ en combinación con la tabla 6-H⁺.

Para subtramos específicos se usa la tabla 6-F⁺ en combinación con la tabla 6-H⁺.

+ Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras SAHOP.

Cuando el volumen de autobuses es importante, el segundo término de la fórmula básica anterior deberá multiplicarse por el factor de autobuses (BC) obtenido de la tabla 6-H⁺ en combinación con la tabla 6-G⁺. El mencionado factor también se puede obtener por medio de la fórmula siguiente:

$$T_c = \frac{100}{P_A + P_B E_B + P_C E_C}$$

Donde P_A , P_B , P_C = porcentajes de automóviles, autobuses y camiones respectivamente, y E_B y E_C es el número de vehículos ligeros equivalentes (automóviles) por cada autobús y por cada camión. E_B y E_C dependen del nivel de servicio de la carretera y del tipo de terreno, y se obtiene de la tabla 6-M⁺, 6-E⁺.

NIVEL DE SERVICIO. - Nivel de servicio es un término -- que denota un número de condiciones de operación diferentes que pueden ocurrir en un carril o camino dado, cuando alojar varios volúmenes de tránsito.

A cada nivel de servicio está asociado un volumen de servicio y de hecho es el que permite identificarlo. Este volumen de servicio se calcula con la siguiente expresión:

$$VS = 2000 N v/c W T_L$$

donde:

- VS= Volumen de servicio (tránsito mixto en vehículos - por hora, en ambos sentidos, cuando se trata de carreteras dedos carriles).
- N= Número de carriles (en este caso N=1 debido a que la capacidad bajo condiciones ideales es de 2000 - vph en ambos sentidos).
- v/c= Relación volumen de demanda/capacidad (obtenida de la tabla 6-K o de las figuras 6.22 a 6.27)⁺
- W= Factor de ajuste a un nivel de servicio dado, por ancho de carril y distancia a obstáculos laterales, obteniéndose de la tabla 6-D⁺.

+ Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.

T_L = Factor de ajuste a un nivel de servicio dado, por-
vehículos pesados.

Para proceder a efectuar los cálculos que implican las expresiones señaladas anteriormente, es necesario conocer -- las características geométricas de la carretera o camino en estudio, así como las características del tránsito. En tal virtud se indican los datos requeridos y se efectúan los cálculos correspondientes.

Datos del tramo más saturado

- Un carril por sentido.
- Ancho de calzada 7.20 mts.
- Acotamiento de 1.90 mts. en ambos lados.
- Terreno en lomerío.
- Velocidad de proyecto ponderada 80 Km/h.
- Velocidad de marcha 60 Km/h.
- Distancia de visibilidad de rebase 500 mts. = 40%
- Autobuses 4%
- Automóviles 83%
- Camiones 13%
- Volumen de demanda actual para 1985 = 1330 vph. (cuadro 2.4)
- Nivel de servicio actual $VS = 2000 N v/C W T_L$

Datos obtenidos en el Manual de Proyecto Geométrico de carreteras.

Considerando como primer tanteo un Nivel de Servicio --
"D"

$$N = 1.0$$

$$v/c = 0.66$$

$$W = 1.0$$

$$B = 0.87$$

$$T = 0.61$$

$$E_B = 4$$

$$E_T = 5$$

$$VS = 2000 \times 1.0 \times 0.66 \times 1.0 \times 0.87 \times 0.61$$

$$VS = 700 \text{ Vph}$$

$$1330 > 700 \text{ Vph}$$

Como nos dió como resultado un valor más bajo (700 Vph) tenemos que hacer un segundo tanteo para un Nivel de Servicio "E".

Los datos obtenidos del mencionado Manual son los siguientes:

$$N = 1.0$$

$$v/C = 1.0$$

W, B, y T tienen los mismos valores del cálculo anterior.

$$VS = 2000 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.87 \times 0.61$$

$$VS = 1061 \text{ Vph}$$

$$1330 > 1061$$

∴ El volumen de demanda es mayor al volumen de capacidad del tramo, el subtramo trabaja arriba de su capacidad a un nivel de servicio inestable, es decir, trabaja dentro del Nivel de Servicio "F".

II.3.- ESTUDIO SOCIO-ECONÓMICO

Uno de los aspectos que ha caracterizado el desarrollo de un país es la gran concentración de la población y de la actividad económica en unas cuantas zonas, urbanas por excelencia. Esto ha despertado la inquietud, por parte de las autoridades encargadas de diseñar e implantar políticas de desarrollo del país, ya que origina desequilibrios regionales, cuyos efectos a mediano y largo plazo pueden ser más negativos que positivos.

Por ejemplo, la concentración de la actividad económica y de la población requieren cada vez de mayores montos de inversión con rendimientos cada vez más bajos. Además, la mayor inversión causa, a su vez, mayor concentración de la actividad económica, creando así, un círculo vicioso que puede quebrantar la economía del país.

Por otro lado, los costos unitarios de dotación de ser-

vicios públicos, a partir de cierto límite, aumentan con el tamaño de las zonas urbanas, lo que puede originar que el sector público se vea obligado a subsidiar a las zonas de mayor concentración en detrimento de otras menos congestionadas.

Una de las soluciones para eliminar este obstáculo al desarrollo, es la desconcentración de la actividad y de la población de las zonas actualmente congestionadas. Tal desconcentración, sin embargo requiere, tanto de la planeación adecuada de las actividades, como de la existencia de otras zonas económicas con alto potencial de desarrollo.

La carretera en estudio, Puebla - Atlixco tiene en su zona de influencia una gran concentración de la población, como se muestra en el cuadro 2.6.

El estado de Puebla para fines del estudio socioeconómico se divide en siete regiones que son las siguientes:

- I.- Huachinango
- II.- Teziutlán
- III.- San Pedro Cholula
- IV.- Puebla
- V.- Izucar de Matamoros
- VI.- Cd. Serdán
- VII.- Tehuacán

De las cuales para nuestro estudio y por estar en la zona de influencia solo interesan, San Pedro Cholula, Puebla e Izucar de Matamoros las cuales se muestran en la figura No. 1 y su cuadro correspondiente (cuadro 2.5)

DEMOGRAFIA

En el año de 1970, de acuerdo con la información del Censo General de Población correspondiente, la población de los municipios que serían beneficiados por la carretera ascendió a 1 105 716 hab. y 1 621 551 hab. para el año de 1980, registrándose en consecuencia, una tasa de crecimiento demográfico

Cuadro No. 2.5

Municipio	No.	Municipio	No.
Región San Pedro Cholula		San Juan Atzompan	33
Atlixco	5	San Martín Totoltepec	35
Caipan	7	Santa Catarina Tlaltenpan	41
Coronango	10	Santo Domingo Huehuetlan	43
Cuatlancingo	12	Teopantlan	45
Chiauchingo	14	Tepeanaxalco	48
Domingo Arenas	15	Tepeojuma	49
Huaquechula	17	Tepecco	50
Huejotzingo	19	Tilapa	52
Juan C. Bonilla	21	Xochiltepec	57
Nealtican	23	Zacapala	58
Ocoyucan	26		
San Andrés Cholula	28		
San Diego la Mesa T.	29		
San Felipe Teotlalcingo	30		
San Gregorio Atchompa	31		
San Jerónimo Tecuanipan	32		
San Martín Texmelucan	34		
San Matías Tlalancaleca	36		
San Miguel Xoxtla	37		
San Nicolás de los Ranchos	38		
San Pedro Cholula	39		
San Salvador El Verde	40		
Santa Isabel Cholula	42		
Tehuacan	51		
Tehuacan	53		
Tlaltenango	54		
Tochimilco	55		
Región Puebla			
Acajete	1		
Amozoc	4		
Cuscutinchan	11		
Puebla	27		
Tecali de Herrera	44		
Tepatlixco de Hidalgo	46		
Tepeaca	47		
Tzicatlauyocan	56		
Región Izúcar de Matamoros			
Acteopan	2		
Ahuatlan	3		
Atzizihuacan	6		
Cuatzingo	8		
Tohuacan	9		
Chietla	13		
Epatlán	16		
Huatlatlahuca	18		
Izúcar de Matamoros	20		
Magdalena Tlathahuquitepec,	22		
Nopalucan	24		
Ocoatepec	25		

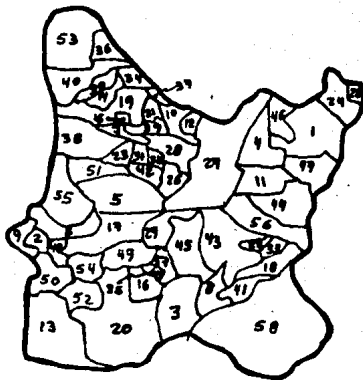


FIGURA 1

fico del orden de 3.90% anual, con lo cual se estima que la - población en el año de 1990 asciende a 2 377 311 hab. Para - 1980 la población económicamente activa de los municipios be- neficiados fue de 529 378 hab. registrándose el 32.65% del to- tal de la población correspondiente, siendo que para el año - de 1970 dicha población representó el 41.86%.

CUADRO NO. 2.6

LOCALIDADES Y POBLACIONES DENTRO DE LA ZONA DE INFLUENCIA

	1970	1980	PROYECCION 1990
REGION SAN PEDRO CHOLULA	336205	480914	705055
Atlixco	72373	91680	
Calpan	8192	11114	
Coronango	11526	15627	
Cuautlancingo	11452	18768	
Chiautzingo	9132	13286	
Domingo Arenas	2750	3849	
Huaquecula	18501	24134	
Huejotzingo	22303	31497	
Juan C. Bonilla	7017	10399	
Nealticán	4522	6850	
Ocuyucan	10383	13783	
San Andrés Cholula	19221	26032	
San Diego la Mesa T.	1371	1139	
San Felipe Teotlalcingo	5055	6846	
Sn. Gregorio Atzompa	3662	4548	
San Gerónimo Tecuanipan	3110	3727	
San Martín Texmelucan	52198	79504	
San Matías Tlalancaleca	7930	11094	
San Miguel Xoxtla	3108	6272	
San Nicolás de los Ranchos	7976	11400	
San Pedro Cholula	3622	57478	
San Salvador el Verde	9630	13661	
Sta. Isabel Cholula	4400	5526	
Tinaguismanalco	6511	7364	

Tlahuapan	15282	19411	
Tlaltenango	2771	3674	
Tochimilco	12207	13748	
REGION PUEBLA	620564	9602779	1407838
Acajete	24154	33975	
Amozoc	14184	23406	
Cuautinchán	3091	3813	
Puebla	532744	835759	
Tecali de Herrera	7979	11167	
Tepatlxaco de Hidalgo	88859	11063	
Tepeaca	25837	36549	
Tzicatlacoyan	3706	4547	
REGION DE IZUCAR DE MATA- MOROS	148947	180358	264418
Acteopan	2113	2547	
Ahuatlán	3041	3788	
Atzitzihuacán	7512	9924	
Coatzingo	3664	4048	
Cohecán	2524	917	
Chietla	27032	34648	
Epatlán	3213	4070	
Huatlatlauca	7788	8285	
Izúcar de Matamoros	45210	57941	
Magdalena Tlatlauquitepec,La	374	375	
Nopalucan	9212	13635	
Ocotepc	3793	4721	
Sn. Juan Atzompa	563	487	
Sn. Martín Totoltepec	494	691	
Sta. Catarina Tlaltempan	1351	1258	
Sto. Domingo Huehuetlán	5536	6403	
Teopantlán	4169	5646	
Tepomaxalco	751	913	
Tepcojuma	5508	7229	

Tepexco	3801	5231	
Tilapa	5055	5821	
Xochiltepec	2451	3081	
Zacapala	3792	4130	
TOTAL	1105716	1621551	2377311

NOTA: La proyección de la población para 1990 se obtuvo de -
la siguiente manera.

$$\text{Tasa de crecimiento anual} = \sqrt[n]{\frac{\text{Pobl. 1980}}{\text{Pobl. 1970}}} - 1 \times 100$$

Sustituyendo en la fórmula los datos:

$$\text{T.C.A.} = \sqrt[10]{\frac{1621551}{1105716}} - 1 \times 100 = 3.90\%$$

Para obtener la población futura tenemos:

$$\text{PF} = (1 + i)^n \times \text{Pobl. 1980}$$

CUADRO 2.7

POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA POR SECTORES DE LOS MUNICI-
PIOS BENEFICIADOS REGION SAN PEDRO CHOLULA

MUNICIPIO	TOTAL	PRIMARIO	SECUNDARIO	TERCIARIO
Atlixco	28996	10126	4611	14259
Calpan	4112	2681	68	1363
Coronango	5248	3221	583	1444
Cuautlalcingo	4762	907	1950	1905
Chiautzingo	4524	2974	213	1412
Domingo Arenas	1484	1133	65	286
Huaquechula	8152	5544	125	2483
Huejotzingo	10350	5164	1390	3796
Juan C. Bonilla	3198	1688	507	1003
Nealticán	2255	1632	56	567
Ocoyucan	3877	2785	300	792
Sn. Andrés Cholula	7802	4053	1094	2655
Sn. Diego la Mesa				
T.	380	280	52	48
San Felipe Toetla				
cingo	4790	3533	61	1196
Sn. Gregorio At-				
zompa	2059	1330	53	676
Sn. Gerónimo Te-				
cuanipan	1491	853	127	511
Sn. Martín Tex-				
melucan	1238	955	26	257
Sn. Matías Tla-				
lancaleca	24179	6252	5698	12229
Sn. Miguel Xox-				
tla	3548	2081	306	1161
Sn. Nicolás de				
los Ranchos	1541	213	736	592
Sn. Pedro Cholula	3460	2347	266	847
Sn. Salvador el				
Verde	16875	4078	4191	8606
StA. Isabel Cho-				
lula	4232	2777	198	1257

MUNICIPIO	TOTAL	PRIMARIO	SECUNDARIO	TERCIARIO
Tinguismanalco	1763	1535	39	189
Tlahuapan	2634	2008	80	540
Tlaltenango	6596	4493	510	1593
Tochimilco	1325	737	167	421

REGION PUEBLA

Adajete	10969	5475	1631	3863
Amozoc	6473	1625	1985	2863
Cuautinchán	1426	970	59	397
Puebla	268377	10085	83661	174631
Tecali de He rrera	3552	1585	493	1474
Tepatlanco de Hidalgo	3504	1526	915	1063
Tepeaca	10603	4712	1269	4622
Tzicatlayocan	2367	1115	183	1069

REGION IZUCAR DE MATAMOROS

Acteopan	1138	381	626	131
Ahuatlán	1360	902	30	428
Atzitzihuacán	3651	2907	20	724
Coatzingo	1303	851	59	393
Cohuecán	1061	661	126	274
Chietla	10334	3257	1686	5391
Epztlán	1356	790	58	508
Huatlatlauca	2975	1121	363	1491
Izúcar de Mata- moros	15458	6599	1737	9122
Magdalena Tla- tlauquitepec,La	137	51	50	36
Nopalucan	4325	2491	767	1067
Ocoatepec	1336	1021	87	228
Sn. Juan Atzompa	179	39	105	35
Sn. Martín Totol- tepec	215	76	17	122

Sta. Catarina Tla				
telpan	563	137	190	236
Sto. Domingo Hue-				
huetlán	2389	1504	131	754
Teopantlán	2688	1517	227	944
Tepemaxalco	244	253	27	64
Tepeojuma	2450	1404	283	763
Tepexco	1789	1180	90	519
Tilapa	1688	885	103	700
Xochiltepec	1009	659	41	399
Zacapala	1483	1041	35	407
T O T A L E S	529373	132200	120526	276806
PORCENTAJE	100 %	25 %	23 %	52 %

En relación con las actividades sectoriales, y considerando el año de 1980, dicha población, es decir, 529 373 personas, presentaba la siguiente distribución: 132 200 personas - dedicados a actividades primarias, alrededor del 25%; en relación con las actividades secundarias o de transformación, 120 526 personas significando con ello un 23% del total; finalmente y en lo que se refiere a las actividades no productivas, - es decir, de servicio y distribución, 276 806 personas que representaron el 52%. Estos resultados se muestran en el cuadro 2.7.

CUADRO 2.8

ESTRUCTURA GENERAL DE LA DISTRIBUCION DEL INGRESO DE LA POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA EN 1980, EN LOS MUNICIPIOS BENEFICIADOS.

Grupos de Ingreso Mensual			
En pesos			Porciento
Hasta			590
			5.3
De	591	a	1080
			5.2
De	1081	a	1970
			7.5
De	1971	a	3610
			13.0
De	3611	a	6610
			19.3

De	6611	a	12110	9.6
De	12111	a	22170	3.9
De	22171	a	más	1.4
No especificado				15.6
No recibe ingreso				19.2

El ingreso real promedio mensual para trabajadores del campo en la zona de influencia del camino, y en consideración el año de 1987 fue de \$ 180000, siendo que para ese mismo año el salario mínimo mensual oficial estaba estipulado en - - - \$ 240 000.

I N F R A E S T R U C T U R A

En relación con la infraestructura básica para el desarrollo regional, y fundamentándose en los datos de los años - ya mencionados, destacan por su importancia en los municipios considerados, obras que se refieren a vías terrestres, aeropuertos, educación, dotación de agua potable, drenaje y electrificación.

Con referencia a las primeras se cuenta con las carreteras siguientes:

- Autopista México - Puebla
- Carretera Federal México - Puebla
- Carretera Federal Puebla - Oaxaca
- Super carretera Puebla - Orizaba

En relación con las obras aeroportuarias, el estado de Puebla cuenta con un Aeropuerto de mediano alcance. Respecto a la educación y en el año de 1980, del total de la población de los municipios beneficiados, es decir, 1 621 551, el 13.2 % se encontraba alfabetizado, el 36.6% asistía a escuelas primarias y el 8.2 % poseía instrucción primaria o superior. Referente al suministro de agua y drenaje, el 5.14% del total de las viviendas tenía agua entubada; y el 32.65% - contaba con drenaje. Con relación a la electrificación, la Co-

misión Federal de Electricidad distribuye la energía eléctrica en 13 200 y 220/127 volts en alta y baja tensión respectivamente, con una frecuencia de 60 ciclos en toda región.

ACTIVIDADES ECONOMICAS

Según el Censo Agrícola, Ganadero y Ejidal de 1980, la superficie de labor de los municipios beneficiados tuvo - - 519 071 Ha., de las cuales, pertenecieron a tierras de humedad y temporal 485 126 Ha, dedicándose 33 945 Ha. a tierras - de riego y frutales.

De acuerdo con la misma fuente de información, y para - el año de 1980, fueron cosechadas 172 965 ha., obteniéndose - una producción valoradas en \$ 780 millones (a precios de 1985), presentando la siguiente distribución: 86482 Ha. produjeron - 92560 Ton. de maíz con un valor de \$ 253 millones; 17 655 ha. lograron 1 038 762 Ton. de caña de azúcar con un valor de -- \$ 122 millones; respecto al frijol se obtuvieron 20 270 Ton. - que redituaron \$ 130 millones; de cebada 917 Ton. con un va- - lor de \$ 95 millones en 15 242 Ha.; en relación con otros pro - ductos de no menor importancia se obtuvieron en 29 994 Ha. pro - duciéndose 82700 Ton. con un valor de \$ 190 millones.

En lo que respecta a las actividades ganaderas, y en ba - se a la misma fuente de información, para el año de 1980, la - región beneficiada cuenta con la siguiente producción ganade - ra:

- Ganado Vacuno	548 806
- Ganado Porcino	653 648
- Ganado Lanar	542 428
- Ganado Carpino	661 428
- Ganado Caballar	83 171
- Ganado Mular	45 497

Para efectos de evaluación y considerando la zona de in - fluencia del camino, se estimaron 2 534 978 cabezas de ganado, registrándose una tasa de extracción del orden del 18% anual.

Esta descripción de aspectos socioeconómicos correspondientes a la zona que beneficiará el proyecto, permite tener un panorama de la misma y visualizar las perspectivas de desarrollo que ella ofrece, lo que a la vez nos permite orientar las hipótesis y consideraciones de trabajo, al realizar la evaluación del proyecto

III.- FORMULACION DE METAS Y OBJETIVOS

Como se pudo ver en el capítulo anterior, el principal problema que se presenta en la carretera Puebla - Izucar de Matamoros en el tramo Puebla Atlixco es la gran cantidad de accidentes y las grandes pérdidas de tiempo que se tienen, - además de que la carretera se encuentra saturadas, trabajando bajo niveles de servicio inestables. Este es el motivo - por el cual en el mes de junio de 1985 y por instrucciones - de la Dirección del Centro S.C.T. Puebla, se llevó a cabo un estudio de este tramo (Ver cuadro 3.1, llegando a la conclusión de que es urgente y necesario realizar un proyecto - que pudiera dar solución a este problema.

Como objetivo principal se tiene que debe ser un camino que nos disminuya la cantidad de accidentes, disminución en tiempo de recorrido, así como, la disminución decostos de operación; es necesario recordar que en todo proyecto es necesario tomar en cuenta la economía pero sin perder de vista el aspecto de funcionalidad.

A continuación se presentan los puntos principales que debe cumplir el proyecto para un buen funcionamiento, es decir, las metas que se persiguen:

1.- Lo que ahora funciona como una carretera de dos carriles, uno por sentido, funcionará como una vía con cuerpos separados de dos carriles por sentido. Esta consideración del proyecto erradicará los problemas de funcionamiento que actualmente presenta el camino.

2.- En la vía por proyectar se deberá tener en consideración acotamiento de ancho razonable para un adecuado funcionamiento de la misma, solo que, con el fin de proporcionar una mayor fluidez al tránsito de vehículos, en la zona de montaña se implementará una operación de tal forma que el vehículo lento permita el rebase del más rápido, circulando-

CARRETERA: PUEBLA- I. DE MATAMOROS

TRAMO: PUEBLA ATlixco

CUADRO 3.1

JUNIO 1 9 8 5

KM	NO. DE				KM	NO. DE			
	ACCIDENTES	MUERTOS	HERIDOS	DAÑOS MATERIALES		ACCIDENTES	MUERTOS	HERIDOS	DAÑOS MATERIALES
3	4	0	11	1,260	28	0	1	3'245	
4	6	1	2	2'710	29	8	5	2'317	
5	4	1	1	1'000	30	2	2	1'500	
6	5	0	2	1'685	31	3	4	2'900	
7	3	2	1	1'590	32	2	0	'530	
8	4	1	1	757	33	8	1	2'910	
9	1	0	4	1'200	34	2	1	'920	
10	6	2	4	3'385	35	1	0	'500	
11	3	2	1	1'850	36	3	0	'441	
12	4	0	1	1'700	37	1	1	'670	
13	4	2	3	1'500	38	4	1	1'650	
14	4	0	4	1'300	39	2	1	'670	
15	3	0	0	600	40	1	4	3'000	
16	4	0	0	1'278	41	1	0	1'800	
17	3	0	2	1'050	42	2	0	'125	
18	4	0	1	1'620	43	1	0	0	
19	2	0	2	1'900	45	2	1	3'300	
20	2	0	0	1'300	46	1	0	'300	
21	3	0	1	'410	47	2	8	1'900	
22	5	0	2	2'000	48	2	0	1'000	
23	5	1	0	'480	49	1	0	'115	
24	4	0	1	2'722	51	5	0	1'170	
25	9	0	10	6'985	52	2	1	'785	
26	10	0	5	5'255	54	5	2	4'450	
27	5	0	3	2'255	56	3	0	1'100	

1 25 1

CARRETERA: PUEBLA- I. DE MATAMOROS

TRAMO: PUEBLA ATlixco

CUADRO 3.1

JUNIO 1 9 8 5

KM	NO. DE		DAROS		KM	NO. DE		DAROS	
	ACCIDENTES	MUERTOS	HERIDOS	MATERIALES		ACCIDENTES	MUERTOS	HERIDOS	MATERIALES
3	4	0	11	1,260	28	10	0	1	3'245
4	6	1	2	2'710	29	8	0	5	2'317
5	4	1	1	1'000	30	2	0	2	1'500
6	5	0	2	1'685	31	3	0	4	2'906
7	3	2	1	1'590	32	2	0	0	'530
8	4	1	1	757	33	8	0	1	2'910
9	1	0	4	1'200	34	2	1	0	'920
10	6	2	4	3'385	35	1	0	0	'500
11	3	2	1	1'850	36	3	0	0	'441
12	4	0	1	1'700	37	1	1	3	'670
13	4	2	3	1'500	38	4	1	1	1'650
14	4	0	4	1'300	39	2	2	1	'670
15	3	0	0	600	40	1	0	4	3'000
16	4	0	0	1'278	41	1	0	3	1'800
17	3	0	2	1'050	42	2	0	1	'125
18	4	0	1	1'620	43	1	0	1	0
19	2	0	2	1'900	45	2	1	3	3'300
20	2	0	0	1'300	46	1	0	1	'300
21	3	0	1	'410	47	2	8	12	1'900
22	5	0	2	2'000	48	2	0	0	1'000
23	5	1	0	'480	49	1	0	0	'115
24	4	0	1	2'722	51	5	0	1	1'170
25	9	0	10	6'985	52	2	1	0	'785
26	10	0	5	5'255	54	5	2	10	4'450
27	5	0	3	2'255	56	3	0	3	1'100

1
2
1

momentáneamente sobre el acotamiento, para que una vez que ha ya sido adelantado retorne nuevamente al carril de circula- -
ción; esto será claramente indicado tanto en el señalamiento-
vertical como en el horizontal. Sobre esto último, podemos -
decir que tanto las señales como las marcas y dispositivos de
control de tránsito serán suficientes para una satisfactoria-
operación de la carretera. Cabe aclarar que este tipo de ope
ración se ha aplicado con éxito en 10 estados de la Unión Ame
ricana, así como en tres países Europeos y en Canadá, en Méxi-
co la carretera San Luis Potosí - Matehuala es un buen ejem-
plo.

