

134
2 Epm.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

**“METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE INTERSECCIONES
A DESNIVEL, CON APLICACION PRACTICA A UN
CRUCERO ESPECIFICO”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
EDGAR ORTEGA FLORES

MEXICO, D.F.

1985



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

I N D I C E.

	Página.
PRCLOGO	8
CAPITULO.	
I INTRODUCCION.	10
II DATOS BASICOS PARA EL DISEÑO.	
1 Datos físicos.	
A) Situación del crucero.	12
B) Inventario de usos del suelo.	12
C) Características geométricas de los caminos.	14
2 Datos del tránsito.	
A) Definiciones.	17
B) Elección del lugar para estudio.	18
C) Duración del estudio.	19
D) Clasificación de los vehículos.	19
E) Pronóstico del tránsito.	19
III DISEÑO DE ANTEPROYECTOS DE LAS ALTERNATIVAS.	
1 Preparación de esquemas de estudio.	26
2 Análisis de esquemas y selección de alternativas de solución.	35
3 Preparación de anteproyectos de las alternativas de solución.	38
IV EVALUACION DE ALTERNATIVAS.	
1 Evaluación de características geométricas y operacionales.	
A) Adaptabilidad.	47

	Página.
B) Accesibilidad.	48
C) Características geométricas.	49
D) Capacidad.	51
E) Características operacionales.	71
F) Mantenimiento del tránsito durante la construcción.	72
2 Análisis económico.	73
A) Costos de construcción.	74
B) Costos de conservación y mantenimiento.	77
C) Costos de los usuarios.	78
a) Costos de operación.	78
b) Costos por demoras.	83
c) Costos por accidentes.	84
D) Cálculo de los costos uniformes anuales equivalentes y la relación B/C de las alternativas de solución.	86
a) Costo uniforme anual de mejoramiento "I".	86
b) Costo uniforme anual de conservación y mantenimiento "K".	87
c) Costo uniforme anual de los usuarios "U".	89
d) Relación beneficio/costo.	90
3 Análisis y evaluación conjunta y obtención de la solución.	91
V PROYECTO DEFINITIVO.	
1 Planta general de trazo geométrico.	95
2 Planta de señalamiento.	96
Conclusiones.	97
BIBLIOGRAFIA.	98

P R O L O G O .

Uno de los momentos más importantes en el desarrollo de todo profesionista, es quizá el primer contacto con alguna actividad relacionada con su carrera, dándole una visión más clara de la problemática a la que se va a enfrentar en la práctica profesional. Mi primer contacto con una actividad de la ingeniería fuera del ámbito de la universidad fue en la Dirección de Ingeniería de Tránsito de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. Lo que motivó mi interés por esta materia poco conocida en México, pero no por eso menos importante que otras actividades de la ingeniería. Los escasos textos disponibles en español y la falta de información acerca de la materia, hacen aun más difícil su conocimiento y muchas veces se llega a ignorar dando por resultado que algunas obras de ingeniería no satisfagan las necesidades que las originan. Por lo que los objetivos de esta exposición son, primero de presentarla a su consideración como tesis para obtener el título de Ingeniero Civil y segundo para ayudar a difundir esta materia.

Por otra parte el procedimiento propuesto no forma parte de las normas o especificaciones de diseño, pero es de gran ayuda en la práctica del mismo. En general el procedimiento es aplicable tanto para intersecciones importantes así como en entronques pequeños, para éstos el procedimiento puede ser simplificado dando como resultado ahorro en tiempo y costos, conveniente para el proyecto.

CAPITULO I

INTRODUCCION.

INTRODUCCION.

Dado el crecimiento continuo de la población de Guadalajara y su área metropolitana, es necesario contar con los servicios públicos indispensables y que en materia de transporte deberá ser un sistema vial lógico, claro y evolutivo, que a la vez responda a un sistema vial regional, donde exista la posibilidad de que el tránsito carretero se integre al de la ciudad y viceversa en forma segura y eficiente. Dentro de estas consideraciones, la red vial sufre una continua transformación para adecuarse a las necesidades del tránsito, originando numerosos planes que deben ser elaborados e implementados, mediante estrategias y metodologías para lograr los objetivos, y resolver eficazmente los problemas.

Particularizando en problemas específicos el entronque "El Salto" sobre la carretera Guadalajara-Chapala, presenta características físicas y de operación tales que la demanda registrada acusa la necesidad de transformación y adecuación para satisfacerla en mejores condiciones. El entronque es liga importante entre zonas de gran actividad industrial, comercial y recreativa de esta ciudad.

CAPITULO II

DATOS BASICOS PARA EL DISEÑO.