3.- Con la finalidad de evitar la interferencia entre -
flujos de distintas características, es decir, el flujo de -
peatones con el flujo vehicular, se construirán pasos peatona
les, los cuales serán construidos a desnivel.

4.- Otra de las finalidades que se persiguen, es dar so
lución segura a la comunicación de predios a ambos lados del-
camino para lo cual se construirán pasos a desnivel vehicular.

5.- Como se mencionó anteriormente uno de los criterios
de proyecto que hay que tener muy en cuenta es la economía, -
sin perder de vista los aspectos funcionales; en el caso de -
los puentes por construir se limitará el acotamiento, con el-
objeto de reducir costos, pero puede asegurarse que la opera-
ción es segura y la capacidad solo disminuirá alrededor de un
5%

6.- La carretera Puebla - Atlixco será instituida como-

camino de cuota ya que es de entenderse que todo individuo aspira a circular libremente por todas las carreteras del país, por lo que todos los gobiernos han procurado que así sea; sin embargo, cuando ya se tiene establecida una comunicación entre dos puntos y se invierte en una obra que enlaza a estos mismos puntos proporcionando una mejor calidad en el servicio y una evidente seguridad en la operación, esta inversión debe recuperarse a través del cobro por su uso, para que el país - que cuenta con escasos recursos para la obra pública que también requieran de una óptima comunicación.

A últimas fechas se destaca la construcción de Autopistas con distintos mecanismos de financiamiento, cuya inversión se planea se recupere a través de cuotas pagadas por el usuario, tal es el caso de las carreteras México -Toluca y -- Guadalajara- Manzanillo que fueron abiertas al tránsito parcialmente sin cobro alguno, mismas que funcionarán una vez concludidas en su longitud total bajo un régimen de cuota.

7.- Bien es cierto que un camino de cuota debe brindar un máximo de seguridad y economía al usuario que paga por circular por ella; por esta razón está en proyecto la inclusión de un cercado en el límite del derecho de vía, para evitar la invasión del ganado y minimizar los accidentes de vehículos con semovientes.

8.- Para poder hacer uso de esta vía, se cobrará una -- cuota de \$3000. para automóvil, esto equivale a \$ 120.00/Km - recorrido, en una longitud de 24.5 Km.

Esta cuota comparativamente con lo que se cobra en -- otras carreteras, resulta alta; sin embargo, la experiencia - ha demostrado la necesidad de crear un fondo para restablecer al término de la vida útil del pavimento, las condiciones de servicio iniciales. Por lo que se estima en la cuota de la - carretera en estudio, adicionalmente por conservación normal- y administración, la Cuota Técnica de Desgaste, y es posible- que tenga un alto componente por intereses y amortización de- la inversión.

Por otra parte es normal que la cuota, de alguna manera se refleje el costo que significa operar en mejores condicio- nes de comodidad y seguridad.

A continuación se muestra el análisis que se lleva a ca- bo para determinar la cantidad a cobrar de cuota en carrete- ras tanto de dos carriles como de cuatro carriles, en las que únicamente consideran el costo por conservación normal más -- administración y el costo correspondiente a la Cuota Técnica- de Desgaste.

ANÁLISIS PARA EL CALCULO DE CUOTA TECNICA DE DESGASTE
AUTOPISTA DE DOS CARRILES

TIPO DE	LONGITUD DEL		COSTO PROM.	FACTOR	
TERRENO	TRAMO		CONSTRUCCION	COSTOS	
Plano	4.4982	x	\$477'120,000.00	x 0.40	= \$ 858'472,474.00
Lomerío	11.7943	x	460'320,000.00	x 0.35	= 1900'203,262.00
Montañoso	8.2075	x	698'040,000.00	x 0.30	= 1718'748,990.00
					\$ 4477'424,748.00

\$ 4477'424,726.00
6 años (vida útil) = \$ 746'234,454.00 Recuperación en
un año
\$ 746'234,454.00
365 días = \$ 2'044,486.00/día

\$ 2'044,486.00/día.
3919 veh/día = \$ 521.00/veh (CTD Global)

\$ 30.00/Km x 24.5Km = \$ 735.00/veh
\$1256.00/veh

AUTOPISTA DE CUATRO CARRILES

TIPO DE TERRENO	LONGITUD DEL TRAMO		COSTO PROM. CONSTRUCCION	FACTOR COSTOS	
Plano	4.4982	x	\$ 874'272,000.00	x 0.40	= \$ 1573'060,124.00
Lomerío	11.7963	x	\$ 843'360,000.00	x 0.35	= \$ 3481'394,297.00
Montañoso	8.2075	x	\$ 1279'152,000.00	x 0.30	= \$ 8204'046,433.00

\$ 8204'046,433.00
6 años (vida útil) = \$ 1367'341,072.00 Recuperación en
\$ 1367'341,072.00
365 días = \$ 3'746,140.00/día

\$ 3'746,140.00/día
3919 veh/ = \$ 955/veh (CTD Global)

\$ 60.00/Km x 24.5 Km = \$1,470/veh
\$2,425/veh

CUOTAS TECNICAS DE DESGASTE PARA AUTOPISTAS

AUTOPISTA DE DOS CARRILES

T D P A	CUOTA DE OPERACION NORMAL AUTOPISTA DE DOS CARRILES \$30.00/Kmx24.5Km	CUOTA TECNICA DESGASTE (CTD) 1er. año (2'044,480/día)	CUOTA TOTAL APLICABLE A LOS VEHICULOS
200	735	CTD/200=\$10222/veh	\$ 10 957
500	735	CTD/500=\$ 4089/veh	\$ 4 824
1000	735	CTD/1000=\$2045/Veh	\$ 2 780
2000	735	CTD/2000=\$1022/veh	\$ 1 757
5000	735	CTD/5000=\$ 409/veh	\$ 1 149
7500	735	CTD/7500=\$ 273/veh	\$ 1 008
9500	735	CTD/9500=\$ 215/veh	\$ 950

AUTOPISTA DE CUATRO CARRILES

T D P A	CUOTA DE OPERACION NORMAL AUTOPISTA DE CUATRO CARRILES \$60.00/Kmx24.5Km	CUOTA TECNICA DESGASTE (CTD) 1er. año (3'746,140/día)	CUOTA TOTAL APLICABLE A LOS VEHICULOS
200	1470	CTD/200=\$18731/veh.	\$ 20 201
500	1470	CTD/500=\$7492 /veh	\$ 8 962
1000	1470	CTD/1000=\$3746/veh	\$ 5 216
2000	1470	CTD/2000=\$1873/veh	\$ 3 343
5000	1470	CTD/5000=\$ 749/veh	\$ 2 219
7500	1470	CTD/7500=\$ 500/veh	\$ 1 970
9500	1470	CTD/9500=\$ 394/veh	\$ 1 864

Por lo anterior parece ser razonable lo que el usuario- pagaría por hacer uso de esta carretera, aún más si se toman- en cuenta las ventajas que esta nueva ruta ofrecerá, en cuanto a fluidez de tránsito y costos de operación además de que la-

ruta libre, no obstante de estar en servicio la carretera de referencia, sigue operando a un nivel de servicio "E" y por momentos saturada.

IV.- GENERACION DE ALTERNATIVAS

Ya conocido el problema que se presenta en la carrera - Puebla - Izucar de Matamoros en el tramo Puebla - Atlixco, -- así como se dieron a conocer las metas que se persiguen, se han propuesto un grupo de alternativas de las cuales se han elegido las siguientes:

- 1.- Ampliación de la carretera actual.
- 2.- Construcción de un cuerpo paralelo al existente para operar como camino de cuota.
- 3.- Construcción de un nuevo camino de 4 carriles, el cual también operará como camino de cuota.

La primera alternativa se considera que no es la solución apropiada para nuestro problema por resolver, ya que no se reduciría el índice de accidentes en esa carretera corrigiendo algunos problemas específicos en los alineamientos horizontales o verticales, rediseñando los entronques problema como son el de la ex-hacienda de Zavaleta y los dos que corresponden al libramiento de Atlixco, o corrigiendo el columpio pronunciado del Km 22+900 que tiene un puente en su parte más baja; sino que, debido al número tan elevado de camiones cargados que transitan por la misma y las velocidades tan bajas aunado a la poca visibilidad para rebasar por lomerío, el camino seguiría trabajando bajo niveles de servicio muy desfavorables, por lo que esta alternativa se puede dar por descartada.

Además no se podría ampliar ya que seguía las especificaciones dichos carriles presentan las dimensiones máximas permisibles.

Tenemos por lo tanto que analizar las otras dos alternativas las cuales se presentan a continuación:

El tramo Puebla Atlixco cuyo nuevo proyecto como camino de cuota tiene una longitud en la troncal de 24.5 Km., (alternativa 3) contemplándose como una primera etapa, la construcción de un cuerpo de corona de 12 m., se localiza del Km. 0 - al Km. 10 de un terreno de lomerío suave; del Km. 10 al Km. - terreno tipo montañoso; del Km. 17 al Km. 20 en lomerío fuerte y del Km. 20 al Km. 24 (Atlixco, en lomerío suave).

Al atravesar terrenos en su mayor parte con servidumbre y con la finalidad de resolver los cruzamientos de arroyos, se requiere la construcción de 15 estructuras con longitud de 330m. y 15 pasos a desnivel con longitud de 240 m. y para resolver la vialidad al principio y al final del tramo se necesita la construcción de 2 entronques Puebla y Atlixco.

DATOS GENERALES.

- a).- Características Geométricas.- Longitud 24 Km. en troncal, 5 Km. de desarrollo de estronques y 2 Km. de accesos en pasos a desnivel, para una longitud equivalente a 31 Km. Ancho de corona de 12 m. con acotamientos de 2.50 m. para dos carriles de circulación en una longitud de 17 Km. y corona de 13 m. en una longitud de 7 km. con acotamientos de 1.25

m., para contemplar un tercer carril de ascenso - que permita garantizar velocidad de proyecto; grado de curvatura máxima de 2° 30'; pendiente máxima 5% y velocidad de proyecto 90 a 220 Km/hr.

b).- Volúmenes de obra 600,000 m³ de excavación en corte y promedio de 25,000 m³ por Km.; formación de terraplén 640,000 m³ y promedio de 26,000 m³ por Km.; 96,000 m³ de materiales de sub-base y base -- y 24,000 m³ de carpeta.

COSTOS.

a).- El importe de los trabajos de construcción es de - - - - \$ 13,350'0, en lo que se refiere a terracerías, obras de drenaje, pavimento, puentes, pasos a desnivel, señalamiento y obras complementarias, así como caseta de cobro, de \$1,500'0 por proyecto y supervisión y \$800'0 por afectaciones, lo que da un total de \$ 15,650'0 y un promedio - considerando tronques y accesos de pasos a desnivel de \$ 505'0 por Km.

b).- Del costo señalado, el importe por Km. se tiene a continuación y % correspondiente, en lo que se refiere a:

Proyecto y supervisión
y corresponde a un 10% \$ 48'4 X Km

Afectaciones
y corresponde a un 5% \$ 25'8 X Km

Terracerías, obras de drenaje
y pavimento
y corresponde a un 51% \$ 258'0 X Km

Puentes y pasos a desnivel.....
y corresponde a un 31%..... \$ 154'8 X Km

Obras complementarias, caseta
y señalamiento
y corresponde a un 3%..... \$ 18'0 X Km
T o t a l \$ 505'0 X Km

COMPARACION DE COSTOS.

- a).- El tramo Puebla - Atlixco, en su desarrollo por sus características especiales de localización, requiere de estructuras para puentes y pasos a desnivel en número de 30 con un promedio por Km. de troncal de 1.25 estructuras y costo de las mismas, por Km. de troncal de \$ 200'0.
- b).- El importe de trabajos de terracerías, drenaje, pavimento, obras complementarias, construcción de caseta y señalamiento, considerando la longitud equivalente para construir, 24.5 Km. es de \$ 275'8 por Km.
- c).- El importe de proyecto, supervisión y afectaciones por Km. equivalente de 24.5 Km. es de \$ 74'2.

Los costos que se han presentado en cuya valoración se aplicaron precios unitarios de tabulador enero de 1987 afectados por un factor de 1.35 (mayo 1987) sin considerar el IVA se comparan a continuación con los costos correspondientes a la modernización del camino de cuota Puebla - Acatzingo, cuyas características aún cuando difieren al camino Puebla - Atlixco, como punto de referencia en relación con sus costos.

- a).- El tramo Puebla - Acatzingo tiene una longitud de 40 Km. con corona de 11 m. y volúmenes de 35,000 m³ de terraplen por Km., sin excavación de cortes - - práctico. Se tienen 29 estructuras, de las cuales 21 corresponden a pasos a desnivel con longitud de 321 m y 8 de puentes con longitud de - - 242 m.

b).- El costo del tramo Puebla - Acatzingo, con las características descritas, tienen un importe de terracerías, obras de drenaje, pavimentación y obras complementarias de \$ 9,912'0 y costo de \$ 247'8 -- por Km. y por estructuras de puentes y pasos a desnivel un importe de \$ 4,391'0 y costo por Km. de \$ 109'7, para un total de \$ 357'6 por Km. (precios actualizados mayo 1987).

Considerando que la corona del tramo Puebla - Acatzingo es de 11 m. corresponde a un 90% de la corona de la carretera Puebla - Atlixco y las estructuras que se tienen corresponden a 72% de la estructura por Km. que corresponde al 58% del 1.25 de estructuras por Km. que se tienen en el tramo Puebla Atlixco.

Al afectar los costos que se señalan para la carretera Puebla - Acatzingo por Km. por los factores anteriores, se tiene para una equivalente de corona y por número de estructura a la carretera Puebla - Atlixco, costo de:

Terracerías, obras de drenaje y pavimento	\$ 247'8 X 1.10 = \$ 272'6/Km
Estructuras	\$ 109'7 X 1.74 = \$ 190'8/Km
S u m a	= \$ 463'4/Km

El costo anterior (\$ 463'4/Km) es semejante al costo de la carretera Puebla - Atlixco \$ 475'8/Km (sin supervisión, proyecto y afectación).

V.- EVALUACION DE ALTERNATIVAS

Debido a las múltiples necesidades de todo orden que -- tiene nuestro país, la construcción de carreteras se encuentra limitada, ya que la demanda es mucho mayor que los recursos que para este rubro se destinan. En razón de ello se hace indispensable efectuar la evaluación de las diferentes alternativas, susceptibles de solucionar el problema de operación en el que se encuentra el camino en estudio y de esta manera seleccionar tanto la ruta óptima como la prioridad con que se debe efectuar dicha construcción, reconstrucción, ampliación y/o modernización.

Este análisis estará dirigido a verificar la viabilidad de estas acciones y comprobar los resultados del proyecto, -- sus productos y sus efectos, con los costos necesarios para alcanzarlos.

Tomando en cuenta lo anterior, es necesario proceder -- la evaluación económica de las alternativas que se han mencionado como posibles soluciones del problema de congestión que se ha observado en la carretera Puebla - Izucar de Matamoros, en el tramo Puebla-Atlixco. Esto es, habrá que analizar las ventajas que ofrecerán las alternativas.

- 1).- Ampliación de la carretera actual.
- 2).- Construcción de un cuerpo paralelo al existente para operar como camino de cuota.
- 3).- Const. de un camino de 4 carriles.

Para el análisis del proyecto se procedió a realizar la evaluación mediante el criterio que establece la relación entre beneficio y costo, el cual lleva implícito el cálculo de los beneficios que proporciona el proyecto y los costos en que se incurre en cada uno de los años del horizonte que comprende el análisis.

Por lo que toca a los beneficios, se considera como tales aquellos que se obtienen por el incremento en el valor de la producción alcanzada en la zona de influencia, los ahorros en costos de transporte y los efectos de carácter social. En lo referente a los costos, se toman en cuenta los de construcción y de eventuales reconstrucciones, así como los propios de la conservación anual.

Conforme a lo anterior, es necesario determinar las ventajas que ofrecerá el proyecto en relación con la situación actual, y para ello, como primer paso de análisis se procedió a calcular la capacidad y el nivel de servicio tanto en la ruta actual como en las rutas en proyecto. Para fines de este trabajo, se ilustra el caso de la alternativa de la construcción de la carretera de cuatro carriles (alternativa 3), aún cuando los cálculos también se hicieron para la alternativa consistente en la construcción de una vía alterna; estos cálculos no se ilustran y solo se mencionan los resultados obtenidos y se efectúa la comparación con las correspondientes a la otra alternativa.

1.- Obtención de la capacidad y niveles de servicio.

Como se vió anteriormente (Cap. II). Capacidad de un camino o de un carril, es el número máximo de vehículos que pueden circular por él, bajo un periodo determinado y bajo condiciones prevalecientes, tanto del propio camino como de la operación del tránsito; y Nivel de Servicio es un término que denota un número de condiciones de operación diferentes que pueden ocurrir en un carril o camino dado, cuando aloja varios volúmenes de tránsito.

A cada nivel de servicio está asociado un volumen de servicio y de hecho es el que permite identificarlo.

La capacidad se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$C = 2000 N v/c W Tc$$

donde:

C = Capacidad (tránsito mixto en vehículos por hora en un sentido).

2000 = Vehículos ligeros por hora = Es la capacidad de una carretera de dos carriles y dos sentidos de circulación bajo condiciones ideales en ambos sentidos, -- sin importar la distribución del tránsito.

N = Número de carriles (en un sentido).

Nc = Relación volumen - capacidad

W = Factor de ajuste por ancho de carril y distinción a obstáculos laterales.

Tc = Factor de ajuste correspondiente a la capacidad por vehículos pesados, se puede calcular con la siguiente expresión:

$$Tc = \frac{100}{P_A + P_B E_B + P_C E_C}$$

donde:

P_A , P_B y P_C = Porcentaje de automóviles, autobuses y camiones, respectivamente.

E_B y E_C = Es el número de vehículos ligeros equivalentes (automóviles) por cada autobús y -- por cada camión). E_B y E_C dependen del nivel de servicio de la carretera y del tipo de terreno y se obtienen de la tabla -- No. del Manual de Proyecto Geométrico.

El volumen de servicio (VS) se obtiene de la siguiente expresión:

$$Vs = 2000 N v/c Tl$$

donde:

VS = Volumen de servicio (tránsito mixto en vehículo, -- por hora en ambos sentidos, cuando se trata de ca-

reteras de dos sentidos).

N = Número de carriles

v/c = Relación volumen - capacidad

W = Factor de ajuste a un nivel de servicio dado, por ancho de carril y distancia a obstáculos laterales.

TL = Factor de ajuste a un nivel de servicio dado, por vehículos pesados.

DATOS DE LA CARRETERA

PUEBLA - ATlixco

1.- Características Geométricas.- Estos datos nos muestran -- las características geométricas del camino (datos obtenidos del inventario de Carreteras Federales de SCT).

	Ruta sin Proyecto	Ruta con Proyecto
Longitud	26.300 Km	24.500 Km
Carriles por sentido	1.0	2.0
Ancho de carril	3.60 m	3.50 m
Distancia a obstáculos Lat.	1.90 m	2.50 m
Porcentaje de visibilidad	40 %	100 %
Composición de tránsito	A = 83 % B = 4 % C = 13 %	A = 83 % B = 4 % C = 13 %
Volumen de demanda	9157 Vph	6025 Vph

CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

- Sin proyecto.

Velocidad	N.S.	2000	N	v/c	W	Tl	V.S.	Volumen de demanda
95	1	A	2000	1.0	-	-	-	
80		B	2000	1.0	-	-	-	
65		C	2000	1.0	0.38	1.0	0.6098	4634
55		D	2000	1.0	0.66	1.0	0.6098	8048
50		D	2000	1.0	1.00	1.0	0.6098	12195

- 50		F	2000	1.0	1.00	1.0		

v/c - se obtuvo de la talba 6K (MPG) *

V - se obtuvo de la talba 6L (MPG)

$$TL = \frac{100}{0.83+4(0.04)+ 5 \cdot 0.13} = 0.6098$$

*Manual de proyecto geometrico para carreteras

- Con proyecto

Velocidad	N.S	2000	N	v/C	W	TL	V.S.	Volumen de demanda
95	A	2000	2	0.35	1.0	0.8744	12522	6025
90	B	2000	2	0.50	1.0	0.8944	17889	
80	C	2000	2	0.75	1.0	0.8944	26833	
65	D	2000	2	0.90	1.0	0.8944	32200	
50	E	2000	2	1.00	1.0	0.8944	35778	

- 50	F	2000	2	1.00	1.0	0.8944		

$$TL = \frac{100}{0.83 + 2(0.04)+1.63(0.13)} = 0.8944$$

A continuación se procede a determinar el año en el que el tramo analizado operará a flujo forzado, o sea, que se encontrará saturado.

$$F = p(i + i)^n$$

donde:

F = valor futuro

P = valor presente

i = tasa de crecimiento

n = Número de años

$$n = \frac{\log \frac{F}{P}}{\log (1+i)}$$

-sin proyecto

$$n = \frac{\log \frac{35778}{9157}}{\log (1.05)} = 5.8 \text{ años} = 5 \text{ años}$$

- con proyecto

$$n = \log \frac{35778}{6025} \\ \frac{\log (1+0.04)}{\quad} = 36.51 = 36 \text{ años.}$$

El siguiente paso de análisis consistió en relacionar - velocidad con volumen de tránsito, con el propósito de determinar las variaciones en aquella como resultado de las variaciones en este. Para ello, se utiliza la información correspondiente a los diferentes niveles de servicio calculados para cada una de las alternativas bajo estudio, aún cuando para establecer esa relación es necesario contar con datos de campo que indiquen que, a un volumen de tránsito determinado, correspondiente a un volumen dado, esto es, necesario contar - con los datos de velocidad para toda la suma de volúmenes de tránsito.

Para fines de este trabajo, se utilizó una simplificación de lo anterior, que consiste en tomar el volumen de tránsito y la velocidad correspondiente a cada nivel de servicio, lo que da como resultado emplear datos promedio. pero que para fines de la evaluación que aquí se presenta se ha considerado aceptable.

Una vez establecida la relación entre volumen - velocidad deberá, identificarse la evolución que estos dos parámetros tendrán en el futuro.

Para el caso del tránsito que será utilizado en el estudio de esta alternativa (alternativa 3) la base de la proyección lo constituye el tránsito actual el que se ha proyectado conforme a la tasa que se calculó utilizando la serie -- histórica de los volúmenes de tránsito, obtenidos de las estadísticas viales de que dispone la S.C.T., y ponderándola con las perspectivas de desarrollo de la zona de influencia del - proyecto. De esta manera la tasa resultó del 5%.

a).- Proyección del tránsito.

En razón de que los beneficios que reportará el proyecto se refieren a los que recibirán los usuarios del mismo, es decir, los volúmenes de tránsito futuros, es necesario efectuar su proyección dentro del horizonte de análisis, el cual se define en 20 años.

La proyección del tránsito, como se dijo anteriormente, se efectuó utilizando una tasa del 5% anual. El dato base de la proyección lo constituye el tránsito normal, es decir, - - aquel que fue calculado conforme al número de vehículos que sería susceptible de usar la nueva ruta, más un tránsito adicional que se denomina "tránsito generado", que corresponde a aquel que surge con motivo de la puesta en operación de la -- nueva obra. Este tránsito generado se determinó con base a - experiencias que se han tenido en caminos similares, en los - que ha resultado igual al 10% del tránsito normal.

Para el caso del cálculo efectuado en este trabajo, se consideró lo que se denomina tránsito de cálculo, el cual está integrado por el tránsito normal más el 50% del tránsito generado y ello en virtud de que los beneficios que tendría este último se ha supuesto que equivalen al 50% de los que recibe el tránsito normal.

b).- Condiciones en ausencia del proyecto.

Esta tabla se refiere a las condiciones en que continuaría operando la carretera actual al no efectuar ninguna modernización, ésto es, se refiere a las velocidades, los costos de operación por kilómetro y los costos de operación anual para los distintos años del horizonte de análisis del proyecto, suponiendo que prevalezcan las condiciones actuales. La base de esta información la constituyen los siguientes datos (anexo 2):

- Velocidades promedio anuales, obtenidas a partir del VPDA y de las gráficas de velocidades - volumen (ruta actual).

- Longitud del tramo y volumen de tránsito (anexo 1).
- Tipo de terreno y superficie de rodamiento
- Composición del tránsito obtenida de los aforos de tránsito.
- Tablas de costo de operación por Km, (datos proporcionados por la S.C.T.

El cálculo de los costos de operación anual se hace por medio de la siguiente fórmula:

$$CO_i = COU_i \times L \times 365 \times VPDA_i \times P$$

donde:

- CO_i = Costos de operación en el año i.
- COU_i = Costos unitarios de operación en el año i.
- L = Longitud del tramo (ruta actual).
- $VPDA_i$ = Volumen promedio diario anual en el año i.
- P = Porcentaje del vehículo en cuestión en el tránsito total.

La ecuación anterior se aplica a cada uno de los tipos de vehículo, variando en cada caso COU_i y P.

c) Condiciones en presencia del proyecto.

En esta parte del estudio se calculan los costos de operación correspondientes a la alternativa que se analiza que en nuestro caso es una nueva ruta. Para ello, son necesarios datos semejantes a los consignados en el aparato anterior, pero referidos a la nueva ruta (anexo 3). De esta manera, se podrán comparar los costos de operación de la ruta actual con los costos de la nueva ruta.

d).- Diferencias de costos de operación.

En esta etapa se determinan los diferentes costos de operación con y ausencia del proyecto y se calculan las diferencias correspondientes a, todos los años de vida útil del proyecto. Los costos totales se obtienen aplicando la siguiente fórmula, para cada año de operación:

$$CO_i = CO_{Ai} + CO_{Bi} + CO_{Ci}$$

donde:

- CO_i = Costos totales de Operación en el Año i.
- CO_{Ai} = Costos de Operación de Automóviles en el Año i.
- CO_{Bi} = Costos de Operación de Autobuses en el Año i.
- CO_{Ci} = Costos de Operación de Camiones en el Año i.

Las diferencias calculadas son los beneficios que se obtienen debido al ahorro en los costos de operación (anexo 4).

e).- Tiempo de recorrido.

En razón de que la alternativa bajo estudio es una nueva ruta, es necesario analizar el concepto tiempo de recorrido, a fin de determinar si la alternativa también proporcionará beneficios por ahorros en este concepto. Para ello, es necesario proporcionar los tiempos de recorrido en horas, paracada año de la vida útil del proyecto, de los diversos tipos de vehiculos, con y sin proyecto. Se utilizan como datos las velocidades anuales promedio, la longitud del tramo y el porcentaje de velocidad de camiones y autobuses con respecto a la de los automóviles utilizando las siguientes fórmulas (anexo 5).

Para automóviles:

Para camiones y autobuses:

$$TR_i = \frac{L}{V_i}$$

$$TR_i = \frac{L}{F_r \cdot V_i}$$

donde:

- TR_i = Tiempos de recorrido en el año i.
- L = Longitud del tramo
- V_i = Velocidad promedio de automóviles en el año i.
- F_r = Factor de reducción de velocidad para autobuses y camiones.

f).- Ahorros y beneficios por menor tiempo de recorrido.

En esta parte del estudio se calculan los beneficios que

se producen al reducirse los tiempos de recorrido de los usuarios. Para estos calculos se utilizan los siguientes datos:

- Ingreso horario de pasajero (de automóviles y autobuses).
- Ingreso horario de conductores (de los tres tipos de vehículos).
- Promedio de ocupantes por tipo de vehículos.
- Porcentaje de personas que viajan por negocios.
- Composición del tránsito y VPDA
- Tiempos de recorrido (anexo 5).

Estos resultados se integran en dos grupos; En el primero se consignan, para cada tipo de vehículo, los ahorros en horas por menores tipos de recorrido, y en el segundo se indican los beneficios anuales derivados de esos ahorros. Para ello, se utiliza la expresión siguiente:

$$BAT_i = [(TRS_i - TRP_i) \times 365 \times VPDA_i \times P \times PN] [IHP \times PP + IHC]$$

donde: BAT_i = Beneficios por hora en tiempos en el año i .

TRS_i = Tiempos de recorrido sin proyecto en el año i .

TRP_i = Tiempos de recorrido con proyecto en el año i .

$VPDA_i$ = Volumen promedio diario anual en el año i .

P = Porcentaje de vehículos de un tipo.

PN = Porcentaje de personas que viajan por negocios.

IHP = Ingreso horario de pasajeros.

PP = Promedio de ocupantes/ vehículos.

IHC = Ingreso horario de conductores.

Los beneficios totales se obtienen al sumar los beneficios calculados para cada uno de los distintos tipos de vehículos (anexo 6).

g).- Costo de inversión, conservación y reconstrucción.

Como se señaló anteriormente el criterio de análisis económico que se utiliza para determinar la factibilidad de proyectos como el de este trabajo, es aquel en donde se compa-

ran beneficios con costos del proyecto. Por tal motivo, y -- una vez señalada la forma en que se han calculado los beneficios a continuación se indican los costos que se han incluido en el análisis; costos de inversión, conservación y reconstrucción con y sin proyecto para todos los años de la vida útil del proyecto, los cuales se obtienen utilizando los siguientes datos:

- Inversión necesaria para construir el proyecto, forma en -- que se distribuyen en el período de construcción.
- Gastos de conservación con y sin proyecto.
- Gastos de eventuales reconstrucciones en los años 9 y 16 pa -- ra el proyecto.
- Longitud de la carretera actual y de proyecto.

Una vez determinados estos costos se calculan la diferen -- cia de los mismos y esa diferencia es la que se utiliza para calcular la relación entre beneficio y costo denominada índice de rentabilidad (anexo 7).

h).- Cálculo del índice de rentabilidad

Para efectuar el cálculo del índice de rentabilidad se tabulan los beneficios y los costos anuales y se procede a -- cuantificar a valor presente dichos flujos. Para ello, se -- aplica el proceso de actualización, aplicando una tasa determinada, la que en este caso fue del 5%. En el anexo 8 se -- ilustra el resultado de esta operación. El cociente de la su -- ma de los beneficios actualizados y la suma de los costos actualizados es el índice de rentabilidad. Si dicho cociente -- es igual o mayor a la unidad el proyecto es rentable.

i).- Cálculo de la tasa de recuperación.

Esta tasa es un indicador adicional que conviene calcu -- lar para conocer el rendimiento financiero de la inversión. -- El valor de la tasa indica, cual es la tasa de actualización -- para la cual los beneficios y los costos actualizados son -- iguales durante toda la vida útil del proyecto. Su cálculo --

se efectua por aproximaciones sucesivas (anexo 9).

La expresi3n que muestra la anterior es la siguiente:

$$\sum_{i=j-1}^n B_j(1+r)^{-i} = \sum_{i=j-1}^n C_j(1+r)^i$$

$j = 1, 2, \dots, n$

En forma similar, se efectu3 el c3lculo de la alternativa consistente en la construcci3n de un cuerpo paralelo al existente para operar como camino de cuota (alternativa 2).

A continuaci3n se presentan los datos y resultados para el c3lculo de esta alternativa.

1.- Características Geom3tricas.

Longitud = 26.300 Km.
 Tipo de terreno: Lomerio abrupto
 Ancho de carril: 3.60 mts.
 Carriles por sentido: 2.0
 Distancia de obst3culos laterales: 1.90 Mts.
 Porcentaje de visibilidad 60%
 Composici3n del tr3nsito A = 83 %, B = 4 %; C = 13 %
 Volumen de demanda 9157 Vph

Velocidad	Capacidad y Nivel de Servicio						V.S.	Volumen de demanda
	N.S	2000	N	v/c	W	TL		
95	A	2000	2	0.35	1.0	0.8944	12522	9157
90	B	2000	2	0.50	1.0	0.8944	17889	
70	C	2000	2	0.75	1.0	0.8944	26833	
55	D	2000	2	0.90	1.0	0.8944	32200	
50	E	2000	2	2.00	1.0	0.8944	35778	
-50	F	2000	2	1.00	1.0			

$$T1 = \frac{100}{0.83(1)+2(0.04)+1.6(0.13)} = 0.8944$$

$$n = \frac{\log \frac{35778}{9157}}{\log (1.05)} = 28 \text{ años}$$

OBRA: PUEBLA - IZUCAR DE MATAMOROS

TRAMO: PUEBLA - ATLIXCO

TASA REGIONAL: 5%

ANEXO 1

ANO	FACTOR T N	TRANSITO NORMAL	FACTOR T G	TRANSITO GENERADO	TRANSITO TOTAL	TRANSITO DE CALCULO
1987	1.000	6025	0.0	6025	0.0	6025
1988	1.050	6326	0.0	6326	0.0	6326
1989	1.050	6642	0.100	7306	664	6974
1990	1.050	6974	1.050	7671	697	7323
1991	1.050	7326	1.050	8055	732	7689
1992	1.050	7689	1.050	8458	769	8074
1993	1.050	8634	1.050	8881	807	8477
1994	1.050	8477	1.050	9324	847	8901
1995	1.050	8901	1.050	9791	890	9346
1996	1.050	9346	1.050	10280	934	9814
1997	1.050	9814	1.050	10795	981	10304
1998	1.050	10304	1.050	11344	1030	10820
1999	1.050	10820	1.050	11902	1082	11361
2000	1.050	11361	1.050	12497	1136	11929
2001	1.050	11929	1.050	13121	1192	12525
2002	1.050	11525	1.050	13677	1252	13151
2003	1.050	13151	1.050	14466	1315	13809
2004	1.050	13809	1.050	15189	1380	14499
2005	1.050	14499	1.050	15948	1449	15224
2006	1.050	15224	1.050	16746	1522	15986
2007	1.050	15986	1.050	17584	1598	16785
2008	1.050	16785	1.050	18463	1678	17624

OBRA: CARRETERA PUEBLA - IZUCAR DE MATAMOROS
 TRAMO: PUEBLA - ATLIICO
 LONGITUD: 26.300 km.

COMPOS. DEL TRANSITO

A = 83%

B = 4%

C = 13%

ANEJO 2

CONDICIONES EN AUSENCIA DEL PROYECTO

AÑO	VELOCIDAD			COSTOS (Km)			COSTOS DE OPERACION ANUALES (EN MILES DE PESOS)			TOTALES
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1989	58	55	43	69263	168293	304684	3848663	450667	2651695	6951025
1990	57	54	42	69442	167839	302932	4051706	471940	2768382	7292028
1991	56	53	42	69622	167385	302932	4265236	494191	2906745	7666157
1992	55	52	41	69802	166931	301179	4490372	517528	3034627	8042537
1993	54	51	40	69981	166478	299427	4726602	541885	3167561	8436048
1994	54	51	40	69981	166478	299427	4963015	568989	3325996	8858000
1995	53	50	39	70161	166024	299861	5224592	595806	3497339	9317687
1996	53	50	39	70161	166024	299861	5486160	625641	3672467	9784268
1997	52	49	39	70340	168475	299861	5774773	658663	3855829	10289265
1998	51	48	38	70520	166927	300296	6079477	693525	4054793	10827795
1999	51	48	38	70520	166927	300296	6383451	728201	4257533	11369185
2000	50	47	37	70700	167359	300130	6719704	766486	4476852	11963042
2001	49	46	36	71131	167830	301165	7098447	807153	4707325	12612925
2002	49	46	36	71731	167830	301165	7473227	847494	4942597	13243318
2003	49	46	36	71731	167830	301165	7826144	889898	5189896	13905938
2004	49	46	36	71731	167830	301165	8217196	934369	5449222	14600782
2005	49	46	36	71731	167830	301165	8628084	981075	5721702	15330871
2006	49	46	36	71731	167830	301165	9059942	1030191	6008087	16098222
2007	49	46	36	71731	167830	301165	9512769	1081681	6308379	16902829
2008	49	46	36	71731	167830	301165	9988266	1135749	6623704	17747719

OBRA: CARRETERA PUEBLA - IZUCAR DE MATAMOROS
 TRAMO: PUEBLA - ATLIXCO
 LONGITUD: 24.500 Km

COMPOS. DEL TRANSITO
 A = 83%
 B = 4%
 C = 13%

CONDICIONES EN PRESENCIA DEL PROYECTO

ANEXO 3

AÑO	VELOCIDAD			COSTOS (km)			COSTOS DE OPERACION ANUALES (EN MILES DE PESOS)			TOTALES
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1989	95	80	61	69832	177275	316953	3795601	442230	2569680	6626620
1990	95	80	61	69832	177275	316953	3985303	464360	2698275	6958236
1991	95	80	61	69832	177275	316953	4184853	487569	2833133	7306005
1992	95	80	61	69832	177275	316953	4393733	511952	2974992	7671827
1993	95	80	61	69832	177275	316953	4613497	537537	3123484	8054754
1994	95	80	61	69832	177275	316953	4844146	564423	3279714	8457634
1995	95	80	61	69832	177275	316953	5086767	592641	3443681	8880468
1996	95	80	61	69832	177275	316953	5340690	622318	3616123	9325158
1997	95	80	61	69832	177275	316953	5608139	653389	3796671	9790750
1998	95	80	61	69832	177275	316953	5888546	686110	3986799	10281048
1999	95	80	61	69832	177275	316953	6182497	720415	4186139	10695100
2000	95	80	61	69832	177275	316953	6491861	756443	4398428	11337808
2001	95	80	61	69832	177275	316953	6816325	744226	4615034	11901121
2002	94	80	61	69832	177275	316953	7157377	833921	4845693	12495939
2003	94	80	61	69832	177275	316953	7515010	875646	5088144	13121167
2004	93	79	60	69832	177275	316953	7890786	919399	5342385	13776794
2005	92	78	59	69832	177275	316953	8285740	965373	5609523	14465682
2006	91	77	59	69832	177275	316953	8285740	1013692	5890294	15189726
2007	91	77	59	69832	177275	316953	8699872	1064358	6184698	15948928
2008	90	76	58	69832	177275	316953	9134736	1117560	6493841	16746137

QBRA: PUEBLA - IZUCAR DE MATAMOROS

TRAMO: PUEBLA - ATLIXCO

DIFERENCIAS EN COSTOS DE OPERACION

(EN MILES DE PESOS)

ANEXO 4

ANO	SIN PROYECTO	CON PROYECTO	BENEFICIOS
1987	0	0	0
1988	0	0	0
1989	6951025	6626620	324405
1990	7292028	6958236	333792
1991	7666172	7306005	360167
1992	8042537	6671827	370710
1993	8436048	8054754	381294
1994	8858000	8457634	400366
1995	9317687	8880468	437219
1996	9784268	9325158	459110
1997	10289265	9790750	498515
1998	10827795	10281048	546747
1999	11369185	10795100	574085
2000	11963042	11337808	625234
2001	12612925	11401121	711804
2002	13243318	12495939	747379
2003	13905938	13121167	784771
2004	14600782	13776794	823988
2005	15330871	14465682	865189
2006	16098222	15189726	908496
2007	16902829	15948928	953901
2008	17747719	16746137	1001582

OBRA: PUEBLA - IZUCAR DE MATAMOROS

TRAMO: PUEBLA - ATLIXCO

TIEMPOS DE RECORRIDO

ANEXO 5

AÑO	SIN PROYECTO			CON PROYECTO		
	A	B	C	A	B	C
1987	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0
1989	0.453	0.478	0.612	0.258	0.306	0.602
1990	0.461	0.487	0.626	0.258	0.306	0.402
1991	0.470	0.496	0.626	0.258	0.306	0.402
1992	0.478	0.506	0.641	0.258	0.306	0.402
1993	0.487	0.516	0.658	0.258	0.306	0.402
1994	0.487	0.516	0.658	0.258	0.306	0.402
1995	0.496	0.526	0.674	0.258	0.306	0.402
1996	0.496	0.526	0.674	0.258	0.306	0.402
1997	0.506	0.537	0.674	0.258	0.306	0.402
1998	0.516	0.548	0.692	0.258	0.306	0.402
1999	0.516	0.548	0.692	0.258	0.306	0.402
2000	0.526	0.560	0.711	0.258	0.306	0.402
2001	0.537	0.572	0.731	0.258	0.306	0.402
2002	0.537	0.572	0.731	0.261	0.306	0.402
2003	0.537	0.572	0.731	0.261	0.306	0.402
2004	0.537	0.572	0.731	0.263	0.310	0.408
2005	0.537	0.572	0.731	0.266	0.314	0.415
2006	0.537	0.572	0.731	0.269	0.318	0.415
2007	0.537	0.572	0.731	0.269	0.318	0.415
2008	0.537	0.572	0.731	0.272	0.322	0.422

OBRA: PUEBLA - IZUCAR DE MATAMOROS
TRAMO : PUEBLA - ATlixco

INGRESO HORARIO PASAJEROS	\$ 209.38	\$ 209.38	
INGRESO HORARIO CONDUCTORES	303.13		
PROMEDIO DE OCUPANTES	3.00	26.00	2.00
■ POR NEGOCIOS	0.30	0.30	1.00
COMPOSICION DE TRANSITO	83%	4%	13%

ANEXO 6

AHORROS Y BENEFICIOS POR MENOR TIEMPO DE RECORRIDO

ANO	A	B	C	A	B	C	TOTAL
1987	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0
1989	0.195	0.172	0.210	176478	43856	0	220334
1990	0.203	0.181	0.224	192912	48460	0	241372
1991	0.212	0.190	0.224	211533	53412	0	264495
1992	0.220	0.200	0.239	230507	59038	0	289545
1993	0.229	0.210	0.236	251913	65085	0	316998
1994	0.229	0.210	0.256	264514	68340	0	332854
1995	0.238	0.220	0.272	288653	75174	0	363827
1996	0.238	0.220	0.272	303108	78938	0	382046
1997	0.248	0.231	0.272	331613	87023	0	418636
1998	0.258	0.242	0.290	362260	95733	0	457943
1999	0.256	0.242	0.290	377425	100519	0	477944
2000	0.268	0.254	0.309	414766	110778	0	525544
2001	0.279	0.266	0.329	453478	121808	0	575266
2002	0.276	0.266	0.329	471023	127896	0	598919
2003	0.276	0.266	0.329	494590	134296	0	628886
2004	0.274	0.262	0.323	515540	138886	0	654426
2005	0.271	0.258	0.316	535392	143604	0	678996
2006	0.268	0.254	0.316	553966	148454	0	704420
2007	0.268	0.254	0.316	583754	155874	0	739628
2008	0.265	0.250	0.309	606072	161088	0	767160

151

OBRA: PUEBLA - IZUCAR DE MATAMOROS

TRAMO : PUEBLA - ATLIXCO

COSTOS:

DE INVERSION DEL PROYECTO 505'0 x km.

DE CONSERVACION SIN PROYECTO

DE CONSERVACION CON PROYECTO 3'500 x km.

DE RECONSTRUCCION AL AÑO 9 CON PROYECTO \$ 35'020 x km.

DE RECONSTRUCCION AL AÑO 16 CON PROYECTO \$ 75'220 x km.

**COSTOS DE INVERSION, CONSERVACION Y RECONSTRUCCION
(MILLONES DE PESOS)**

ANEXO 7

AÑO	SIN PROYECTO	CON PROYECTO	DIFERENCIA
1987	0	4949	4949
1988	0	7423	7423
1989	0	86	86
1990	0	86	86
1991	0	86	86
1992	0	86	86
1993	0	86	86
1994	0	86	86
1995	0	86	86
1996	0	86	86
1997	0	858	858
1998	0	86	86
1999	0	86	86
2000	0	86	86
2001	0	86	86
2002	0	86	86
2003	0	1843	1843
2004	0	86	86
2005	0	86	86
2006	0	86	86
2007	0	86	86
2008	0	86	86

OBRA: PUEBLA - IZUCAR DE MATAMOROS
 TRAMO: PUEBLA - ATLIIXCO

CALCULO DEL INDICE DE RENTABILIDAD

ANEXO 8

AÑO	BENEFICIOS		COSTOS	
	TOTALES	ACTUALIZADOS	TOTALES	ACTUALIZADOS
1987	0	0	4949	4949
1988	0	0	7423	7070
1989	544.739	404.094	86	78
1990	575.164	496.848	86	74
1991	625.112	514.271	86	71
1992	660.255	517.327	86	67
1993	698.292	521.076	86	64
1994	733.220	521.086	86	61
1995	801.046	542.176	86	58
1996	841.156	542.217	86	55
1997	917.151	563.051	858	526
1998	1004.740	587.451	86	50
1999	1052.029	585.809	86	48
2000	1150.778	610.282	86	46
2001	1287.590	650.320	86	43
2002	1346.298	647.592	86	41
2003	1413.657	647.613	86	39
2004	1478.414	645.027	1843	804
2005	1544.185	641.641	86	36
2006	1612.916	638.286	86	34
2007	1639.529	617.921	86	32
2008	1768.742	634.676	86	31
SUMAS		11618.977		13803

INDICE DE RENTABILIDAD = 0.84.

OBRA: PUEBLA - IZUCAR DE MATAMOROS
TRAMO: PUEBLA - ATLIIXCO

CALCULO DE LA TASA
DE RECUPERACION

ANEXO 9

AÑO	BENEFICIOS NETOS	FACTOR DE ACTUALIZACION	SALDO ACTUALIZADO	BALANCE
1987	- 4949	1.0000	- 4949	- 4949
1988	- 7423	0.9732	- 7224	- 12173
1989	458.739	0.9472	434	- 11739
1990	489.164	0.9218	451	- 11228
1991	539.112	0.8972	484	- 10804
1992	574.255	0.8732	501	- 10303
1993	612.292	0.8498	520	- 9783
1994	647.220	0.8270	535	- 9249
1995	715.046	0.8049	575	- 8673
1996	755.156	0.7834	592	- 8081
1997	59.151	0.7624	45	- 8036
1998	918.740	0.7420	682	- 7354
1999	966.029	0.7221	697	- 6657
2000	1064.778	0.7028	748	- 5909
2001	1201.590	0.6840	822	- 5009
2002	1260.298	0.6660	839	- 4248
2003	1327.657	0.6479	860	- 3388
2004	- 365.414	0.8305	- 230	- 3618
2005	1458.135	0.6136	895	- 2723
2006	1526.916	0.5972	912	- 1811
2007	1553.529	0.5812	903	- 908
2008	1682.742	0.5657	952	44

TASA RECUPERACION = 2.75%.

VI.- PROYECTO PRELIMINAR

La línea que se seleccionó (de dos o más alternativas), requirió de planos, hechos con la mayor información posible para que se pudiera realizar un buen proyecto definitivo, de la carretera a construir.

La línea preliminar, es una línea a "pelo de tierra" y con una pendiente muy parecida a la de la rasante del proyecto, dicha línea es la guía del trazado preliminar, que permite a este último lograr una poligonal con un mínimo de vértices y la mayor aproximación posible al trazo definitivo, con lo cual el control de los niveles y detalles topográficos se facilita.

El eje preliminar facilita el cálculo de las curvas de proyecto y limita sus distancias y sus deflexiones. En cada eje preliminar se deberá considerar una franja de terreno de 20 a 40 metros de ancho a cada lado del eje, dependiendo de la pendiente transversal del terreno. En esta franja se dibujan las curvas de nivel que sirven de apoyo para proyectar el trazo definitivo de la vía, considerando que los errores de nivelación y de posición son máximos en los extremos de la franja levantada (confirmar la conveniencia de que el trazo definitivo se acerque al eje preliminar lo más posible).