1. DATOS FISICOS.

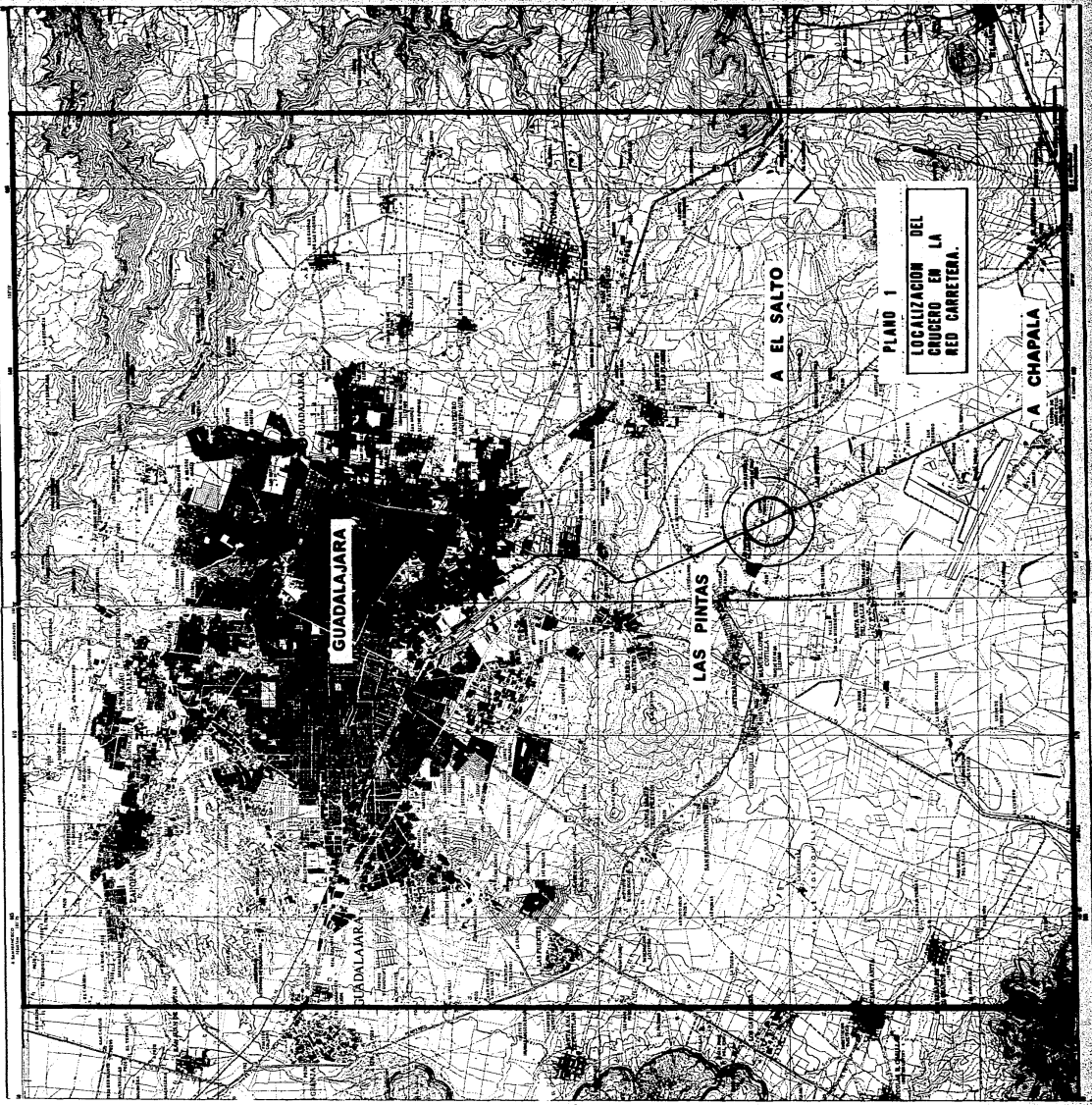
A. Situación del crucero.

La intersección está ubicada sobre la carretera Guadalajara-Jocotepec en el tramo Guadalajara-Chapala a la altura del km. 6+790 con origen en la ciudad de Guadalajara, Jal. Sobre la carretera troncal y hacia el NO se encuentra la ciudad de Guadalajara, hacia el SE se localizan el aeropuerto así como los entronques a las poblaciones de El Salto, La Calera, La Barca, Ixtlahuacan y Chapala.

Actualmente el crucero une con la carretera hacia el Este, la población de El Salto así como instalaciones de la C.F.E. y de PEMEX, y hacia el Oeste la población de Las Pintas. Ver. plano 1.

B. Inventario de usos del suelo.

Los terrenos adyacentes a la intersección son predios baldíos particulares sin construir con excepción del predio ubicado al NO en el cual se localiza el parque nacional Roberto Montenegro, donde están construidos un museo y algunas obras de Ornato. También existen diferentes instalaciones de servicios, paralelas en ambos lados de los caminos.