RECONOCIMIENTO DE RUTA

El reconocimiento preliminar es, en esencia, el examen de la zona de una línea con el objeto de fijar los puntos - -

obligados (puntos por donde forzosamente debe pasar el camino).

Dentro de los reconocimientos hay dos tipos que son: directo e indirecto. El reconocimiento directo, es el estudio - que se hace del terreno en el cual se desea alojar el camino proyectado, calculando aproximadamente los costos de construcción, de operación, de transportes y de conservación mínimos, este tipo de reconocimiento se hace a pie. El reconocimiento indirecto, es aquél que se realiza por medio del análisis de fotografías confiables.

La importancia de los puntos obligados se debe a varias razones y éstas pueden ser: Topográficas o técnicas y también económicas, políticas, sociales o ecológicas. Estas son algunas de las razones que por lo general, dan origen a la construcción de caminos.

Esta primera fase de los estudios ayuda a conformar un criterio acerca de la factibilidad de la obra, pues además - del propósito definido, se toman más en cuenta los beneficios de la zona de influencia a lo largo del camino.

El reconocimiento de ruta para esta carretera fue hecho por el método fotogramétrico, a continuación se presenta una breve descripción del método.

DESCRIPCION DEL PROYECTO DE CARRETERAS POR EL METODO FOTOGRA-METRICO.

Para lograr el proyecto definitivo de una vía terrestre por este método, se debe seguir una secuencia determinada, la

cual comprende muchos y muy diversos trabajos, pero que se en encuentran íntimamente ligados entre sí.

El sistema general de estudio se ha subdividido en las tres grandes etapas que a continuación se dan:

- A.- Selección de ruta.
- B.- Anteproyecto.
- C.- Proyecto Definitivo.

Es importante señalar que no en todos los proyectos es necesario llevar a cabo las tres etapas en forma completa, si no que esto depende del tipo de terreno, de la experiencia - del proyectista y de la finalidad o utilidad que se persigue en cada caso en particular.

A.- SELECCION DE RUTA

Podemos definir como ruta a toda aquella franja de terreno que se encuentra entre dos puntos cualesquiera que sean, de ancho variable y dentro de la cual pueda ser factible la - ubicación de una vía terrestre que comunique a dichos puntos.

El proceso general en esta primera etapa del proyecto - consiste en tener primero una idea general del terreno, tanto topográfica como geológicamente y poder darse cuenta, al disponer de una amplia zona fotografiada, de las distintas posibilidades para la localización del camino a proyectar.

Para la realización de un proyecto óptimo, es necesario y fundamental que estos primeros estudios de Selección de Ruta sean realizados por personal competente, ya que en esta -

etapa existen tantos y tan variados conceptos que apreciar y evaluar, que en cierto modo, la Selección de Ruta se puede - considerar como un arte y se vuelve un arte más refinado aún, cuando elementos como la fotogrametría y la fotointerpreta---ción son ampliamente incluidos.

En esta importante etapa del proyecto se lleva a cabo - un proceso que involucra a varias actividades las cuales se - encuentran íntimamente ligadas entre sí; entre estas actividades se pueden destacar las siguientes:

- a) Recopilación de datos.
- b) Reconocimientos aéreos.
- c) Obtención de fotografías aéreas esc. 1:25,000.
(Primera etapa fotográfica)
- d) Estudios estereoscópicos.
- e) Anteproyecto sobre planos topográficos restituidos
fotogramétricamente a escala 1:5,000/5

RECOPIACION DE DATOS.

Los datos necesarios para iniciar un proyecto de una carretera se pueden clasificar dentro de los siguientes aparta-dos:

- Estudios socio-económicos.
- Estudios de tránsito.
- Estudios de localización de ruta.

Estos estudios se vieron con todo detalle en los Capitulos II y III de este trabajo.

RECONOCIMIENTOS AEREOS

Una vez representadas las diferentes rutas seleccionadas sobre las cartas topográficas se inicia propiamente el trabajo de campo con los reconocimientos de estas mismas rutas pero ya sobre el terreno.

La materia prima del sistema del proyecto fotogramétrico son los reconocimientos y las fotografías aéreas; los reconocimientos tienen por objeto verificar y complementar la información cartográfica disponible; las fotografías aéreas a diversas escalas permiten registrar la información topográfica, geotécnica y de uso del suelo.

El número de reconocimientos aéreos puede ser variable dependiendo de la confiabilidad de la información cartográfica existente así como del conocimiento que se tenga del terreno en estudio, pero fundamentalmente se puede hablar de dos reconocimientos aéreos.

PRIMER RECONOCIMIENTO AEREO.

El objetivo de este primer reconocimiento inicial será el de eliminar aquellas rutas francamente inconvenientes o bien proponer otras nuevas, así como el de delimitar el ancho de las franjas que deberán ser fotografiadas a la escala 1:25,000 para que en ellas, queden incluidas las diferentes rutas con suficiente amplitud.

Estos reconocimientos se realizan en aviones ligeros medianos, efectuándolos técnicos especialistas en planeación, localización y geotecnia quienes previamente al vuelo estudian

las diferentes rutas propuestas en las cartas geográficas a fin de que durante el vuelo de reconocimiento observen estas mismas rutas, estudiándolas y haciendo observaciones desde el punto de vista de su especialidad. (Ver Plano No. 2)

SEGUNDO RECONOCIMIENTO AEREO.

Este reconocimiento aéreo se lleva a cabo después de haber efectuado la interpretación de las fotografías tomadas anteriormente a la escala de 1:25,000 y de haber realizado los anteproyectos sobre planos restituidos fotogramétricamente a escala 1:5,000/5.

Por lo tanto este reconocimiento tiene por objeto comprobar sobre el terreno lo estudiado sobre las fotografías 1:25,000 así como comprobar si las plantas fotográficas restituidas son congruentes con el terreno real, asimismo se deberá comprobar si es factible la localización de la carretera tal como se propuso en el anteproyecto realizado a escala 1:5,000. De acuerdo con estos anteproyectos realizados se deben de anotar todas las características que se crean convenientes para mejorar o modificar los anteproyectos subsecuentes.

Al finalizar este segundo reconocimiento se tendrá delimitada la franja del terreno que deberá ser levantada fotogramétricamente a escala de 1:10,000 o 1:5,000, según sea el caso.

OBTENCION DE FOTOGRAFIAS AEREAS A ESCALA 1:25,000

(Primera etapa fotográfica)

En el sistema general de proyecto fotogramétrico se ha considerado conveniente que la primera etapa fotográfica sea a la escala de 1:25,000 tomando en cuenta que la base de la - - - cual se parte es de la información cartográfica existente de 1:50,000 en donde se estudia la selección de ruta y una vez - que las rutas escogidas han quedado definidas y dibujadas sobre estas cartas se procede a realizar el plan de vuelo fotográfico.

Este primer vuelo fotográfico para obtener fotografías a escala de 1:25,000 presenta varias ventajas entre las que - puedo destacar las siguientes:

1.- Con este tipo de fotografías se tiene un aspecto - bastante amplio del terreno en estudio, lo cual es muy conveniente ya que nos permite realizar diversos estudios de rutas dentro de una misma línea de vuelo, ya que cada fotografía - abarca una franja de un ancho de 5.775 km.

2.- Los estudios estereoscópicos y de fotointerpretación que sobre estas fotografías se realizan nos brindan resultados de muy aceptable precisión.

3.- El apoyo terrestre necesario para este tipo de fotografías generalmente es realizado en gabinete con auxilio de - la información cartográfica editada por INEGI. En el caso de - que este control se tenga que realizar en el campo, el número de puntos de apoyo es reducido (Ver Anexo 1-A, Control terrestre).

ESTUDIOS ESTEREOSCOPICOS (FOTOINTERPRETACION)

La fotointerpretación consiste en el examen detallado de las imágenes fotográficas con el objeto de identificar rasgos y detalles así como de determinar su significado. La fotointerpretación se realiza con el auxilio de estereoscopio de espejos, barra de paralaje y material cartográfico de la zona en estudio.

Básicamente los elementos de la fotointerpretación son cinco:

- 1.- TOPOGRAFIA.- Observando las formas del relieve como montes, lomas, valles, gargantas, etc., el emplazamiento a los accidentes del terreno, las pendientes y rupturas de las mismas, los alineamientos, las anomalías y discordancias, se obtiene información sobre la naturaleza de los materiales, suelos y rocas que lo forman. (Ver Plano No. 3).
- 2.- DRENAJE.- Según su forma, densidad e integración, se obtiene una idea del tipo de suelo o de la roca, de los espesores, su formación, permeabilidad, etc.
- 3.- EROSION.- Según el comportamiento de suelos y rocas ante la erosión se obtiene información sobre la naturaleza, resistencia, textura, etc.
- 4.- TONO O COLOR.- El color del suelo o de la vegetación permite distinguir la forma de los objetos y sus variaciones, humedad, etc.
- 5.- USO DE LA TIERRA.- Muestra el destino que da el hombre

a la naturaleza del terreno. Es muy importante dar especial atención al clima.

ANTEPROYECTO SOBRE PLANOS TOPOGRAFICOS RESTITUIDOS
FOTOGRAFETRICAMENTE A ESCALA 1:5,000/5

Antes de iniciar esta parte del estudio del proyecto de la carretera ya se deberán tener completamente definidas las especificaciones geométricas que deberán regir en el proyecto de dicha obra vial.

Para el estudio de esta etapa es indispensable, desde luego, el contar con una planta topográfica de la zona sobre la cual se elabore(n) dicho(s) anteproyecto(s). Esta planta topográfica, en este sistema de proyecto, se obtiene por medio de restitución fotográfica haciendo tanto uso de los aparatos restituidores como de las diapositivas de las fotografías aéreas.

Los planos restituidos fotográficamente nos ofrecen un sinnúmero de informaciones, ya que en ellos se encuentran registrados todos los detalles planimétricos que las fotografías fueron capaces de captar en el momento de la exposición, asimismo se registra la información altimétrica en este tipo de planos por medio de curvas de nivel y de puntos acotados; el uso actual del suelo es también registrado por medio de una simbología adecuada por medio de la cual el proyectista se forma una clara imagen del terreno sobre el cual se realizará el proyecto de la vía de comunicación.

Es importante señalar que en este método de proyecto fo
togramétrico se consideran dos tipos de Anteproyectos: El pri
mero de ellos a escala 1:5,000 y el segundo a escala de - -
1:2,000, en ambos anteproyectos se deben considerar estricta-
mente las especificaciones geométricas que rigen tanto el ali
neamiento horizontal como vertical para así poder darnos cu
ta desde un inicio si en determinada ruta es factible geomé-
tricamente alojar el trazo del camino proyectado.

En el anteproyecto preliminar 1:5,000, el cual se consi
dera como la parte final de la etapa de selección de ruta, se
deben buscar todas aquellas alternativas que satisfagan las -
especificaciones señaladas para el camino, quedando así defi-
nidos los alineamientos horizontal y vertical para cada una -
de estas alternativas.

B.- ANTEPROYECTO

Con los resultados de la primera etapa contamos ya con
los elementos necesarios para llevar a cabo un estudio mucho
mejor orientado hacia una solución definitiva, pues los resul-
tados anteriores nos permiten concentrar nuestra atención a -
una o dos franjas del terreno de un ancho aproximado de 2 km,
cuyas características topográficas, geológicas, hidráulicas y
de calidad de suelos será necesario detallar para determinar
la mejor solución a nuestro proyecto.

Por lo tanto el objetivo fundamental de esta etapa será
el de definir la línea considerando un número variable de po-

sibilidades, que mejor satisfaga los requerimientos de benefi
cios y costos, línea que deberá ser trazada en el campo o pro
cesada fotogramétricamente para desarrollar el proyecto defi
nitivo.

Para llegar a esta etapa de anteproyecto 1:2,000, es ne
cesario llevar a cabo las siguientes actividades:

- a) Proyecto de apoyo terrestre necesario.
- b) Toma de fotografías aéreas 1:10,000.
- c) Estudios estereoscópicos.
- d) Restitución de planos escala 1:2,000/2
- e) Anteproyecto(s) a escala 1:2,000.

PROYECTO DEL APOYO TERRESTRE

Sobre las plantas fotogramétricas 1:5,000 que contengan los anteproyectos realizados en la etapa anterior se proyecta el apoyo terrestre necesario para realizar el levantamiento - fotográfico a escala 1:10,000. Este apoyo pasa posteriormente a las fotografías de la etapa anterior (1:25,000) las que les serán entregadas a la Brigada en campo junto con una copia de la restitución 1:5,000 que contenga la línea aprobada, lo que les servirá como guía para ejecutar en el campo este control terrestre.

En esta etapa del control terrestre se puede presentar dos modalidades a llevar a cabo:

1.- Que el control se realice antes de tomar las fotografías, para lo cual es conveniente que los puntos de control - sean preseñalados de acuerdo con el Cuadro No. 1, correspondiente al Anexo VI-A (Control Terrestre).

2.- Si por motivos de trabajo las fotografías 1:10,000 - son tomadas antes de realizar el control terrestre en el campo, esto deberá ser planeado en gabinete sobre estas mismas fotografías ya tomadas, para lo cual se usarán puntos de control - fotográficos, o sea, detalles fotográficos que pueden ser identificados perfectamente sobre el terreno con el auxilio de estas fotografías.

Las especificaciones y tolerancias que se tienen que observar en el levantamiento de este control deberán ser las que se indican en el Anexo VI-A.

TOMA DE FOTOGRAFÍAS ESCALA 1:10,000

(SEGUNDA ETAPA FOTOGRAFICA)

Una vez que se tiene perfectamente definida la línea de ruta, y en su caso se ha llevado a cabo el levantamiento del control terrestre necesario, se lleva a cabo el segundo levantamiento fotográfico (aéreo) consistente por lo general en líneas de vuelo paralelas al eje del anteproyecto preliminar - - 1:5,000 aprobado.

El proyecto de vuelo fotográfico es planeado sobre cartas topográficas escala 1:50,000 con el auxilio de las plantas topográficas restituidas de la etapa anterior. De acuerdo con

este plan de vuelo fotográfico se deberán de obtener fotografías a la escala de 1:10,000, cubriendo cada línea de vuelo - una franja de terreno de un ancho aproximado de 2.3 km. y en estas franjas de vuelo deberá quedar alojada perfectamente la ruta aprobada.

ESTUDIOS ESTEREOSCOPICOS.

Las fotografías obtenidas a la escala de 1:10,000 nos ofrecen una gran riqueza de información, ya que su escala nos permite observar con gran detalle las características más representativas del terreno en estudio.

Con el auxilio del estereoscopio se estudia sobre estas fotografías la mejor ubicación de la línea tentativa de nuestro proyecto.

Una vez que en estas fotografías se han trazado las líneas de ruta aprobada, se puede determinar con bastante precisión todo lo concerniente a derecho de vía, afectaciones a terrenos agrícolas o a viviendas, disposición y tipo de las obras de drenaje necesarias. Asimismo, el ingeniero encargado de realizar un mejor estudio fotogeológico de la zona, así como prever los posibles problemas de suelos que se pueden presentar en el terreno donde se va a contruir la carretera.

En esta forma ya se está en posibilidades de delimitar con mejor precisión la faja del terreno en la cual se va a alojar el proyecto definitivo.

Por economía, el ancho de la franja a restituir será de

200 a 400 m., sin embargo, puede ser mayor en aquellas zonas donde se presenten dos o más alternativas.

RESTITUCION DE LOS PLANOS A ESCALA 1:2,000

Con la faja por restituir fijada en las fotografías, la cual es pasada a las diapositivas de las mismas, se procede a la obtención de las plantas fotográficas fotogramétricas a la escala de 1:2,000/2 (equidistancia entre curvas de nivel de - 2 metros); este trabajo se lleva a cabo con un equipo de observación de segundo o primer orden como lo son los autógrafos A-8 o A-7 respectivamente.

Indudablemente que las plantas topográficas obtenidas - por este procedimiento fotogramétrico son de una precisión in discutible y es por ello que con este tipo de planos se logran realizar anteproyectos mucho más precisos.

ANTEPROYECTOS SOBRE PLANTAS 1:2,000

El objetivo fundamental de esta etapa es el definir el - eje de trazo de la carretera, considerando para ello un número variable de posibilidades para así escoger aquella alterna tiva que mejor satisfaga los requerimientos de beneficios y - costos. Eje que deberá ser trazado en el campo o procesado fo tográficamente para desarrollar el proyecto definitivo del - mismo.

Si el eje del anteproyecto seleccionado se aloja en te-- rreno con vegetación alta o densa, el trabajo deberá conti--- nuarse directamente en el campo, trazando como poligonal de -

referencia el propio eje del anteproyecto aprobado, el cual - servirá de apoyo para el levantamiento de las secciones transversales del terreno, nivelación del eje de proyecto; trazo, nivelación propuesta y funcionamiento de las obras de drenaje.

De otro modo, sobre este eje del anteproyecto y sus posibles variantes se preñala una poligonal de referencia para llevar a cabo el apoyo terrestre y así realizar el levantamiento aerofotográfico a la escala de 1:5,000.

Es indispensable desde luego, que en los diferentes anteproyectos que se tengan que realizar se tomen en cuenta estrictamente las diferentes normas y especificaciones relativas tanto al alineamiento horizontal como vertical (grado máximo de curvatura, pendiente gobernadora y máxima, longitud de tangentes mínimas, longitudes de curvas, longitudes de curvas espirales de transición, etc.), para así obtener un anteproyecto al cual se le tengan que realizar las mínimas modificaciones durante el proyecto definitivo.

En esta etapa es muy conveniente efectuar un segundo reconocimiento de campo para verificar la interpretación realizada sobre las fotografías 1:10,000. En este reconocimiento se debe de recorrer la línea proyectada fijando la atención en problemas de afectaciones, de cruces, tipos y problemas de suelos, drenaje; de estos reconocimientos algunas veces suelen surgir algunas modificaciones importantes.

Después de estas últimas observaciones, el eje del pro-

yecto aceptado ha quedado definido gráficamente sobre las - -
plantas 1:2,000.

TRAZO Y NIVELACION DEL EJE PRELIMINAR

El objetivo de este trazo es determinar por medio de -
una poligonal abierta, el lugar donde se alojará la línea que
se proyecta para la elaboración de un plano topográfico con -
suficiente faja de terreno en donde se pueda llevar a cabo el
estudio de localización. El lugar previamente elegido en el -
reconocimiento, se traza una poligonal con una pendiente lige
ramente menor que la gobernadora.

Para obtener el perfil del trazo preliminar, fue necesa
rio desarrollar una nivelación para lo cual primeramente se -
realizó un estacado a lo largo del eje, a cada 20 metros, a
fin de que el perfil fuera lo más apegado a los cambios de -
pendiente del terreno.

Para tener una visión más clara sobre la nivelación del
proyecto y su procedimiento, ver el registro de campo y el -
Plano No. 1.

PERFIL DEL CAMINO PRINCIPAL

TRAMO Km. 10 + 000 al Km. 11 + 000

ESTACION	(+)		(-)	COTA
	1.212	2098.280	3.682	2097.071
9 + 960			1.680	2096.600
9 + 980			1.630	2096.650
10 + 000			1.410	2096.870

ESTACION	(+)	∇	(-)	COTA
10 + 020			1.280	2097.000
040			1.530	2096.750
060			1.850	2096.430
080			2.360	2095.920
100			2.830	2095.450
120			3.420	2094.860
PL	0.950	2095.354	3.379	2094.904
140			1.690	2093.66
PL	0.214	2091.692	3.876	2091.478
PL	0.138	2088.211	3.619	2088.073
160			1.500	2086.630
180			2.420	2085.790
BN 11-1	3.556	2087.873	3.894	2084.317
200			1.860	2085.540
PL	3.676	2091.041	0.038	2087.365
212.50			0.520	2090.520
PL	3.858	2094.852	0.047	2090.994
220			3.720	2091.130
240			1.940	2092.910
PL	3.855	2098.484	0.223	2094.624
260			3.540	2094.940
280			2.100	2096.38
PL	3.918	2101.842	0.560	2097.924
300			2.930	2098.910
320			1.620	2100.220
340			0.220	2101.620

ESTACION	(+)	$\bar{\Delta}$	(-)	COTA
PL	3.636	2105.280	0.199	2101.643
10 + 360			2.840	2102.440
380			1.030	2104.250
PL	3.410	2108.287	0.398	2104.877
400			2.65	2105.640
420		2108.287	1.80	2106.490
440			0.53	2107.760
PL	3.694	2111.738	0.198	2108.089
460			3.180	2108.560
480			1.480	2110.260
500			1.170	2110.570
520			0.690	2111.050
540			0.240	2111.50
PL	1.121	2112.991	0.168	2111.570
560			1.370	2111.620
570			0.890	2112.100
580			1.190	2111.800
600			1.320	2111.670
620			1.440	2111.550
640			1.290	2111.700
650			3.380	2109.610
660			3.030	2109.960
680			3.200	2109.790
700			2.890	2110.100
720			3.540	2109.450
PL	2.549	2112.201	3.339	2109.652

ESTACION	(+)	∇	(-)	COTA
BN 11-2	0.442	2112.081	0.561	2111.638
10 + 732.50			4.360	2107.720
740			3.610	2108.470
PL	1.459	2109.758	3.782	2108.300
750			4.390	2105.370
760			2.500	2107.260
767			3.420	2106.340
770			2.380	2107.380
780			1.370	2108.390
791			0.230	2109.530
PL	3.872	2113.560	0.070	2109.688
800			3.440	2110.120
820			3.240	2110.320
840			2.65	2110.910
860			1.510	2112.050
880			0.450	2113.110
PL	3.309	2116.619	0.250	2113.310
900			3.010	2113.610
920			1.700	2114.920
940			1.340	2115.280
954			1.820	2114.800
960			2.030	2114.590
970			2.190	2114.430
972			3.970	2112.650
976			4.780	2111.840
980			1.54	2115.080

ESTACION	(+)	∇	(-)	COTA
PL	3.948	2120.236	0.331	2116.288
11 + 000			3.142	2116.820

SECCIONAMIENTO

Con el propósito de disponer de una pequeña franja topográfica y así conocer las pendientes transversales de la misma, y de la sección del proyecto, fue necesario levantar secciones transversales a cada 20 metros, normales al eje preliminar (a dichas secciones también se les denomina de topografía), se levantaron en un ancho de 60 metros, es decir, 30 metros a cada lado del eje preliminar.

Las secciones transversales generalmente se realizan con nivel de mano o con clisímetro por ser de fácil y rápido manejo y también porque da las precisiones necesarias para la configuración.

A continuación se transcriben las secciones transversales del tramo del proyecto (10 + 100 al km. 11 + 000).

IZQUIERDA					SECCIONES TRANSVERSALES		DERECHA		
CADENAMIENTO					ESTACION		CADENAMIENTO		
NIVELACION					COTA		NIVELACION		
		30		20	10 + 000				20
		-1.10		-0.70	2096.870		+0.60		
	20	2.20		1.5	10 + 020				20
-0.60		-0.20		0.00	2097.00				0.50
		30.00		20.00	10 + 040		8.00	9.00	30.00
		-0.90		-0.50	2096.750		0.00	+0.40	+0.60
30.00		20.00		72.00	10 + 060		20.00		
-0.00		-0.00		-0.20	2096.430		+0.50		
30.00		22.00		22.00	10 + 080		20.00		
-0.50		-0.30		-0.50	2095.920		+0.50		
30.00		20.00			10 + 100		20.00		
-1.10		-0.60			2095.450		20.00		
30.00		20.00			10 + 120		20.00		
-1.00		-0.70			2094.860		+0.60		
30.00		20.00			10 + 140		20.00		
-1.50		-1.00			2093.660		+1.10		
35.00		20.00		12.00	10 + 160		6.50	8.00	12.50
-0.40		-0.90		-0.80	2086.630		0.00	+0.30	-0.20
19.50	19	18.9	16.00	15.00	11.50	10 + 180	20.00	30.00	
-0.5	-0.5	-1.8	-1.10	-0.30	0.00	2085.790	+0.30	+0.40	
		35.0	20.00	6.00	3.00	10 + 200	2.00	5.50	11.70
		+0.1	0.00	6.00	+0.50	2085.540	-0.10	-1.50	-1.20
31.0	22.5	13.5	6.20	5.00	3.6	10 + 220	20.00	30.00	0.00
-1.3	-1.0	+0.5	+0.50	0.00	+0.30	2091.130	-0.90	-3.20	

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

IZQUIERDA				SECCIONES TRANSVERSALES		DERECHA		
CADENAMIENTO				ESTACION		CADENAMIENTO		
NIVELACION				COTA		NIVELACION		
30.00	16.00	15.50	12.20	10 + 240		20.00		
-).90	+0.70	0.30	+0.10	2092.910				
	30.00	27.50		10 + 260		20.00		
	-2.30	-1.80	-0.80	2094.940		20.20		
		30.00	20.00	10 + 280		+0.20		
		-0.30	-0.20	2096.380		+0.20		
		30.00	20.00	10 + 300		11.20	13.00	20.00
		-0.10	0.00	2098.910		+0.20	0.00	0.00
		30.00	20.00	10 + 320		13.50	14.50	20.00
		0.00	-0.10	2100.220		+0.10	-0.10	-0.30
		30.00	20.00	10 + 340		14.00	20.00	
		-0.10	0.00	2101.620		-0.00	-0.50	
-0.10	20.00	13.00	3.10	10 + 360		8.00	18.00	20.00
-0.10	00.00	+0.60	-0.20	2102.440		+0.60	-0.50	-0.50
		30.00	20.00	10 + 380		10.00	20.00	
		-0.50	-0.30	2104.250		0.00	+0.40	
		30.00	20.00	10 + 400		20.00		
		-1.00	-0.70	2105.640		20.00		
30.00	20.00	11.00	10.00	10 + 420		0.00		
-0.20	+0.90	+0.90	0.00	2106.490		20.00		
		30.00	20.00	10 + 440		+0.10		
		+0.50	+0.30	2107.760		+0.10		
		-0.70	-0.70	10 + 460		+0.10		
		-0.70	-0.20	2108.560		20.00		

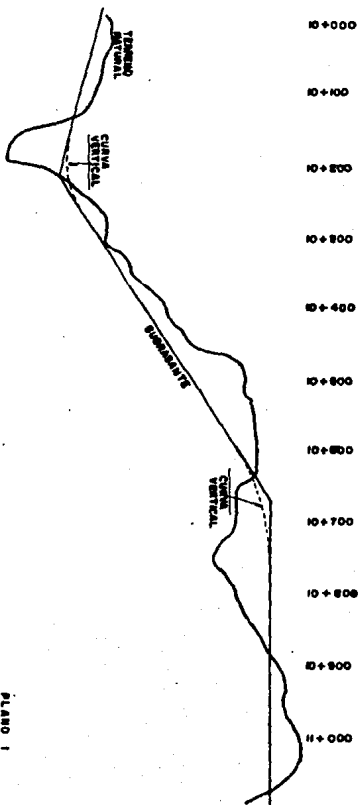
IZQUIERDA				SECCIONES TRANSVERSALES		DERECHA			
CADENAMIENTO				ESTACION		CADENAMIENTO			
NIVELACION				COTA		NIVELACION			
30.00	26.50	23.50		10 + 480	20.00				
-0.50	-0.50	0.00		2110.260	-0.20				
	30.00	20.00		10 + 500	20.00				
	-0.30	-0.10		2110.570	-0.10				
	30.00	20.00		10 + 520	20.00				
	-0.50	-0.30		2111.050	0.00				
	30.00	20.00		10 + 540	20.00				
	-0.20	0.00		2111.50	0.00				
30.00	20.00	8.00	6.20	10 + 560	5.50	8.20	13.00	20.00	
+0.50	+0.30	+0.30	+0.10	2111.620	0.00	+0.30	0.00	0.00	
	30.00	20.00		10 + 580	20.00				
	0.00	0.00		2111.800	0.00				
30.00	22.00	21.50	16.50	10 + 600	20.00				
0.00	0.00	-0.20	0.00	2111.670	0.00				
	30.00	20.00		10 + 620	18.50	20.00			
	0.00	-0.10		2111.550	0.00	-0.30			
	30.00	20.00		10 + 640	0.70	2.00	9.00	20.00	
	0.00	+0.10		2111.700	-0.20	0.00	-2.20	-2.40	
30.00	17.00	15.00	9.50	10 + 660	20.00				
+2.00	+1.80	+2.10	0.00	2109.610	-0.10				
	30.00	27.00	20.00	10 + 680	20.00				
	+2.80	+1.00	+0.90	2109.790	-0.60				
	30.00	20.00		10 + 700	20.00				
	+1.00	+0.70		2110.100	-1.00				
	30.00	20.00		10 + 720	20.00				

IZQUIERDA						SECCIONES TRANSVERSALES				DERECHA						
CANTONAMIENTO						ESTACION				CANTONAMIENTO						
NIVELACION						COTA				NIVELACION						
				+1.30	+0.90	2109.450	-0.80									
23.00	21.50	21.00	05.00	1.40	1.00	10 + 740	3.20	3.70	4.50	5.00	10.00	20.00				
-0.40	-0.50	-2.00	-2.50	-1.50	0.00	2108.470	-0.20	-0.80	-0.80	0.00	-0.50	-0.80				
		30.00	10.00	1.60	1.00	10 + 760	0.20	3.00	3.20	7.50	9.00	10.50				
	+3.50	+1.50	+0.80	0.00	0.00	2107.260	-0.80	-1.50	-2.60	-3.00	-2.70	-0.50				
			3.00	2.00	1.00	10 + 780	3.50	4.50	7.50	12.00	13.50	17.50				
			+3.50	+3.00	+1.20	2108.390	-0.70	-6.50	-1.40	-7.00	-3.00	-3.30				
30.00	27.00	23.00	14.50	8.50		10 + 800	5.20	8.50	20.00	30.00						
+2.70	+2.60	+2.00	+1.20	0.00		2110.120	-0.10	-1.30	-2.50	-2.70						
28.50	26.50	9.00	8.00	5.50		10 + 820	6.00	12.00	15.50	20.00	30.00					
2.30	+1.50	+1.40	+1.60	0.00		2110.320	0.00	-0.20	-1.60	-2.10	-2.40					
	30.00	21.00	19.50	4.00		10 + 840	1.50	18.00	20.00	22.00	30.00					
	+2.70	+2.50	+1.70	+0.70		2110.910	-0.50	-0.60	-1.80	-2.50	-2.80					
		30.00	18.50	16.50		10 + 860	5.00	8.20	20.00	29.60	30.00					
		+2.00	+1.70	+0.50		2112.050	-0.10	-1.40	-1.60	-2.50	-2.90					
		30.00	16.00	11.00		10 + 880	12.00	15.00	20.00	30.00						
		+1.30	+1.00	+0.80		2113.110	-0.20	-1.20	-2.10	-3.40						
	30.00	20.00	5.20	3.10		10 + 900	13.00	19.50	20.00	24.00	30.00					
	+3.00	+2.60	+1.60	0.00		2113.610	-1.00	-1.10	-1.30	-3.10	-3.50					
			30.00	20.00		10 + 920	3.00	4.00	0.30	16.00	20.00	23.00				
			+2.50	+1.40		2114.920	-0.10	+0.20	-1.10	-2.60	-4.20	-5.90				
30.00	29.00	26.00	40.00	10.00		10 + 940	4.20	9.00	20.00	25.00	29.00	35.00				
+3.50	+3.50	+2.00	+1.90	+0.60		2115.280	-0.20	-2.60	-5.00	-5.00	-6.20	-7.20				

IZQUIERDA			SECCIONES TRANSVERSALES					DERECHA		
CADENAMIENTO			ESTACION					CADENAMIENTO		
NIVELACION			COTA					NIVELACION		
30.00	10.00	2.50	10 + 960	8.00	9.00	11.00	15.00	20.00	35.00	
+5.00	+1.10	+0.80	2114.590	-1.80	-3.50	-4.00	-3.80	-4.20	-4.80	
30.00	22.00	18.00	10 + 980	4.60	8.00	13.20	20.00	25.00	25.00	
+3.00	+2.10	+1.00	2115.080	-0.50	-0.30	-1.00	-2.00	-2.30	-2.80	
30.00	23.00	16.00	11 + 000	5.00	10.00	15.00	30.00			
+3.00	+2.00	+0.80	2116.820	-0.60	-0.70	-1.50	-3.00			

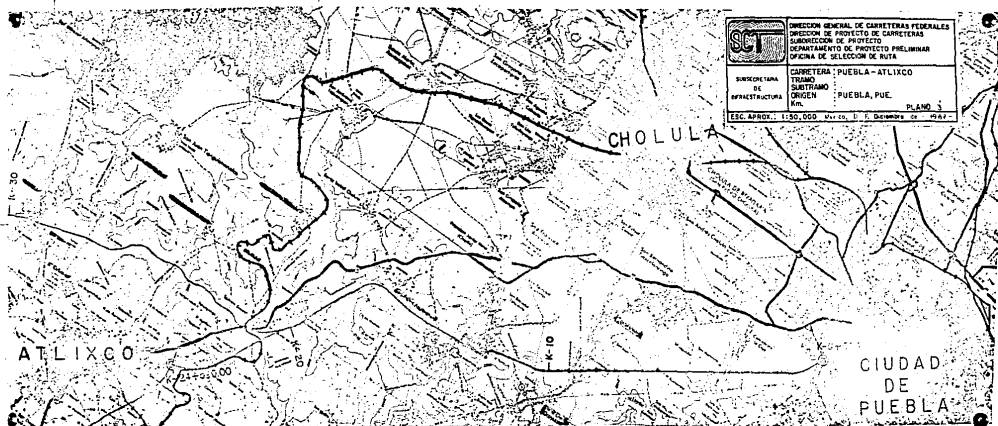


Estacion	Terrazo Metros	Seccion- te
10+000	2096.27	2094.670
10+040	2097.00	2094.703
10+080	2096.75	2093.736
10+120	2096.43	2093.269
10+160	2095.92	2092.802
10+200	2095.45	2092.335
10+240	2094.86	2091.868
10+280	2093.66	2091.401
10+320	2092.63	2090.934
10+360	2092.79	2090.467
10+400	2092.54	2090.000
10+440	2091.33	2089.533
10+480	2092.81	2089.066
10+520	2094.94	2092.600
10+560	2096.38	2093.803
10+600	2094.91	2094.434
10+640	2100.22	2098.225
10+680	2101.62	2096.796
10+720	2102.44	2097.766
10+760	2104.42	2098.737
10+800	2105.64	2099.708
10+840	2106.83	2100.679
10+880	2107.76	2101.650
10+920	2108.56	2102.621
10+960	2110.26	2103.592
10+000	2110.57	2104.563
10+040	2111.05	2105.534
10+080	2111.50	2106.505
10+120	2111.62	2107.475
10+160	2111.80	2108.446
10+200	2111.87	2109.417
10+240	2111.55	2110.388
10+280	2111.700	2111.359
10+320	2109.96	2112.330
10+360	2109.79	2112.330
10+400	2110.10	2112.330
10+440	2109.45	2112.330
10+480	2109.47	2112.330
10+520	2107.26	2112.330
10+560	2108.38	2112.330
10+600	2110.32	2112.330
10+640	2110.34	2112.330
10+680	2110.91	2112.330
10+720	2112.05	2112.330
10+760	2111.11	2112.330
10+800	2111.63	2112.330
10+840	2111.92	2112.330
10+880	2115.28	2112.330
10+920	2114.59	2112.330
10+960	2115.08	2112.330
1+000	2116.82	2112.330



PLANO 1





DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
 SUBDIRECCION DE PROYECTOS DE CARRETERAS
 DEPARTAMENTO DE PROYECTO PRELIMINAR
 OFICINA DE SELECCION DE RUTA

SUBDIRECCION
 DE
 INFRAESTRUCTURA

CARRETERA : PUEBLA-ATLIXCO
 TIPO DE
 SUBTIPO : PUEBLA, PUE.
 ORIGEN
 FIN : ELIEND

ESC. APROX.: 1:50,000 Marzo, 1.º de Septiembre de 1967

CONTROL TERRESTRE

La fotogrametría aérea, durante su proceso requiere de la concurrencia de la topografía moderna, ya que es preciso y necesario, en todos los casos, elegir estratégicamente algunos puntos en el terreno denominados PUNTOS DE CONTROL, que son levantados según su aplicación; topográficamente si la restitución se debe considerar ortogonal o geodésicamente si la restitución se realizara con fines cartográficos.

Llamaremos pues, CONTROL TERRESTRE al trabajo topográfico que es necesario ejecutar en el campo para realizar un trabajo fotogramétrico. Por PUNTO DE CONTROL TERRESTRE se entiende de aquel lugar de terreno que identifica su distancia con respecto a ciertos ejes y planos de comparación.

Son pues, estos puntos, que han sido previamente seleccionados, los que nos permiten relacionar cuantitativamente al terreno en su imagen fotográfica o mejor aún con su Modelo Estereoscópico.

Las coordenadas planas x , y , z (latitud, Longitud y Altitud) de estos puntos se determinan sobre el terreno por medio de los procedimientos clásicos de la topografía moderna.

Dado el orden de magnitud de los trabajos fotogramétricos para vías terrestres, las mediciones del control terrestre quedan comprendidas dentro del campo de la geodesia práctica o bien de la topografía de precisión.

En el procedimiento general de proyecto que se sigue actualmente en la Dirección General de Carreteras Federales (D.G.C.F.) se requiere apoyar fotografías aéreas de tres escalas principalmente 1:25,000, 1:10,000 y 1:5,000; el primer control se utiliza para el estudio de la SELECCION DE RUTA, el segundo para el estudio del ANTEPROYECTO y el tercer apoyo se realiza para la obtención de las fotografías que se utilizarán para realizar el seccionamiento fotogramétrico, actividad que queda comprendida dentro de la etapa del proyecto definitivo.

Cabe hacer notar que no en todos los proyectos se llevan a cabo las tres etapas.

PUNTOS DE CONTROL TERRESTRE

El control terrestre nos sirve para relacionar al terreno con su modelo estereoscópico, o sea realizar la orientación del modelo respecto a planos que se tomaron como referencia en el campo.

Para la orientación del modelo respecto al plano vertical (altimetría) son necesarios, como mínimo, tres puntos de control altimétrico; mientras que para orientarlo planimétricamente o ponerlo en escala (sistema coordenado x-y) sólo se requieren, como mínimo, de dos puntos de posición conocida x-y.

Sin embargo, para fines de seguridad y verificación, se necesitan de cuatro puntos de control altimétrico y de tres o

cuatro puntos de control planimétrico. Los puntos de control pueden ser posición y elevación a la vez (x, y, z) y ser señalados especialmente sobre el terreno o bien pueden ser correspondientes a rasgos naturales del terreno.

Los puntos PRESEÑALADOS se usan principalmente para el control planimétrico en la segunda y tercera etapa fotográfica fundamentalmente y éstos deben de situarse y señalarse antes de realizar la toma fotográfica, las señales usadas para dicho fin pueden ser figuras circulares, rectangulares, en forma de Y o en forma de cruz, dando mejor resultado estas dos últimas.

Las dimensiones recomendadas para dichas señales son las que a continuación se muestran en las figuras 2a y 2b, y el Cuadro No. 1.

SEÑALES PARA LA POLIGONAL DE APOYO

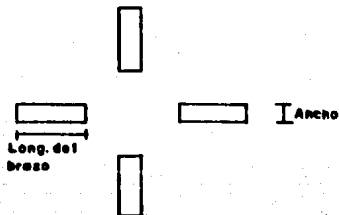


Fig. 2a

SEÑALES PARA EL APOYO LATERAL

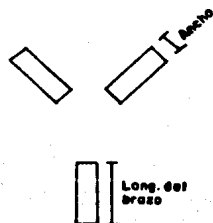


Fig. 2b

ESCALA DE FOTOGRAFIA	ANCHO DEL BRAZO (cm)	LONGITUD DEL BRAZO (cm)
1: 5,000	20	60
1:10,000	30	100
1:25,000	50	200

CUADRO No. 1

En forma general, para cualquiera de las etapas fotográficas, el control terrestre deberá mostrar un aspecto similar al que se muestra en la figura No. 3. En dicha figura se encuentran representados los siguientes conceptos:

- (1) Puntos de control altimétrico con (z) o (x, y, z) .
- (2) Modelo estereoscópico formado por dos fotografias consecutivas.
- (3) Poligonal de referencia.
- (4) Línea de ruta.
- (5) Puntos de control planimétrico con (x, y, z)
- (6) Poligonal maestra (de comprobación).

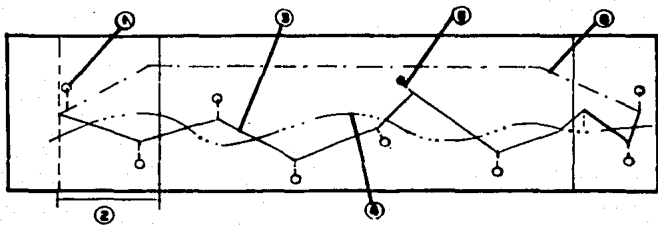


Figura No. 3.

Las distancias a las que deben colocarse los puntos de control planimétrico entre sí, así como la distancia a partir de la línea de ruta a las que se deberán de colocar los puntos laterales de control altimétrico, estarán en función de la escala a la cual se esté trabajando; más adelante se dará el procedimiento para su determinación.

PROYECTO DEL CONTROL TERRESTRE

En el proyecto de apoyo terrestre se persiguen tres finalidades: Distribuirlo convenientemente, reducir el trabajo de campo al mínimo e indicarle a la Brigada de campo los puntos más adecuados que pueden ser tomados como puntos de control tanto planimétricos como altimétricos (laterales).

Idealmente los puntos que se utilizan para control terrestre deberían de escogerse al centro de cada faja de la triple sobreposición longitudinal de las fotografías de la misma línea de vuelo, y en su caso, al centro de cada faja de sobreposición transversal con las líneas de vuelo adyacentes; pero algunas veces por la falta de buenos detalles naturales que pueden servir como puntos de control, las dificultades de acceso, etc, hacen imposible la realización de un levantamiento de control terrestre en forma ideal.

Debido a lo expuesto anteriormente se fijan normas de las cuales es factible realizar un buen control terrestre (siempre tratando de realizar un control perfecto como se explicó anteriormente) que pueda servirnos para realizar la orientación absoluta de los modelos estereoscópicos y así po-

der realizar la restitución de los planos topográficos base.

Para dar una mejor explicación acerca del proyecto del control terrestre (disposición de los puntos de control) se muestran las siguientes figuras:

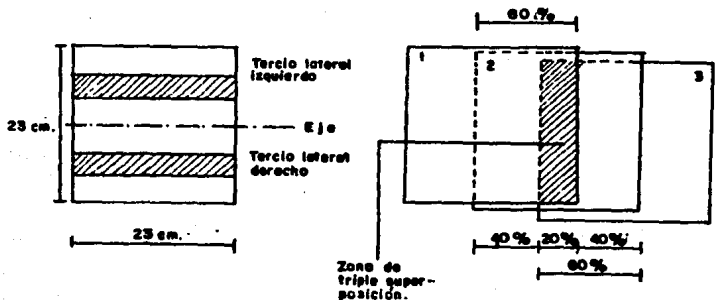


Fig. 4a

Fig. 4b

Como decía anteriormente, en esta Dependencia Federal, se recomienda que los puntos de apoyo lateral se localicen al centro de los tercios laterales de cada lado. Los puntos de la poligonal de apoyo (coordenadas x, y, z) se deben localizar cerca del eje del camino, sólo teniendo cuidado de alejarlos lo suficiente para que éstos se conserven aún después de los trabajos de terracerías.

Además se recomienda que estos puntos no se vayan a localizar a menos de 1.5 cm. del borde de las fotografías para evitar errores en las restituciones debidos a la distorsión radial en los bordes de las fotografías.

En un modelo estereoscópico deben aparecer como mínimo 3 puntos de la poligonal de apoyo, como se explicaba anteriormente; las distancias entre estos puntos de control planimétrico deberá ser acorde a la escala a la cual se está trabajando. A continuación se da un ejemplo para el cálculo de dichas distancias.

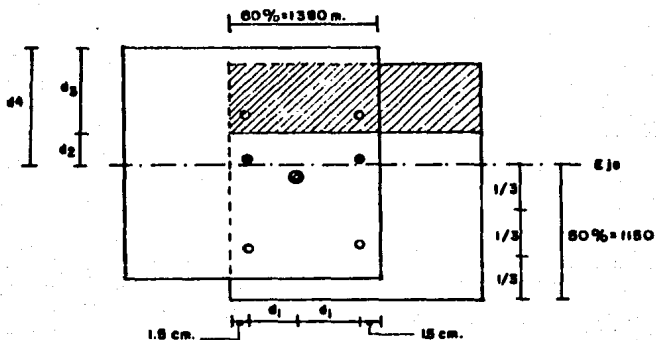
EJEMPLO.

DETERMINAR LA SEPARACION A LA CUAL SE DEBEN DE COLOCAR TANTO LOS PUNTOS DE LA POLIGONAL DE APOYO (poligonal de referencia) COMO LOS PUNTOS LATERALES, PARA OBTENER FOTOGRAFIAS - ESCALA 1:10,000 CON UNA SOBREPOSICION LONGITUDINAL DEL 60%.

Formato de las fotografías = 23 x 23 cm

Escala de las fotografías = 1:10,000

$0.23 \times 10,000 = 2,300 \text{ m.}$



A).- DETERMINACION DE LAS DISTANCIAS (d_1) y (d_2)

A.1) Distancia entre los puntos de la poligonal de apoyo (d_1)

$$d_1 = \frac{1380 - 2(150)}{2} = 540$$

$$d_1 = 540 \pm 10 \text{ m.}$$

A.2) Distancia a la que se deben colocar los puntos laterales a partir del eje del proyecto.

Recordemos que estos puntos deberán localizarse al centro de los tercios laterales, (que viene siendo a un cuarto del borde de la fotografía), por lo tanto tenemos que:

$$d_2 = 1/3 \times 1150 + 1/6 \times 1150 = 575 \text{ m.}$$

$$\text{O bien: } d_2 = 1/4 \times 2300 = 575 \text{ m.}$$

Por lo tanto, se tiene que $d_2 = 575 \text{ m.}$

Dedonde se deduce que también $d_3 = 575 \text{ m.}$

Pero, ¿estos puntos laterales se encuentran dentro del traslape transversal del 30%?

$$d_4 = 30\% \text{ de } 2300 \text{ m.} = 690 \text{ m.}$$

$$\text{como } d_3 < d_4$$

Estos puntos sí quedan dentro de la zona del traslape transversal del 30%.

En el siguiente cuadro se muestran las distancias reco--

mendadas a las que se deberán colocar los puntos de control -
terrestre tanto planimétricos como altimétricos.

CONTROL TERRESTRE PARA FOTOGRAFIAS A ESCALA	DIST. ENTRE PUNTOS DE LA POLIGONAL DE REFERENCIA (d_1)	DIST. DEL EJE A PUNTOS LATE- RALES (d_2)
1:5,000	225 m.	285 m.
1:10,000	450 m.	575 m.
1:25,000	1,350 m.	1,437 m.

CUADRO No. 2

CONTROL TERRESTRE PARA FOTOGRAFIAS 1:25,000

Para el proyecto de este control terrestre se tomarán -
como guía las LINAS DE RUTA determinadas en el estudio de las
cartas topográficas INEGI 1:50,000 y como base, la información
relativa a puntos geodésicos y nivelaciones de precisión exis-
tentes en la zona de trabajo, para así poderle dar un PUNTO DE
PARTIDA a nuestro trabajo.

En esta PRIMERA ETAPA FOTOGRAFICA es muy común el obte-
ner el control terrestre por métodos gráficos, usando para -
ello la información que ofrece el INEGI a través de la edición
de sus cartas topográficas a diferentes escalas así como de la
publicación de los puntos geodésicos de control.

Este procedimiento consiste en obtener las coordenadas -
gráficas de varios puntos perfectamente identificados tanto en
las cartas topográficas (de donde se obtendrán las coordenadas)
como en las fotografías (que ya han sido tomadas con anteriori

dad).

Para el uso de estas cartas se establece que los puntos escogidos para tal caso se pueden identificar perfectamente en las fotografías. Los detalles que mejores resultados dan como puntos de control gráficos son los cruces de caminos, puentes, esquinas de linderos, lomas de cerros, casas aisladas, otras vías de comunicación, etc.

Este sistema gráfico de control terrestre es razonable que nos dé menor precisión, sin embargo, para el estudio de la primera etapa se considera suficiente.