GUADALAJARA

LAS PINTAS

A EL SALTO

A CHAPALA

PLANO 1
LOCALIZACION DEL
CRUCEO EN LA
RED CARRETERA.

C. Características geométricas de los caminos.

Los caminos se clasifican tomando como base las normas adoptadas por la S.A.H.O.P., en función a sus características -- geométricas, y que los caminos objeto de estudio presentan -- las siguientes:

Carretera: Guadalajara-Chapala.

Tipo de camino: A (con más de 3000 veh/día, ambos sentidos)

Tipo de terreno : lomerío

Velocidad de proyecto: 100 km./hora.

Grado máximo de curvatura: 3.25 grados.

Pendiente gobernadora: 3 ‰

Pendiente máxima: 5 ‰

Ancho de calzada: 14 m para cuatro carriles de circulación -- en ambos sentidos, divididos por camellón -- central.

Ancho de corona: 2 x 11 m para cuerpos separados.

Ancho de acotamientos: 3 m ext. y 1 m int.

Sobreelevación máxima: 10 ‰.

Carretera: Hacia Las Pintas.

Tipo de camino: C (de 500 a 1500 veh/día, ambos sentidos).

Tipo de terreno: lomerío.

Ancho de calzada: 5 m para ambos sentidos (empedrado).

Ancho de corona: 14 m de sección en la unión con la carretera.

Carretera: Hacia El Salto.

Tipo de camino: B (de 1500 a 3000 veh/día, ambos sentidos).

Tipo de terreno: lomerío.

Velocidad de proyecto: 70 km/hora.

Grado máximo de curvatura: 7.5 grados.

Pendiente gobernadora: 5 ‰

Pendiente máxima: 7 ‰

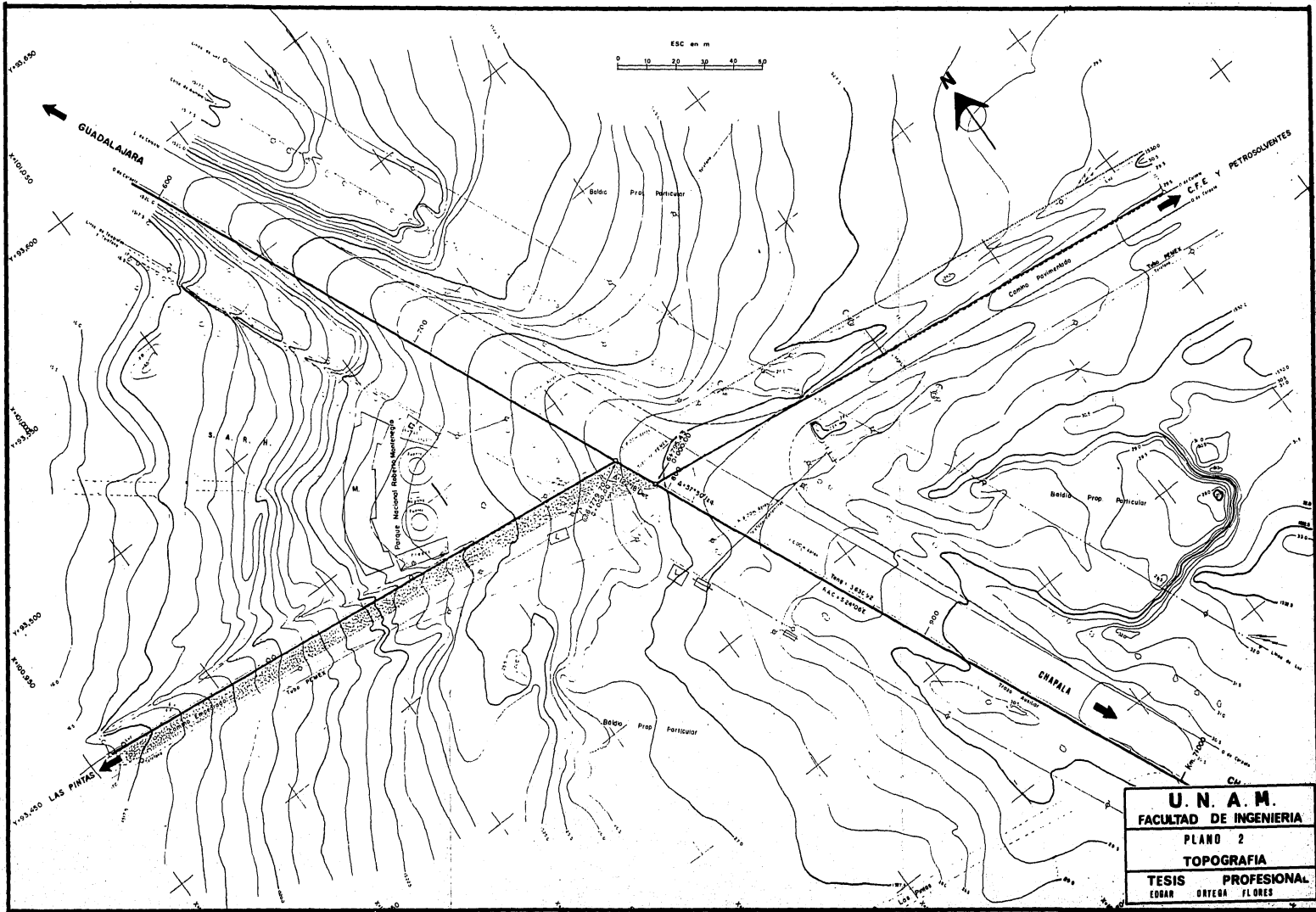
Ancho de calzada: 7 m para ambos sentidos (pavimentado).