CONTROL TERRESTRE PARA FOTOGRAFÍAS 1:10,000

Sobre los planos restituidos a la escala de 1:5,000 que contengan las rutas propuestas se procede a realizar el proyecto de apoyo terrestre, el cual debe abarcar una amplia zona a cada lado de la ruta. Este apoyo pasará a las fotografías existentes 1:25,000 que junto con los planos 1:5,000 servirán de guía a la brigada que lo llevará a cabo en el campo.

Si las fotografías 1:10,000 no han sido tomadas aún y si la zona de trabajo carece de suficientes detalles planimétricos que puedan servir de puntos de control, debe verse la conveniencia de realizar un preseñalamiento.

Si los puntos han de ser señalados es recomendable el empleo de cruces o tréboles con las dimensiones que se marcan en el Cuadro No. 1.

Es muy conveniente situar algunos puntos de control de la línea de ruta para así facilitar posteriores ligas con la poligonal de referencia o en su caso con el trazo definitivo directo.

La medición de este control comprende la determinación de azimutes, ángulos, distancias y desniveles; la determinación de azimutes se realiza mediante observaciones astronómicas; los ángulos se miden con tránsitos de un segundo de lectura y se controlan con determinaciones de azimut y cierres de la poligonal mediante lados largos (ver figura No. 3).

Las distancias se miden con longímetro electrónico que tenga un amplio rango de longitud. Los desniveles son determinados por nivelación trigonométrica, leyendo los ángulos verticales en ambos sentidos simultáneamente.

Tan importante como la medición del control, lo es la identificación de los puntos utilizados para tal caso, esto se realiza auxiliándonos de los croquis que se dibujan normalmente en el campo. Estos dibujos son croquis de los puntos utilizados para el control terrestre con sus respectivas referencias por medio de radiaciones y ángulos a objetos fácilmente identificables tanto en el campo como en las fotografías, en estas últimas, estos puntos son marcados por medio de pequeñas perforaciones (piquetes de alfiler) para su mejor identificación en el momento de realizar la orientación absoluta de las fotografías en los aparatos restituidores.

CONTROL TERRESTRE PARA FOTOGRAFIAS 1:5,000

Los puntos utilizados en este control tienen funciones múltiples; se utilizan para la orientación de modelos y como referencia para el replanteo del proyecto en el campo tanto en el período de estudio como durante la construcción.

Dado que a partir de este control se obtienen los datos del terreno para la realización del proyecto definitivo, su realización requiere de la mejor identificación y de la máxima exactitud. Para lograr lo primero, los puntos de posición son invariablemente preseñalados, es decir, son marcados sobre el terreno antes de la toma de fotografías; para lo segundo, se aplican los equipos de medición y los procedimientos de cálculo electrónico más eficientes y seguros.

Para la planeación de este control se toma como guía el eje aprobado del anteproyecto 1:2,000/2.

El control se forma con una poligonal llamada de referencia, cuyos vértices se sitúan cercanos a la línea del anteproyecto, y una serie de puntos auxiliares de elevación que serán ubicadas dentro de los tercios laterales de las líneas de vuelo que posteriormente se tomarán. (Estos tercios corresponden a la zona del traslape transversal de las fotografías).

El aspecto general de este control terrestre para esta etapa fotográfica escala 1:5,000 deberá ser similar a la que se muestra en la siguiente figura No. 5.

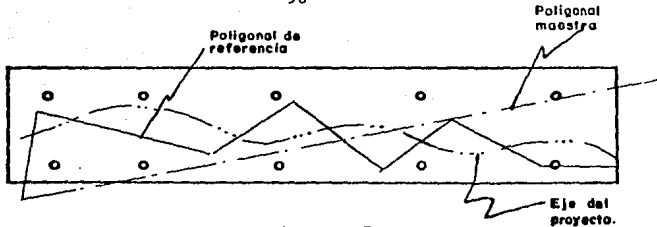


Fig. No. 5

Los puntos de la poligonal de referencia pueden situarse a uno y otro lado de la posición del trazo definitivo, buscando siempre que desde los puntos se tenga la máxima visibilidad hacia el eje del proyecto, que las terracerías y los movimientos propios de la construcción no vayan a quedar cubiertos por árboles o sombras.

Cuando en la zona del proyecto hay suficientes detalles planimétricos naturales, sólo se preseñalarán los puntos correspondientes a la poligonal de referencia, los puntos de control lateral son escogidos de las fotografías de la etapa anterior; de lo contrario, estos puntos laterales deberán ser también preseñalados.

Los puntos de la poligonal de referencia deberán ser amojonados marcando su posición por medio de una varilla firmemente anclada en concreto para que su posición sea estable a través del tiempo, así mismo deberán tener dispositivos permanentes de identificación.

La medición de este control se realiza mediante el mismo equipo utilizando en la etapa anterior.

EQUIPO DE CAMPO UTILIZADO PARA LA REALIZACION DEL CONTROL TERRESTRE.

Entre el equipo de medición con el que cuentan actualmente las brigadas de campo (dependientes de la D.G.C.F.) para llevar a cabo el levantamiento de control terrestre en sus diversas etapas, podemos mencionar el siguiente:

- Teodolito con aproximación al segundo.
- Distanciómetro de infrarrojos con rango entre 0.5 y 5.0 km.
- Equipo de poligonación (señales atrás - adelante).
- Prismas retrodirectivos.
- Nivel automático.
- Estadales con niveleta.

VII.- PROYECTO DEFINITIVO

El tramo Puebla - Atlixco cuyo nuevo proyecto como camí no de cuota tiene una longitud en la troncal de 24.5 km., con templándose como una primera etapa de construcción de un cuer po de corona de 12 m, se localiza del km. 0 al km. 10, en un terreno de lomerío suave; del km. 10 al 17, terreno tipo montañoso; del km. 17 al km. 20 en lomerío fuerte y del km. 20 - al km. 24.5 (Atlixco), en lomerío suave.

Datos Generales:

a) Características Geométricas.- Longitud 24.5 km. en troncal, 5 km. de desarrollo de entronques y 2 km. de accesos en pasoa a desnivel; ancho de corona de 12 m. con acotamiento de 2.50 m. para dos carriles de circulación en una longitud de 17 km. y corona de 13 m. en una longitud de 7 km. con acotamientos de 1.25 m., para contemplar un tercer carril de ascenso que permita garantizar velocidades de proyecto; grado de curvatura máxima de $2^{\circ}30'$; pendiente máxima 5% y velocidades de proyecto 90 a 110 km/hr.

b) Volúmenes de obra 600,000 m³ de excavación en corte y promedio de 25,000 m³ por km; formación de terraplén - - 640,000 m³ y promedio de 26,000 m³ por km; 96,000 m³ de materiales de sub-base y base y 24,000 m³ de carpeta.

PROYECTO HORIZONTAL

Esta etapa del estudio, se realiza totalmente sobre el

dibujo en gabinete, lo que en el terreno se puede hacer con un clisímetro para llevar una línea con una pendiente dada, también se pueden hacer en un plano utilizando un compás de puntas secas. Conociendo las equidistancias entre curvas de nivel y la pendiente que se desea para el camino.

El estudio realizado con fotografías aéreas y con cartas topográficas, permite ubicar en éstas los posibles proyectos definitivos, en los que aparecen los puntos obligados y se pueden determinar los desniveles entre éstos y así definir la pendiente que regirá el trazo.

Curvas Horizontales:

Con los datos obtenidos de la poligonal, fue posible calcular las curvas horizontales entre cada tangente y su procedimiento fue el siguiente:

Partiendo de la pendiente máxima permitida, así como del coeficiente de fricción máximo, se establecieron los radios y grados de curvatura, a excepción de las obligadas por la condición del proyecto. También se estableció el coeficiente de fricción, este coeficiente juega un papel muy importante en las curvas horizontales, ya que éstas pueden ser simples o compuestas; en este proyecto se utilizaron ambas curvas.

Estando las curvas simples constituidas por un tramo de una sola circunferencia, los elementos que tienen estas curvas son:

Δ = Angulo de deflexión. Es el ángulo en el punto de intersección de las tangentes.

G = Grado de curvatura. Es el ángulo en el centro de una curva circular que corresponde a un arco de 20 mts.

R = Radio: es inversamente proporcional al grado y su valor se representa en mts.

PI = Punto de intersección de dos rectas.

PC = Punto de comienzo.

PT = Punto de terminación.

ST = Subtangente: es la distancia del PI al PC o al PT y su valor se expresa en metros.

LC = Longitud de la curva: es la longitud de la curva entre el PC y el PT y su valor se expresa en metros.

E = Externa: Es la distancia del PI al punto medio de la curva y su valor se expresa en metros.

CL = Cuerda Larga: es la recta que une al PC con el PT.

M = Ordenada Media: es la distancia del punto medio de la curva al punto medio de la cuerda larga.

En la Figura No. 6 se muestran los elementos de una curva circular.

Una curva compuesta está formada por varios tramos de curvas simples de radios diferentes, según las necesidades del terreno o de las estructuras como las de paso a desnivel.

En la Figura No. 7 se presentan los elementos de una curva horizontal compuesta.

- PI Punto de intersección de las tangentes.
- TE Punto donde termina la tangente y empieza la espiral.
- EC Punto donde termina la espiral y empieza la curva circular.
- CE Punto donde termina la curva circular y empieza la espiral.
- ET Punto donde termina la espiral y empieza la tangente.
- PSC Punto sobre la curva circular.
- PSE Punto sobre la espiral.
- PSTe Punto sobre la subtangente.
- Δ Angulo de deflexión de las tangentes.
- Δc Angulo central de la curva circular.
- θe Deflexión de la espiral.
- $\theta'c$ Angulo de la cuerda larga de la espiral.
- Ste Subtangente.
- Xc, Yc Coordenadas del EC o del CE
- TL Tangente larga.
- k, p Coordenadas del PC o del PT
- Tc Tangente corta.
- CLe Cuerda larga de la espiral.
- Ec Externa.
- Rc Radio de la curva circular
- le Longitud de la espiral de entrada o de salida.
- lc Longitud de la curva circular.

Matematización del alineamiento horizontal:

A partir de este nivel del proyecto, el cálculo electrónico es una ayuda fundamental para el Ingeniero Proyectista - al hacerse cargo de los cálculos rutinarios, permitiéndole - así una dedicación más amplia a los conceptos de criterio.

En esta etapa se realiza la revisión de los datos respecto a las normas del Proyecto y el cálculo de los elementos de las curvas y tangentes que constituyen el alineamiento horizontal del eje del camino, incluyendo las sobreelevaciones y ampliaciones de la corona de terracerías.

Para llevar a cabo la matematización o el cálculo del Alineamiento Horizontal, el proyectista debe proporcionar los siguientes datos:

- a).- Coordenadas gráficas de los PST y/o PI que definen las tangentes.
- b).- Número ordinal, tipo, sentido y grado de cada una de las curvas.
- c).- Velocidad de proyecto para determinado tramo.

Con estos datos se alimenta a la computadora, la cual ya ha sido previamente cargada con el programa adecuado para así proporcionarnos la correspondiente matematización del alineamiento horizontal que posteriormente servirá como referencia para la realización del Seccionamiento Transversal, así como para realizar el estacamiento.

De este proceso de cálculo del alineamiento horizontal se obtienen los siguientes datos:

1.- Cadenamiento y coordenadas de los PST (a cada 300 metros máximo), PI, PC, PT, TE, EC, CE y ET.

2.- De cada tangente, su longitud al centímetro y su rumbo en grados, minutos y segundos.

3.- De cada curva, su número ordinal, deflexión total, velocidad de proyecto, grado y radio de curvatura, longitud de curva circular y longitud de espiral.

A continuación se presenta un ejemplo del cálculo de 3 curvas horizontales y registro del trazo horizontal del km. 9 + 780 al km. 12 + 020.

Datos: Curva 1

$$PI = 10 + 002.537$$

$$\Delta = 22^\circ 14' 31''$$

$$G = 1^\circ 00' 00''$$

- Cálculo del radio (R):

$$R = \frac{1145.92}{G} = \frac{1145.92}{1^\circ 00' 00''} = 1145.920 \text{ mts.}$$

- Cálculo de la subtangente (ST):

$$ST = R \tan \frac{\Delta}{2} = 1145.92 \tan \frac{22^\circ 19' 31''}{2} = 225.256 \text{ mts.}$$

- Cálculo de la longitud de la curva (LC):

$$LC = 20 \frac{\Delta}{G} = 20 \left(\frac{22^\circ 19' 31''}{1^\circ 0' 0''} \right) = 444.839 \text{ mts.}$$

- Cálculo del (PC), punto de comienzo de la curva.

$$PC = PI - ST = 10,002.537 - 225.256 \text{ mts.} = 9,777.281$$

- Cálculo del (PT), punto de tangencia:

$$PT = PC + LC = 9,777.281 + 444.839 = 10 + 222.120 \text{ mts.}$$

Datos: Curva 2

$$PI = 10 + 999.774$$

$$\Delta = 13^\circ 08' 02''$$

$$G = 1^\circ 00' 00''$$

$$R = 1145.920 \text{ mts.}$$

$$ST = 1145.920 \tan \frac{13^\circ 08' 02''}{2} = 131.998 \text{ mts.}$$

$$LC = 20 \left(\frac{13^\circ 08' 08''}{1^\circ 00' 00''} \right) = 262.678 \text{ mts.}$$

$$PC = 10,949.74 - 131.918 = 10,817.856 \text{ mts.}$$

$$PT = 10,817.856 + 262.678 = 11,080,534 \text{ mts.}$$

$$TANG = PT_1 - PC_2 = 10,222.120 = 10,817.856 = 597.736 \text{ mts.}$$

Datos: Curva 3

$$PI = 11 + 486.98$$

$$\Delta T = 31^\circ 18' 18''$$

$$\Delta c = 26^\circ 30' 18''$$

$$Gc = 1^\circ 30'$$

$$Rc = \frac{1145.92}{1.5} = 763.947 \text{ mts.}$$

$$\Delta c = \Delta_t - 2 \theta e \quad \theta e = \frac{\Delta t - c}{2}; \theta e = \frac{31^\circ 18' 18'' - 26^\circ 30' 18''}{2}$$
$$\theta e = 2^\circ 24'$$

$$L = \frac{40 \theta e + 20 \Delta t}{G_c} = \frac{40 (2.40) + 20 (31^\circ 18' 18'')}{1.5} = 481.40 \text{ mts.}$$

$$l_c = \frac{20 \Delta c}{G} = \frac{20}{1.5} (26^\circ 30' 18'') = 353.40 \text{ mts.}$$

$$L = 2 l_e + l_c; l_e = \frac{L - l_c}{2} = \frac{481.40 - 353.40}{2} = 64.00 \text{ mts.}$$

$$X_c = \frac{l_e}{100} (100 - 0.00305 \theta e^2) \quad \text{Donde } \theta e \text{ se expresa}$$

$$Y_c = \frac{l_e}{100} (0.582 \theta e - 0.0000125 \theta e^2) \quad \text{en grados.}$$

De la Fig. No. 7

$$P = Y_c - R_c (1 - \cos \theta e); p = 0.894 - 763.947 (1 - 0.9991) = 0.224 \text{ mts.}$$

$$K = X_c - R_c \sin \theta e; k = 63.989 - 763.947 (0.09187) = 31.998 \text{ mts.}$$

$$T_e = K + (R_c + p) \tan \frac{\Delta t}{2} = 31.998 + (763.947 + 763.947 + 0.224) \tan \frac{31^\circ 18' 18''}{2}$$

$$T_e = 246.113 \text{ mts.}$$

$$CLe = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2} = \sqrt{(63.989)^2 + (0.894)^2} = 63.995 \text{ mts.}$$

$$TE = PI - T_e = 11,486.98 - 246.113 = 11,240.867 \text{ mts.}$$

$$EC = TE + CLe = 11,240.867 + 63.995 = 11,304.862 \text{ mts.}$$

$$CE = EC + l_c = 11,304.862 + 353.40 = 11,658.262 \text{ mts.}$$

$$ET = PI + T_e = CE + CLe = 11,722.262 \text{ mts.}$$

$$TANG = 160.342 \text{ mts.}$$

ESTACION	PUNTOS DE ESTACION	DEFLEXION	OBSERVACIONES
9 + 777.281	PC	0°00'	
9 + 780		0°04'	
800		0°34'	
820		1°09'	
9 + 840	PSC	1°34'	
860		2°04'	
880		2°34'	
900		3°04'	
920		3°34'	PI = 10 + 002.551
940		4°04'	ΔT = 22°14'31" DER
960		4°34'	Gc = 1°00'00"
980		5°04'	RC = 1145.920 mts.
10 + 000		5°34'	ST = 225.256 mts.
020		6°04'	LC = 444.839 mts.
040		6°34'	Vp = 110 km/hr.
060		7°04'	TANG = 595.736 mts.
080		7°34'	AZ MO* = 252°00'
100		8°04'	AZ AC* = 258°59'42"
120		8°34'	
10 + 140	PSC	9°04'	
160		9°34'	
180		10°04'	
200		10°34'	
220		11°04'	
10 + 222.120	PT	11°02'15"	

ESTACION	PUNTOS DE ESTACION	DEFLEXION	OBSERVACIONES
10 + 240			
260			
280			
10 + 287.450	PST		
300			
320			
340			
360			
380			
10 + 400	PST		
420			
440			
460			
10 + 473	PST		
480			
500			
520			
540			
560			
580			
600			
620			
640			
642.5	PST		
660			
680			

ESTACION	PUNTOS DE ESTACION	DEFLEXION	OBSERVACIONES
10 + 700			
	720		
	740		
	760		
	780		
	800		
10 + 817.856	PC	0°00'	
	820	0°03'	
	840	0°33'	
	860	1°03'	
	880	1°33'	PI = 10 + 949.774 DER
	900	2°03'	$\Delta T = 13^{\circ}08'02''$
	920	2°33'	Gc = 1°00'00"
	940	3°03'	RC = 1145.920 mts.
	960	3°33'	ST = 131.918 mts.
	980	4°03'	LC = 262.578 mts.
11 + 000		4°33'	Vp = 110 km/hr.
	020	5°03'	TANG = 160.342 mts.
	040	5°33'	AZ MO* = 265°06'00"
	060	6°03'	AZ AC* = 272°07'44"
	080	6°33'	
11 + 080.534	PT	6°34'01"	
	100		
	120		
	140		
	160		

ESTACION	PUNTOS DE ESTACION	DEFLEXION	OBSERVACIONES
11 + 180			
	200		
	220		
	240		
11 + 240.867	TE	0°00'	
	260	0°04'	
	280	0°18'	
	300	0°41'	
11 + 304.862	EC	0°48'	
	320	0°34'	
	340	1°19'	
	360	2°04'	
	380	2°49'	
	400	3°34'	
11 + 420	PSC	4°19'	PI = 11 + 486.98
	440	5°04'	ΔT = 31°18'18" IZQ
	460	5°49'	ΔC = 26°30'18"
	480	6°34'	GC = 1°30'
	500	7°19'	RC = 763.947 mts.
	520	8°04'	Te = 246.113 mts.
	540	8°49'	Lc = 353.400
	560	9°34'	Vp = 110 Km/hr.
	580	10°19'	
11 + 600	PSC	11°04'	
	620	11°49'	
	640	12°34'	

ESTACION	PUNTOS DE ESTACION	DEFLEXION	OBSERVACIONES
11 + 658.262	CE	0°48' 13°15'08"	
660		0°45'	
680		0°21'	
700		0°06'	
720		0°00'	
11 + 722.262	ET	0°00'	TANG = 298.497 mts.
740			AZ MO* = 255°30'
760			AZ AC** = 260°49'26"
780			
800			
820			
840			
860			
880			
900			
920			
940			
960			
980			
12 + 000			
020			

* Azimut magnético observado

** Azimut astronómico calculado.

PROYECTO VERTICAL

Esta parte también se basa en el plano de la configuración para obtener el dibujo de la sección del terreno según un cierto trazo o perfil del eje de la vía proyectada en planta, - es decir, se obtiene del plano de ésta, el kilometraje correspondiente a los cruces de las curvas con el eje y se van marcando los puntos del perfil, subiendo o bajando la curva de nivel.

El perfil se dibuja sobre un papel milimétrico grueso, - para que no se maltrate al borrar cuando se hagan varios ensayos al trazar la subrasante (plano del perfil).

La subrasante se forma de una serie de líneas rectas con sus respectivas pendientes, se proyecta sobre el plano del perfil, y resulta el perfil del eje de las terracerías terminadas y la rasante es el perfil de la superficie de rodamiento, según la vía de que se trate, que en general es paralela a la subrasante y desde luego queda sobre ella. Además con los elementos de este proyecto se calcularon las curvas verticales y sus puntos característicos que fueron:

PCT: Principio de la curva vertical.

PIV: Punto de intersección vertical.

PTV: Principio de tangente vertical.

El alineamiento vertical es el perfil longitudinal del eje del camino y consta de tramos rectos tangentes y de curvas que son parabólicas.

Curvas verticales:

Conforme al Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras - de la S.C.T., se estableció una pendiente máxima permisible de $\pm 5\%$.

La longitud mínima que puede tener la curva vertical es - en estaciones cerradas, la diferencia algebraica de pendientes.

Por ejemplo, si la diferencia algebraica es de 7.6 se tomará como $L = 8$, es decir, la curva tendrá 160 metros de longitud, si con este cálculo no se obtiene la visibilidad necesaria, se alargará aumentando el valor de L a discreción, hasta obtener una curva tan suave como la visibilidad lo requiera.

Únicamente se trazará una curva vertical cuando la diferencia algebraica de pendientes sea mayor del 5%.

Para que se dé el cambio de pendiente a otra se efectúa - en forma gradual.

Es necesario establecer una variación uniforme de pendientes entre dos estaciones consecutivas. Por seguridad y comodidad se ha establecido que esta variación no debe exceder el 5%.

Las curvas verticales son parábolas que se calculan por - la fórmula:

$$y = Kd^2$$

en donde:

K = constante

d = Número de orden que le corresponde a la estación, -
contando a partir del PCV.

$$K = \frac{D}{10 L}$$

en donde:

L = Longitud de la curva vertical, dada en estaciones ce
rradas de 20 metros.

D = Diferencia algebraica de las pendientes.

Para el cálculo de la curva vertical se procede como si-
gue:

- 1.- Se calcula la diferencia algebraica de pendientes (D)
- 2.- Si el PIV está en una estación cerrada, la curva ten-
drá una longitud mínima L medida en estaciones de 20 metros, -
igual al número par inmediato superior a D. Si el PIV está en -
una medida estación, la longitud será igual al número impar inme-
diato superior a D.
- 3.- Se fijan el PCV y el PTV de manera que la curva sea -
simétrica y se calculan sus elevaciones.
- 4.- Se prolonga la tangente de llegada hasta la estación
del PTV y se calculan las elevaciones correspondientes a cada -
estación sobre esta tangente prolongada.
- 5.- Se obtiene el valor de la constante K.
- 6.- Para cada estación se obtiene la ordenada Y medida de
la tangente prolongada a la curva vertical.
- 7.- Se obtienen las elevaciones de las estaciones sobre
la curva, restando los valores de Y a la elevación de la tangent

te prolongada si la curva es en cima o sumando si la curva es - en columpio.

(Para este proyecto se calcularon las curvas verticales con tangentes iguales), obteniendo los datos del plano de perfil que fueron los siguientes:

- 1o. Su valor es en porcentaje (%).
- 2o. Son ascendentes (+) y descendentes (-).

Con estos datos hacemos la diferencia algebraica de pendientes, si resulta D negativa es una curva en columpio y si, - por lo contrario, resulta (-) es una curva en cima.

Para mayor visibilidad en la curva se consideran nomás - estaciones que resultan de la diferencia y además que sea "par" como anteriormente se explicó.

A continuación se presenta la forma de cálculo para dos de las curvas verticales que contiene este proyecto.

Datos:

PIV = 10 + 200	Elevación = 2090.00 (+)
Pendientes: - 2.33% (descendente)	cota
+ 4.85% (ascendente)	

Solución:

- Diferencia de pendientes:

$$D = 2.33 + 4.85 = 7.18$$

$$L = 8 \text{ (se considera para el cálculo } L = 10 \text{ estaciones)}$$

L + 10 x 20 metros (longitud de la curva)

PIV	10 + 200		2090.00	cotas
	-		+	
	<u>100</u>		<u>2.33</u>	
PVC	10 + 100		2092.33	

	10 + 200		2090.000	
	+		+	
	<u>100</u>		<u>4.85</u>	$K = \frac{D}{10L} = \frac{7.18}{100}$
PTV	10 + 300		2094.85	$K = 0.0718$

ESTACION	COTAS DE LA TANGENTE	d	d ²	k	Y	COTAS EN LA CURVA
PVC 10+ 100	2092.33	0	0	0.0718	0	2091.936
120	2091.864	1	1	"	0.0718	2091.936
140	2091.398	2	4	"	0.2872	2091.685
160	2090.932	3	9	"	0.6462	2091.578
180	2090.466	4	16	"	1.1488	2091.615
PIV 10+200	2090.00	5	25	"	1.7950	2091.795
220	2090.97	4	16	"	1.1488	2092.119
240	2091.94	3	9	"	0.6462	2092.586
260	2092.91	2	4	"	0.2872	2093.197
280	2093.88	1	1	"	0.718	2093.952
PTV 10+300	2094.85	0	0	"	0	2094.85

Curva II

Datos:

PIV = 10 + 640

Elevación = 2111.70

Pendientes 4.85% y 0.00% (a nivel)

Solución: D = 4.85% L = 6 (estaciones) consideremos

L = 8

PIV	10 + 640	2111.70
	<u>80</u>	<u>3.88</u>
PCV	10 + 560	2107.82
	<u>10 + 640</u>	<u>2111.70</u>
	<u>80</u>	<u>0.00</u>
	10 + 720	2111.70

$$K = \frac{D}{10L} = \frac{4.85}{80}$$

$$K = 0.0606$$

ESTACION	COTAS DE LA TANGENTE	d	d ²			PCV
10 + 560	2107.82	0	0	0.0606	0	2107.820
580	2108.79	1	1	0.0600	0.0606	2108.729
600	2109.76	2	4	"	0.2424	2109.518
620	2110.73	3	9	"	0.5454	2110.185
PIV 10 + 640	2111.70	4	16	"	0.9696	2110.730
660	2111.70	3	9	"	0.5454	2111.155
680	2111.70	2	4	"	0.2424	2111.458
700	2111.70	1	1	"	0.0606	2111.639
PTV 10 + 720	2111.70	0	0	"	0	2111.700

Los cálculos de visibilidad se realizaron con la siguiente fórmula:

$$S^2 = \frac{8 L H}{G_1 - G_2}$$

en donde:

L = Longitud de la curva en estaciones.

H = Altura del ojo del conductor y el objeto visado arriba del pavimento (generalmente igual a 1.37 mts.)

S = Distancia de visibilidad en estaciones.

G₁ - G₂ = Diferencia de pendientes.

Se calcula la visibilidad para curvas verticales en cima, como la utilizada en este estudio.

Longitud de la curva = 160 mts. = 8 (estaciones)

Altura del ojo = 1.37 mts.

Pendientes = 4.85% y 0.00%

$$S^2 = \frac{8 \times 8 \times 137}{4.85 - (-0.00)} = \frac{87.68}{4.85} = 18.67835$$

$$S = \sqrt{18.07835} = 4.251$$

$$S = 4.251 \times 20 \text{ mts.} = 85.02 \text{ mts.}$$

Otra consideración que se deberá tomar en cuenta es la visibilidad que se tenga de los vehículos que estén estacionados fuera de la curva y en una tangente a ella, para ello se tiene la siguiente fórmula:

$$S = \frac{L}{2} + \frac{4H}{G_1 - G_2}$$

$$S = \frac{8}{2} + \frac{4 \times 1.37}{4.85} = 4 + \frac{5.48}{4.85} = 5.13 = 6 \text{ estaciones}$$

La sobre-elevación se obtiene a partir de lo siguiente:

Conocidas cada una de las características de las curvas horizontales, queda abierta la posibilidad de calcular la sobre-elevación de las mismas.

Teóricamente se pueden diseñar curvas de cualquier grado para una velocidad de diseño determinada, siempre y cuando no pudiera darse la sobre-elevación excesiva, ya que originarían deslizamientos o volcaduras de los vehículos que transiten a velocidades mucho más bajas que las de diseño que se tengan en

la curva. Se limita la sobreelevación a un máximo que proporcione la seguridad a todos los vehículos, de acuerdo con las condiciones climáticas y de superficie de rodamiento.

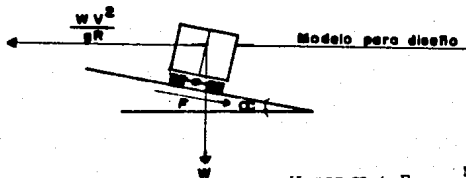
Para los caminos de primera clase la sobreelevación máxima no debe exceder de 12% y para los de tercera clase deben limitarse al 8%, únicamente las curvas de grado máximo especificado tendrán las sobreelevaciones máximas.

La sobreelevación se debe calcular por lo siguiente; esta especificación es por regla para toda clase de caminos.

La fuerza centrífuga que obra sobre un vehículo "W" y una fuerza de fricción "F".

En la figura No. 8 se muestran los elementos de la sobreelevación.

Figura 8



Donde:

W = Peso del vehículo.

V = Velocidad del vehículo.

g = Aceleración de la gravedad.

$$W \operatorname{sen} \alpha + F = \frac{NV^2}{gR} = \operatorname{cos} \alpha \quad (1)$$

R = Radio de la curva.

α = Angulo de la sobreelevación.

f = Fuerza de fricción.

Puesto que $F = f(N)$

Donde:

f = Coeficiente de fricción lateral.

N = Composición normal de W.

Por lo que $N = W \cos \alpha$, resulta:

$$F = f W \cos \alpha \quad (2)$$

Sustituyendo (2) en (1):

$$W \sin \alpha + f W \cos \alpha$$

$$\frac{W v^2}{g R} = \cos \alpha$$

Dividiendo entre $W \cos \alpha$, queda:

$$\tan \alpha + f = \frac{v^2}{gR}$$

Despejando f:

$$\tan \alpha = \frac{v^2}{g R} - f$$

Donde:

S = tangente de α ; expresando V en km/hr.

R = en metros.

g = en m/seg y siendo f y S números abstractos; se tiene:

$$S = \frac{v^2}{127 R} - f$$

Cálculo de la sobreelevación de las curvas comprendidas - en el proyecto, diseñadas para una velocidad máxima 110 km/hr. la pendiente máxima permitida es del 12% y fricción = 0.16.

$$S = \frac{v^2}{127 R} - f$$

Donde:

$$\begin{aligned} V &= 110 \text{ km/hr.}; & v^2 &= 12100 & S &= \frac{12100}{145415} - 0.16 = 0.077 \\ R &= 1145 \text{ m}; & 127 R &= 145415 & S &= 7.7\% = 8\% \\ f &= 0.16; & f &= 0.16 \end{aligned}$$

Esto nos indica la pendiente máxima que se da en la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas de alineamiento horizontal.

Otro componente importante dentro de las curvas, es la tangente de transición. Y esto no es más que el cambio de la sección normal a la sección sobreelevada, éste se ejecuta precisamente en la tangente de transición y parte de la curva, girando la sección sobre el eje de camino hasta tener una superficie plana e inclinada, con la pendiente transversal requerida (ver figuras 9 y 10 de la transición de la sobreelevación).

SECCION DE CONSTRUCCION

Una vez trazada y nivelada la línea definitiva, se procedió a sacar una sección transversal del terreno en cada estación de 20 metros y en todos aquellos puntos intermedios en los que era accidentado o presentó cambios notables con respecto a dichas estaciones, que le antecedieran o siguieran. Para

el levantamiento se procedió de igual manera que como se hizo en el seccionamiento. Estas fueron de corte o terraplén, según lo indicó el perfil en el punto correspondiente. Por ejemplo, - cuando la subrasante queda arriba del terreno natural, se tiene sección de terraplén y cuando queda abajo es sección de corte.

Se les llama secciones de construcción debido a que es un reflejo de cómo quedaría el camino cuando se construya con su bombeo (pendiente transversal del eje del camino hacia los lados o hacia el pie de la banquetta, generalmente es del 2%), - banquetas, cunetas y taludes. Las pendientes o taludes de los cortes o terraplenes, dependerán de la clase del terreno, ya que deberá dársele la inclinación de reposo natural en cada caso para evitar derrumbes.

Para el proyecto en estudio se consideraron los taludes - para cortes 0.5:1 y terraplenes de 1.5:1 (1.5 metros horizontal por uno vertical, la línea del talud fue la hipotenusa del - - triángulo). Hubo también secciones en que al mismo tiempo se - obtuvieron corte y terraplén, a ésta se le llamó sección en - balcón.

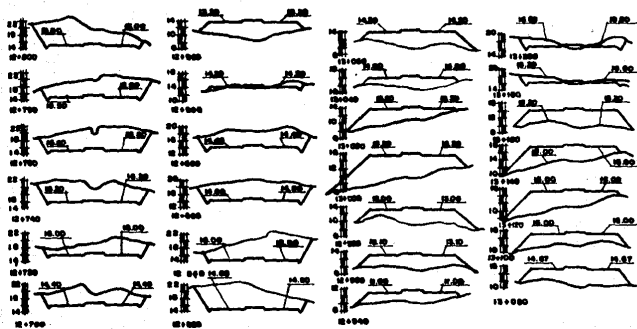
En las secciones de construcción, las definidas para corte, es decir, para encontrar la subrasante de proyecto se tuvo que retirar material. En esta sección se proyectaron las cunetas del interior y exterior del camino y éstas se proyectaron en forma triangular, siendo el lado interior la inclinación - con la proporción 1:1 y el lado exterior el talud con propor--

ción 0.5 que se trazó hasta donde "pateó" el "hombro" del talud que se formó con el terreno natural. Así se conformó la sección de construcción.

En caso de tener secciones de terraplén, o sea, rellenar con material para encontrar la subrasante, no se utilizan cunetas. Las secciones de construcción también representan el perfil transversal de la subrasante.

De esta manera se realizó la subrasante de proyecto en cada una de las estaciones, siempre con elevaciones o cotas de perfil correspondiente a la sección de construcción en estudio. Se escogieron las secciones del km. 12 + 700 al 13+200 que fueron las que mejor se acomodaron para este estudio (ver Plano No. 4).

En las figuras 11 y 12 se muestran los elementos geométricos de la sección de construcción, las secciones tipo de construcción en cuestión como fueron: corte, terraplén y balcón.



PLANO 4

**SECCIONES DE CONSTRUCCION
DEL Km. 12+700 AL Km. 13+200**

TRANSICION DE LA SOBRE ELEVACION.

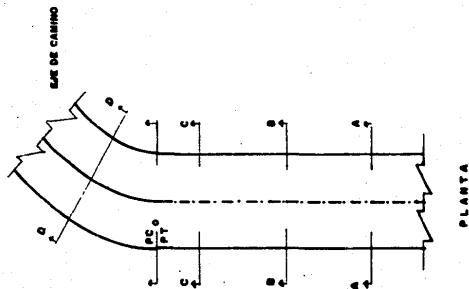
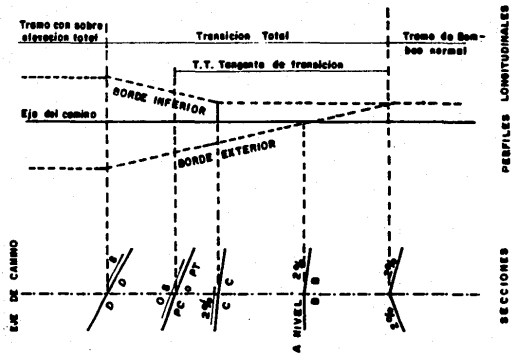


Fig. 9

TRANSICION DE LA SOBRE ELEVACION.

PERSPECTIVA.

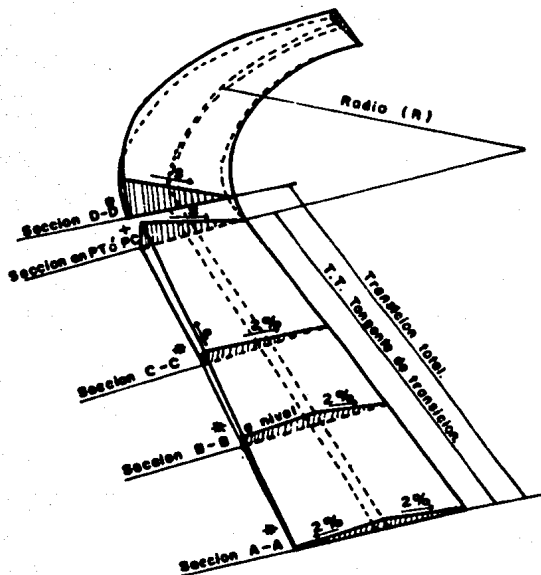


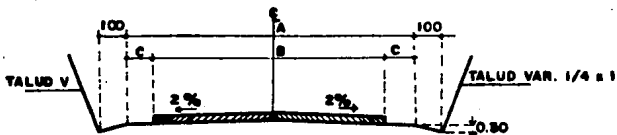
Fig. 10

P.- PENDIENTE LONGITUDINAL DEL BORDE EXTERIOR.

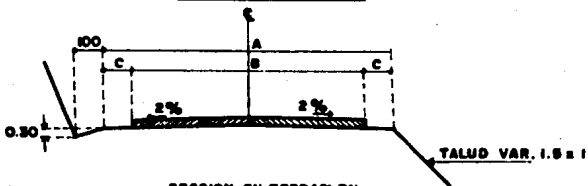
S.- SOBRE ELEVACION.

⊕.- VER FIGURA 9.

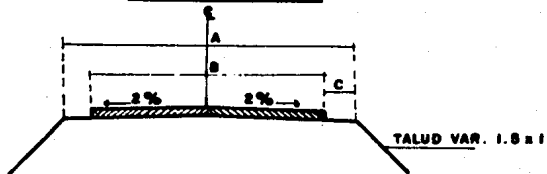
LAS SECCIONES TIPO PARA EL CAMINO DE PRIMERA CLASE SON :
SECCION EN CORTE .



SECCION EN BALCON



SECCION EN TERRAPLEN



PLANO Y ONDULADO MONTANOSO MUY ACCIDENTADO

A	6.00	7.00	6.00
B	6.00	6.00	5.50
C	1.00	0.50	0.25

FIG. 12

ESTUDIO DE DIAGRAMA DE MASAS

Cabe hacer mención que en este capítulo se presenta el estudio del diagrama de masas del Km. 12+700 al Km. 13+700; - siendo este tramo, terreno de tipo montañoso no es posible incluir en este trabajo el análisis del diagrama de masas de todo el camino, ya que resultaría muy extenso, es por ello, que solo se presenta una parte del camino.

La curva de masas es en realidad curva de volúmenes y - sirve para el movimiento de terracerías y casi siempre debe - dibujarse junto con el perfil del terreno, pues el cadenamien - to debe coincidir, debiendo comenzar el dibujo donde más con - venga.

Sus principales objetivos son compensar los volúmenes, fijar el sentido de los movimientos del material, determinar los límites del acarreo libre, calcular los sobreacarreos y - controlar los préstamos y los desperdicios.

La curva masa es la línea que une los extremos superiores de las ordenadas presentadas por las resultantes de las - sumas algebraicas sucesivas de los volúmenes de terracerías, - considerando los de cortes como positivos, los de terraplén - como negativos y las abscisas representadas por las distan - cias en unidad de estación de 20 metros, desde el origen del - proyecto de vía (como en este proyecto). En un método gráfi - co que permite determinar la distribución económica de los - volúmenes de terracerías.

Cuando el trazo está obligado, este método no es de uti - lidad puesto que sube o baja el proyecto de la subrasante pa - ra mayor economía del proyecto en cuestión.

PROPIEDADES DE LA CURVA DE MASAS:

1.- Entre los límites de un corte, la curva crece de -- izquierda a derecha y decrece cuando hay terraplén, es decir,

sube y baja respectivamente.

2.- En las estaciones donde hay camino de corte a terraplén (línea de paso), habrá un máximo y viceversa.

3.- Cualquier línea horizontal que corte a la curva, -- marcará puntos consecutivos entre los cuales habrá compensación, es decir, iguales volúmenes de corte y terraplén.

4.- Cuando la curva queda sobre la línea horizontal compensadora que se escoge para ejecutar la construcción, los -- acarreos de material se harán hacia adelante y cuando la curva quede abajo, los acarreos serán hacia atrás.

5.- La diferencia de ordenas entre dos puntos representará el volumen de terracerías dentro de la distancia comprendida entre esos dos puntos.

6.- Cuando una línea compensadora queda más abajo de la anterior, el espacio correspondiente entre los extremos de ambas líneas señala los límites de un préstamo y viceversa; -- cuando más arriba tenemos entre los extremos de ambas un desperdicio. Estos volúmenes se miden en el dibujo.

7.- El área comprendida entre la curva masa y una horizontal, cualquiera que sea, compensadora, representa el acarreo total del material entre los puntos de cruce, y da por resultado la siguiente fórmula: $A = LV$; siendo A el área, L la distancia entre los centros de gravedad y V la diferencia de ordenadas.

8.- El acarreo más económico es el que corresponde a la posición de la línea compensadora que hace mínima la suma de las áreas comprendidas entre la curva masa y la compensadora, -- es decir, si el acarreo tiene como resultado las áreas, evidentemente la posición de la distribuidora en que sea mínima la suma de áreas, es la posición que da un mínimo de acarreos.

9.- La posición de la línea compensadora es más económica, en general, es la que corta el mayor número de veces a la curva masa.

En efecto, si se coloca la curva compensadora o distribuidora arriba, el área comprendida sería muy grande. La posición mínima sería aquella en que la línea compensadora corte la curva el mayor número de veces, esto da un criterio general aunque aproximado, ya que en definitiva no solo se toman en cuenta los acarrees, sino que también se deberá calcular la diferencia entre acarreo libre y sobrecarrees.

CALCULO DE LA RASANTE Y CURVA DE MASA

Cuando la configuración topográfica está hecha con cuidado y se tiene la seguridad de que las curvas de nivel que cruzan la línea proyectada en el plano, corresponden a la topografía del terreno, se puede deducir un perfil que diferirá muy poco del que se tenga nivelando la línea del trazo definitivo. El perfil deducido es muy ventajoso, ya que permite ir modificando el proyecto en el plano antes de trazarlo en el terreno, con lo que se ahorrará mucho tiempo.

Sobre el perfil deducido, puede proyectarse y calcularse una rasante, estudiarla definitivamente y aún calcular un diagrama de masas en forma rápida para volver a afinar el proyecto, hasta que pueda considerarse como definitivo y proceder a su trazo en el terreno.

Como ya se sabe, el cálculo de la rasante se calcula en el plano de perfil, aunque en realidad no es un cálculo, sino un proyecto. La palabra rasante del camino es la superficie de rodamiento o el piso terminado en cualquier otro tipo de pavimentación (concreto hidráulico y cinta asfáltica).

Para poder proyectar la rasante es preciso dibujar primero el perfil de la línea definitiva y las secciones de --

construcción (ver capítulo VII PROYECTO DEFINITIVO).

La rasante, que más bien se le debe designar subrasante, es la superficie de terracería o perfil del terreno preparado para recibir el pavimento y en algunos casos la base y sub-base. Al ser utilizadas sobre terrenos pantanosos, deberán dejarse al nivel de terracerías hasta la subrasante para llegar a la rasante, quedando ésta 65 ó 70 centímetros abajo. Se dividen de la siguiente manera: 15 centímetros de sub-base en grosos de 20 centímetros cada uno, compactadas al 95% como mínimo, las líneas rectas o tangentes se dan en porcentajes - llamados pendientes, que son las que corresponden al tipo de camino y se proyectarán al décimo, excepto en los casos en que igualdades, ligas o cualquier otro motivo, obliguen a calcular pendientes fraccionarias que se requieran para dar la diferencia entre los puntos obligados del proyecto. La línea planeada para la subrasante, compensará lo más posible a los cortes con los terraplenes en el sentido longitudinal y aún - transversal, cuando se aloja en una ladera que permita su compensación. Esto a fin de restituir los movimientos de tierra.

Para el cálculo de la curva masa, se requirió una secuela que correspondiera al proceso indicado, y que se resumió - como sigue:

1.- Se proyectó la subrasante sobre el perfil del terreno correspondiente al trazo definitivo.

2.- Se determinaron los espesores en corte o en terra-plén, para cada estación.

3.- Se dibujaron las secciones de construcción.

4.- En las secciones de construcción, se dibujó la plantilla del corte o del terraplen, con los taludes correspon- - dientes. En los terraplenes se consideró el espesor abundado

a juicio del ingeniero si así procedía.

5.- Se calcularon las áreas.

6.- Se calcularon los volúmenes, abundando los cortes - según la clasificación del material.

7.- Se sumaron los volúmenes, considerando signo positivo (+) a los cortes y negativo (-) a los terraplenes.

8.- Se dibujó la curva obtenido con los valores anteriores en papel milimétrico como se acostumbra y debido a que el cadenamiento debía coincidir, se desarrolló sobre el plano - el perfil del proyecto.

Entre estaciones consecutivas se subió si resultó corte (+) y se bajó cuando resultó terrapién (-). Como era una - gráfica acumulativa, se marcó el volumen a partir del antepenúltimo punto. Una vez que se realizaron las cubicaciones, - se construyó la curva masa, como se puede contemplar en el modelo de registro para la construcción de la misma, en donde - en la primera columna se definen las estaciones de donde se tomaron las secciones. En general, fueron estaciones de 20 - metros pero esto no fué regla absoluta, ya que hubo necesidad de tomar secciones con mayor frecuencia, cuando el terreno se presentó muy quebrado, ubicándolas cada 40 o 60 metros.

En la segunda columna "Elevaciones del terreno", se anotó la obtención del perfil. La tercera columna fué para la elevación o cota de la subrasante, es decir, la elevación - que le correspondió al perfil levantado. Como ya se han proyectado las pendientes y las curvas verticales, se conocía ya la cota de cada punto de las subrasantes (cada 20 metros).

En la cuarta y quinta columnas se anotaron las diferencias entre las elevaciones del terreno y las subrasantes, pu-

diendo resultar un corte o un terraplén, ya fuera que la línea de la subrasante quedará arriba o abajo respectivamente.- En las columnas sexta y séptima, se anotaron las áreas (corte y terraplen), correspondientes a cada estación.

Las siguientes dos columnas se utilizaron para sumas de áreas ($A_1 + A_2$) para corte y terraplén.

Después viene la columna correspondiente a la semidistancia, luego la de los volúmenes que se obtuvieron multiplicando el área media con la semidistancia. Sigue la del coeficiente de abundamiento (%), que se obtuvo a partir del peso volumétrico seco (PVS), el peso volumétrico seco máximo (PVSM), y el grado de humedad (GC), que dió por resultado las siguientes fórmula:

$$F = \frac{PVS \text{ (Kg/m}^3\text{)}}{PVSM \text{ (Kg/m}^3\text{)}} \cdot GC \text{ (\%)} = (\%)$$

Para este proyecto el factor de abundamiento fue:

Datos:

$$PVS = 1060 \text{ Kg/ m}^3$$

$$PVSM = 1490 \text{ "}$$

$$GC = 95 \%$$

$$F = \frac{1060}{1490 (0.95)} = 0.75$$

$$\frac{1}{0.75} = 1.33 \text{ (factor que afecta al corte).}$$

Coefficiente de abundamiento = 30%

Con el volumen de corte multiplicado por el factor de abundamiento se obtuvieron los volúmenes correspondientes. -- Claro que unicamente afectó al corte. En los volúmenes de --

terraplén pasó lo mismo.

Luego se realizó la suma algebraica de volúmenes abunda dos tanto para corte como para terraplén y por último la orde nada de la curva que nos sirvió para ir localizando los pun-- tos por estación de la curva masa (ver dibujo No. 6). Una- vez terminada la tabla para determinar el diagrama de una cur va masa, se hizo notar que se patió de un volúmen arbitrario- que se determinó era el adecuado para no tener un volumen ne- gativo. Por ejemplo para el proyecto del camino se empezó con 5000 m³ y se terminó con el volumen de 2784 m³. Aclarando que nadamás es el tramo que se utilizó para el propósito de este - estudio.

Para dibujar dicha curva, es común llevarlo a cabo jun- to con el perfil del terreno natural, (ver plano 5), pero en- este caso se dibujo independientemente.

En sentido horizontal, en la parte inferior se realizó- un registro con las estaciones, cotas del terreno natural, co- tas de la subrasante y la ordenada de la curva masa en metros- cúbicos para cada estación, sacados del registro de la curva- de masa.

En la escala vertical, en metros cúbicos (un centímetro = 2000 metros cuadrados). Luego se van localizando los pun- tos de cada estación con su volumen correspondiente, los cua- les se unen para dar por resultado la curva masa.

LIMITACIONES DEL ACARREO Y SOBRECAREO

Este término es un factor económico en cada cresta o -- columbia del diagrama de masas, se traza una línea horizontal que tenga la longitud del acarreo libre. Suponiendo que esta longitud del acarreo libre sea de 60 metros, puede ser hasta- de 100 metros.

En general, la distancia de acarreo libre oscila entre-

tres y cinco estaciones de 20 metros. Se expresa en estaciones y a estas se le llama distancias de acarreo libre, en las que el contratista acepta que no se le pague nada.

Los materiales se pueden clasificar de la siguiente forma:

Material tipo I (blando).- Se le clasifica como poco o nada cementado y es el que puede ser manejado eficientemente sin ayuda de maquinaria alguna (aunque en algunos casos se llegue a utilizar para obtener mayores rendimientos). Se considera como material I, a los suelos agrícolas, a los limos, a las arenas y a cualquier material blando.

Material tipo II (medio).- Es el que por sus características sólo puede ser excavado y cargado eficientemente con maquinaria, entrando en esta clasificación las rocas muy alteradas y los conglomerados medianamente cementados.

Material tipo III (duro).- Es el que sólo puede ser excavado mediante el empleo de los explosivos. Los materiales considerados dentro de esta clasificación son: Las rocas basálticas, las areniscas y los conglomerados fuertemente cementados.

Estos tipos de material, son los que determinan el acarreo libre y el empleo de maquinaria, por ejemplo, donde se tiene material suelto (tipo I) que se mueve con pico, pala y carretilla; es claro que haciéndolo a mano, la distancia de acarreo libre será corta por lo tanto no se paga.

Una vez dibujada la línea de 60 metros de longitud en cresta o columpio se bajan o se suben las referencias, según sea el caso para cada uno de estos puntos del perfil del terreno. También se tendrán los límites de los cortes y de los terraplenes dentro del acarreo libre.

Los volúmenes son las diferencias de ordenadas. Cualquiera cresta o columpio que sea tan pequeño que no pueda responder a la longitud de acarreo libre, queda por lo tanto dentro de este y en consecuencia no se paga su acarreo.

Sobre-acarreo.

Para poder determinar la distancia media de sobre-acarreo, se divide por la mitad la ordenada comprendida entre la línea de compensación y la línea de acarreo libre; por el punto medio se traza una horizontal que estará limitada en sus extremos por la curva del diagrama. Se mide la longitud de esta horizontal y se le resta la longitud del acarreo libre; la resultante es la distancia del sobre-acarreo.

Por razones de importancia se profundizará un poco más en el tema de préstamo y desperdicios.

Préstamo.- Es el material que se necesita para contemplar un terraplén.

Desperdicios.- Es el material que sobra de una excavación, este puede servir para préstamo.

Si el ingeniero ha adquirido suficiente práctica y estima correctamente de antemano los abundamientos de los materiales y así también supone con acierto la compactación que se obtenga en los terraplenes, se observará que el diagrama de masa si cumple durante la construcción condiciones supuestas de antemano. Sucede por lo tanto que en algunas ocasiones en que los volúmenes de los cortes son insuficientes, el ingeniero autoriza préstamos, cuando se haya agotado el material de corte. Pudiera suceder por lo contrario, que se obtuvieran desperdicios, lo cual no se le tolera, a menos que circunstancias especiales de la topografía obliguen a ello, es decir, es recomendable que falte material que se solucionará con el banco de préstamo y no que haya desperdicios muy fuertes. En este caso será necesario modificar el proyecto (para este pro

yecto no fue necesario), de la subrasante, si es que los desperdicios se presentan como sistema.

Si en términos generales el diagrama de masas falla, debe recalcularse modificando los coeficientes de abundamiento, de acuerdo con la experiencia tenida y proyectar nuevas líneas de compensación.

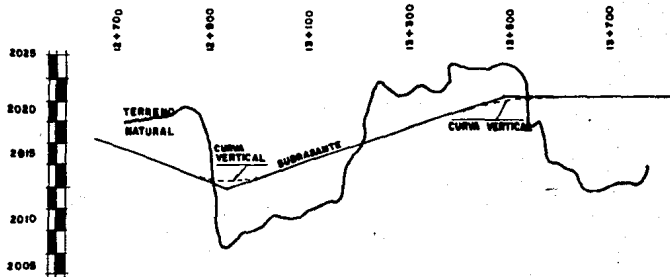
En resumen, los sobreacarreos se miden en:

UNIDAD	DISTANCIAS	EQUIPO
Metros ³	0 a 120 Mts.	Tractor
Hectómetro ³	120 a 520 Mts.	Motoescrepa
Kilómetro ³	520 en adelante	Camiones

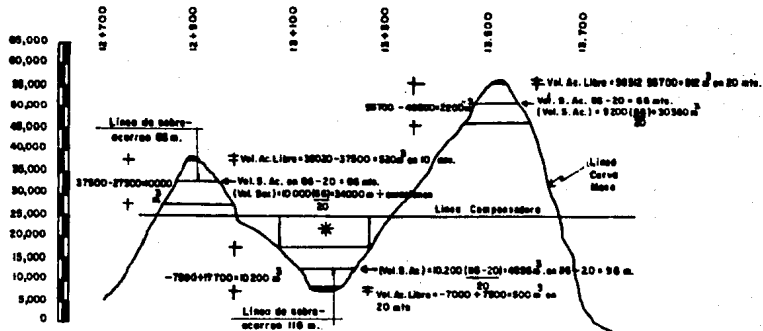
De lo anteriormente visto se deduce que el conocimiento de la gráfica curva-masa, sirve para:

- 1.- Compensar movimientos de terracerías.
- 2.- Conocer las distancias de acarreos, los volúmenes de acarreo libre, los volúmenes de corte y terraplén, si se necesitan préstamos y el método adecuado para atacar los movimientos de tierra.
- 3.- Saber si hay desperdicios.
- 4.- Poder cuantificar un trabajo (presupuesto).
- 5.- Elegir el equipo adecuado en función a la distancia.

En la plantilla No. VIII.1 se contempla el registro de la curva masa, así como el diagrama de la misma en el plano - No. 6



Elevación	Travesa Horizontal	Secciones
17+200	2015.08	2016.80
17+220	2016.70	2016.50
17+240	2018.30	2016.20
17+260	2019.75	2015.90
17+278	2019.41	2015.60
17+300	2019.51	2015.30
17+320	2020.00	2015.00
17+340	2020.49	2014.60
17+360	2020.80	2014.40
17+380	2021.44	2014.10
17+400	2022.61	2013.60
17+420	2023.55	2013.55
17+440	2024.47	2013.42
17+460	2024.75	2013.38
17+480	2025.00	2013.47
17+500	2025.50	2013.76
17+520	2026.00	2013.86
17+540	2026.00	2013.12
17+560	2026.51	2013.67
17+580	2027.40	2013.03
17+600	2028.10	2012.38
17+620	2028.50	2012.70
17+640	2029.30	2012.02
17+660	2029.79	2011.44
17+680	2030.30	2010.90
17+700	2031.15	2010.15
17+720	2032.20	2009.51
17+740	2033.00	2008.86
17+760	2033.18	2008.21
17+780	2033.52	2007.51
17+800	2033.22	2006.92
17+820	2032.31	2006.27
17+840	2031.61	2005.63
17+860	2031.12	2004.98
17+880	2030.00	2004.28
17+900	2029.00	2003.65
17+920	2028.00	2003.00
17+940	2027.30	2002.30
17+960	2026.80	2001.60
17+980	2026.30	2001.00
18+000	2025.80	2000.40
18+020	2025.30	2000.00
18+040	2024.80	1999.40
18+060	2024.30	1998.80
18+080	2023.80	1998.20
18+100	2023.30	1997.60
18+120	2022.80	1997.00
18+140	2022.30	1996.40
18+160	2021.80	1995.80
18+180	2021.30	1995.20
18+200	2020.80	1994.60
18+220	2020.30	1994.00
18+240	2019.80	1993.40
18+260	2019.30	1992.80
18+280	2018.80	1992.20
18+300	2018.30	1991.60
18+320	2017.80	1991.00
18+340	2017.30	1990.40
18+360	2016.80	1989.80
18+380	2016.30	1989.20
18+400	2015.80	1988.60
18+420	2015.30	1988.00
18+440	2014.80	1987.40
18+460	2014.30	1986.80
18+480	2013.80	1986.20
18+500	2013.30	1985.60
18+520	2012.80	1985.00
18+540	2012.30	1984.40
18+560	2011.80	1983.80
18+580	2011.30	1983.20
18+600	2010.80	1982.60
18+620	2010.30	1982.00
18+640	2009.80	1981.40
18+660	2009.30	1980.80
18+680	2008.80	1980.20
18+700	2008.30	1979.60



CANTON		CANTON		CANTON		CANTON	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13
1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17
1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22
1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24
1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28
1.29	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29
1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34
1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37
1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39
1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42
1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43
1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44
1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47
1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48
1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49
1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50

Sobrescorras mayor vol. = 29 000 - 17 700 = 7300 m³
 Sobrescorras menor = 7300 (124 - 20) = 22462 m³
 (base superior)

PLANO 6

REGISTRO DEL DIAGRAMA DE MASA
Fm 12 + 700 AL Fm 13 + 700

ESTACION	PUNTO DE PARTIDA		RESERVA		MUESTRA		CANT. DE MUESTRA			TIEMPO		COP. DE ARD.		VOLTAJES CORR.	MANTENIM. TERRAZO	SING. ALG. U.S.C. ARD.	ORDENADA
	N.º	SEÑAL	COMPR.	TERRAZO	COMPR.	TERRAZO	COMPR.	TERRAZO	COMPR.	TERRAZO	C	T					
N.º 12 + 700	2019.08	2016.80	2.28		100.00												5.000'
12 + 720	2018.70	2016.50	2.20		88.00		184.00		10.00	1840.00	1.3		3387.00		2392.00		7.392'
12 + 740	2016.80	2016.20	2.70		168.00		252.00		10.00	3530.00	1.3		3276.00		3276.00		10.668'
12 + 760	2015.25	2015.90	1.35		240.00		308.00		10.00	3980.00	1.3		4004.00		4004.00		14.672'
12 + 780	2019.41	2015.60	3.81		360.00		338.00		10.00	3200.00	1.3		3100.00		3100.00		18.572'
12 + 800	2018.51	2015.30	4.21		360.00		338.00		10.00	3200.00	1.3		4169.00		4169.00		22.732'
12 + 820	2016.01	2015.00	5.00		336.00		346.00		10.00	3860.00	1.3		4492.00		4492.00		27.232'
12 + 840	2019.79	2014.60	6.09		376.00		352.00		10.00	3620.00	1.3		4706.00		4706.00		31.932'
12 + 860	2019.48	2014.10	6.40		344.00		320.00		10.00	3400.00	1.3		4480.00		4480.00		36.028'
12 + 880	2018.18	2014.10	6.40		344.00	10.00	332.00	10.00	10.00	3500.00	1.3		4376.00	100.00	4376.00		37.928'
12 + 900	2008.43	2013.20	5.37		328.00		328.00		10.00	3380.00	1.3		4104.00		4104.00		36.696'
12 + 920	2017.67	2013.25	5.28		336.00		324.00		10.00	3340.00	1.3		4210.00		4210.00		38.456'
12 + 940	2014.41	2013.40	8.95		312.00		328.00		10.00	3280.00	1.3		4226.00		4226.00		38.176'
12 + 960	2009.75	2013.19	4.64		318.00		320.00		10.00	3600.00	1.3		4600.00		4600.00		42.576'
12 + 980	2009.00	2013.47	4.47		232.00		360.00		10.00	3600.00	1.3		3600.00		3600.00		25.276'
13 + 000	2010.30	2013.76	3.46		356.00		328.00		10.00	3280.00	1.3		3280.00		3280.00		22.696'
13 + 020	2010.50	2013.95	3.45		356.00		356.00		10.00	3560.00	1.3		3560.00		3560.00		28.616'
13 + 040	2010.00	2014.32	4.32		308.00		348.00		10.00	3680.00	1.3		3680.00		3680.00		17.736'
13 + 060	2010.51	2014.67	4.16		304.00		342.00		10.00	3720.00	1.3		3720.00		3720.00		15.616'
13 + 080	2011.20	2015.03	3.83		318.00		342.00		10.00	3720.00	1.3		3720.00		3720.00		13.496'
13 + 100	2011.30	2015.39	4.08		322.00		344.00		10.00	3760.00	1.3		3760.00		3760.00		11.056'
13 + 120	2011.50	2015.70	4.20		320.00		342.00		10.00	3720.00	1.3		3720.00		3720.00		8.576'
13 + 140	2011.50	2016.09	4.59		316.00		336.00		10.00	3760.00	1.3		3760.00		3760.00		6.216'
13 + 160	2011.79	2016.44	4.65	20.00	4.00	20.00	320.00	10.00	200.00	3700.00	1.3		280.00	1200.00	940.00	5.276'	
13 + 180	2016.30	2016.80	0.50		36.00	7.00	36.00	6.00	10.00	360.00	1.3		728.00	65.00	668.00	0.924'	
13 + 200	2014.71	2017.15	2.44		88.00		170.00	7.00	10.00	1300.00	2.0	1.3	1560.00	23.00	1540.00	7.404'	
13 + 220	2012.40	2017.51	4.69		124.00		212.00		10.00	2120.00	2.0	1.3	2756.00		2756.00	10.240'	
13 + 240	2012.00	2017.95	4.14		96.00		224.00		10.00	2000.00	1.3		2012.00		2012.00	13.152'	
13 + 260	2011.18	2018.21	3.97		138.00		224.00		10.00	2240.00	1.3		2324.00		2324.00	16.064'	
13 + 280	2012.25	2018.51	3.10		136.00		264.00		10.00	2840.00	1.3		3432.00		3432.00	19.608'	
13 + 300	2011.21	2018.92	2.30		100.00		236.00		10.00	2360.00	1.3		3058.00		3058.00	22.564'	
13 + 320	2012.31	2019.27	3.06		100.00		200.00		10.00	2000.00	1.3		2600.00		2600.00	25.168'	
13 + 340	2011.63	2018.43	2.00		92.00		192.00		10.00	1920.00	1.3		2496.00		2496.00	27.460'	
13 + 360	2011.42	2018.98	1.44		96.00		188.00		10.00	1880.00	1.3		2444.00		2444.00	30.104'	
13 + 380	2014.00	2020.34	3.66		160.00		256.00		10.00	2560.00	1.3		3328.00		3328.00	33.432'	
13 + 400	2014.00	2020.69	3.21		150.00		318.00		10.00	3180.00	1.3		4096.00		4096.00	37.488'	
13 + 420	2014.00	2021.00	3.00		136.00		228.00		10.00	2280.00	1.3		2864.00		2864.00	40.432'	
13 + 440	2014.50	2021.22	3.28		168.00		184.00		10.00	1840.00	1.3		2392.00		2392.00	42.848'	
13 + 460	2015.00	2021.30	3.64		172.00		260.00		10.00	2600.00	1.3		3380.00		3380.00	45.272'	
13 + 480	2014.90	2021.40	3.60		180.00		232.00		10.00	2320.00	1.3		3236.00		3236.00	50.020'	
13 + 500	2014.80	2021.40	3.40		184.00		204.00		10.00	2040.00	1.3		2480.00		2480.00	53.972'	
13 + 520	2013.30	2021.40	2.40		136.00	164.00	136.00	10.00	1640.00	1360.00	1.3		2132.00	1360.00	1772.00	55.744'	
13 + 540	2014.30	2021.40	3.40		104.00		140.00	10.00	1400.00	1400.00	1.3		1900.00	1400.00	1400.00	58.248'	
13 + 560	2014.16	2021.40	3.24		108.00		110.00	10.00	1100.00	1100.00	1.3		1500.00	1100.00	1100.00	62.424'	
13 + 580	2014.70	2021.40	6.70		112.00		140.00	10.00	1400.00	1400.00	1.3		1900.00	1400.00	1400.00	68.872'	
13 + 600	2014.50	2021.80	6.90		124.00		356.00	10.00	3560.00	3560.00	1.3		4560.00		4560.00	83.264'	
13 + 620	2014.30	2021.80	7.70		160.00		444.00	10.00	4440.00	4440.00	1.3		5880.00		5880.00	96.424'	
13 + 640	2013.00	2021.40	8.40		600.00		700.00	10.00	7000.00	7000.00	1.3		7600.00		7600.00	128.632'	
13 + 660	2012.80	2021.40	8.80		616.00		876.00	10.00	8760.00	8760.00	1.3		8760.00		8760.00	200.064'	
13 + 680	2013.00	2021.40	8.40		796.00		872.00	10.00	8720.00	8720.00	1.3		8720.00		8720.00	111.314'	
13 + 700	2013.00	2021.40	8.40		860.00		856.00	10.00	8560.00	8560.00	1.3		8560.00		8560.00	2.784'	
VOLTAJES TOTALES en V																	
B3440.00 B3937.00																	

IX.- CONCLUSIONES

Para finalizar este trabajo, y a manera de conclusiones a continuación se citan los resultados obtenidos en el análisis socioeconómico, expresado como ventajas y desventajas de cada una de las alternativas consideradas, desde los puntos de vista físicos, económico y social, lo que permite pronunciarse por una de ellas como la mejor solución para resolver el problema de congestión al que se enfrentará el usario de la carretera Puebla-Atlixco.

Por otra parte, se mencionan brevemente algunos aspectos relacionados con el proyecto geométrico de carreteras, que son el resultado de haber revisado los métodos posibles de emplearse en ese tipo de trabajo.

- 1) Se definieron tres alternativas: La primera consistió en ampliar la carretera actual, la segunda consistió en la construcción de un cuerpo paralelo al existente para operar como camino de cuota y la tercera consistió en la construcción de un nuevo camino de 4 carriles, el cual también operará como camino de cuota.
- 2) De las tres alternativas se consideraron las dos últimas ya que la primera quedó fuera de posibilidades ya que sus dimensiones geométricas son las máximas que puede tener un camino de este tipo, según el

"Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras". Las dos alternativas consideradas cuentan con características propias, pero son excluyentes y lógicamente -- una de ellas debe ser la más conveniente. En lo que corresponde a longitud, existe como desventaja para la segunda alternativa un recorrido mayor de 26 Km.- dando como resultado un mayor costo total de operación de los vehículos y un mayor tiempo de recorrido.

Por lo que toca a las características geométricas e independientemente de que una sería de dos carriles- y la otra de cuatro, entre las dos alternativas prácticamente no existirán grandes diferencias, ya que - la primera sería un camino tipo "A", es decir, aquel al que corresponden altas especificaciones y la segunda tendrá también las máximas especificaciones en sus cuatro carriles, pero naturalmente cada una de ellas con su correspondiente volumen de tránsito que resulta ser de:

Alternativa 2: 9157 Vph.

Alternativa 3: 6025 Vph.

Se ha estimado que estos volúmenes tendrán un crecimiento del 5% anual en ambos casos.

Estas dos alternativas tuvieron como punto de comparación una alternativa que sería dejar en las mismas condiciones la ruta existente, pero además se compararon entre sí.

3) El costo estimado de cada una de las alternativas también favorece a la alternativa 3, ya que el costo de \$ 475'8 - por Km. mientras que la segunda alternativa es de \$ 463'4 por Km., se puede decir que dichos costos son semejantes- pero existe la desventaja para la alternativa 2, de que - para su construcción de este cuerpo se requiere una mayor

inversión en el derecho de vía por el alto costo de los terrenos y posiblemente la construcción de dos pasos a desniveles adicionales, representando un incremento en el costo total de \$ 213'0 por Km. mientras que en la alternativa 3, el camino se construirá paralelo al camino actual y dentro del derecho de vía del mismo camino.

Como podemos ver la diferencia de costo es muy marcada entre las dos alternativas, por lo que podemos concluir que se elige como proyecto de la construcción del camino de -- cuatro carriles paralelo al existente, el cual operará como camino de cuota (alternativa 3).

- 4) Al construir una nueva ruta será posible propiciar el desarrollo de una nueva zona, lo que permitirá generar empleos nuevos en la misma, aumentar la producción, propiciar desarrollos turísticos, entre otras actividades productivas - que se podrían desarrollar en la zona.
- 5) En lo que respecta al procedimiento fotogramétrico, en - - nuestro país desde hacia tiempo se había intentado obtener una automatización en los diversos trabajos que se realizan para elaborar un proyecto de una vía terrestre, estos esfuerzos empezaron a dar fruto allá por los años 60s., cuando se introduce por primera vez, para la realización de algunas etapas del proyecto, dos técnicas relativamente desconocidas en esos años: la fotogrametría y el cómputo electrónico.

Las principales ventajas que se tienen con la aplicación de estas dos técnicas en la elaboración de los proyectos de carreteras o ferrocarriles pueden resumirse en las siguientes:

- a).- Los levantamientos fotogramétricos son lo suficientemente amplios y controlables, que podemos darnos cuenta, al disponer de una amplia zona fotográfica

da de las distintas posibilidades que hay para la localización de una vía de comunicación terrestre. Cosa que era prácticamente imposible con los levantamientos realizados a base de la topografía tradicional, ya que estos suelen ser muy reducidos debido al alto costo y a las condiciones de trabajo en que se llevan a cabo.

- b).- La fotogrametría nos "lleva" el terreno al gabinete, permitiendo así sus análisis en condiciones más favorables y ventajosas.
- c).- La variación es la altura de vuelo, permite obtener imágenes con gran riqueza de detalles, el que obtiene esta información en el campo siempre observa escala 1:1.
- d).- En los levantamientos fotogramétricos, el trabajo de campo se reduce al mínimo, abatiendo con esto el costo de los proyectos, así como el tiempo de su ejecución.
- e).- En los planos restituidos fotogramétricamente se presenta una gran riqueza de información tanto altimétrica como planimétrica, con una simbología tal que el proyectista tiene un panorama general del terreno sobre el cual se realizarán los estudios necesarios para la ejecución del proyecto.

Como se puede ver, con el uso de las fotografías aéreas, así como de los planos restituidos fotogramétricamente, se puede escoger sin lugar a dudas, la ruta más ventajosa para nuestro proyecto, evitando con ello el tener que "meterlo con calzador" como frecuentemente ocurre cuando se recurre a métodos tradicionales.

Gracias al cómputo electrónico se releva al proyectista

de los cálculos rutinarios y tediosos, permitiéndole así dedicar más tiempo a los conceptos de criterio, lo que redundará en la optimización del proyecto.

Ahora, si estimamos la ventaja del cálculo electrónico en la elaboración del proyecto definitivo, llegamos al siguiente balance:

- a).- Se elimina el dibujo tanto de las secciones transversales, secciones de construcción, perfil longitudinal, así como la ordenada de la curva masa.
- b).- Se elimina la medición de las áreas con planimetro, operación muy laboriosa, tardada y costosa, así como el factor humano que es fuente de error.
- c).- La rapidez y el bajo costo del proceso electrónico permite fácilmente hacer los tanteos necesarios de subrasante hasta encontrar la posición de la compensadora económica y así poder definir el proyecto definitivo de la rasante.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Censo Agrícola, Ganadero y Ejidal del Edo. de Puebla
INEGI 1970.
- 2.- Censo Agrícola, Ganadero y Ejidal del Edo. de Puebla
INEGI 1980.
- 3.- Censo de Población del Edo. de Puebla
INEGI 1980.
- 4.- Pautas para la evaluación de proyectos
Naciones Unidas, (1972)
- 5.- Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras
S.C.T. 1977
- 6.- Identificación de vehículos tipo, su vida útil y su
Evolución a fin de determinar costos de operación y
de accidentes de vehículos.
S.C.T. (1987)
- 7.- "Topografía General" Ing. Daniel Montes de Oca
2a. Edición. Representaciones y Servicios de Ingeniería.
- 8.- La fotogrametría en el proyecto de vías terrestres
Ing. Bulmaro Cabrera Ruiz
- 9.- Fotogrametría (Tesis Profesional)
Jorge Caire Lomeli 1985
- 10.- Evaluación de Proyectos (Tesis Profesional)
Jose Luis Madrid Franco 1980.