Ancho de corona: 9 m.

Ancho de acotamientos: 1 m.

Sobreelevación máxima: 10 ‰

Las condiciones físicas actuales de la intersección se observan en el plano de levantamiento topográfico. Ver plano 2.



2. DATOS DEL TRANSITO.

Los datos del tránsito y los datos físicos tienen en conjunto una gran influencia en la selección de solución y tipo de intersección, así como en la definición de sus características geométricas. Es necesario contar con datos del tránsito que nos proporcionen la suficiente confianza, para estimar - su crecimiento futuro, mediante el cual proyectaremos y dimensionaremos todos los elementos de la intersección.

A continuación se definen algunos conceptos básicos así como el tratamiento y manejo de los datos y su estimación futura.

A. Definiciones.

Volumen de tránsito.

Es el número de vehículos que pasan por un tramo de camino - en un intervalo de tiempo dado; los intervalos más usados -- son la hora y el día y se tiene el tránsito horario TH y el tránsito diario TD.

Tránsito diario promedio.

Es el promedio de volúmenes diarios registrados en un determinado período. Los más usuales son el tránsito diario promedio semanal TDPS y el tránsito diario promedio anual TDPA.

Tránsito máximo horario.

Es el máximo número de vehículos que pasan en un tramo de camino durante una hora, para un lapso establecido de observaciones, normalmente un año.

Volumen horario de proyecto.

Es el volumen horario de tránsito que servirá para determinar las características geométricas de un camino, se presenta como VHP.

Tránsito generado.

Es el volumen de tránsito que se origina por la construcción o mejora de una carretera o por el desarrollo de la zona donde cruza.

Tránsito desviado o inducido.

Es la parte del volumen de tránsito que circulaba antes por otra carretera y cambia su itinerario circulando por la que se construye o se mejora.

B. Elección del lugar para estudio.

Con el fin de que los resultados en un aforo de tránsito, — sean lo más real posible, es conveniente que los sitios que se elijan para la realización de los mismos estén ubicados — de preferencia en tramos donde se capte el tránsito representativo del camino. En el caso de intersecciones se deben — considerar el número de accidentes registrados en el lugar, — demoras para realizar los movimientos direccionales y anexar un plano con la ubicación y geometría de la intersección por estudiar.

C. Duración del estudio.

En general, los periodos que se recomiendan son de 2 a 7 días. En caso de elegirse el periodo de 48 horas, se sugiere que éste sea dentro de días hábiles y en el de 7 días, sean incluidos los días sábado y domingo.

D. Clasificación de los vehículos.

Los vehículos se clasifican para fines de estudios del tránsito como sigue:

Con la letra A.- automóviles, todo vehículo automotor de -- cuatro ruedas destinado al transporte de personas y carga liviana. En esta clasificación se incluyen pick-up, panels y automóviles con remolque.

B.- autobuses, todo vehículo automotor cubierto, utilizado para el transporte de pasajeros con más de diez plazas.

C.- camión de carga, todo vehículo automotor de cuatro o más ruedas destinado al transporte de carga, excepto pick-up.

Es muy importante determinar la composición del tránsito, o sea el porcentaje de cada tipo de vehículo, ya que tienen diferentes características de operación, por ejemplo, en el -- caso de camiones ocupan mayor espacio de calzada, son pesados, lentos. etc.

E. Pronóstico del tránsito.

Generalmente las obras se proyectan para un futuro cuyo periodo varía entre los diez, quince o veinte años y para actualizar los datos se utilizan diferentes métodos estadísticos y matemáticos para dar mayor confiabilidad a los pronósticos

del tránsito, tomando datos de varios años, correspondientes a volúmenes registrados en diferentes años, dentro de la carretera en estudio y se representan gráficamente en un sistema de ejes cartesianos. Por medio del método de mínimos cuadrados, se ajusta a los volúmenes obtenidos a una recta del tipo $X = mx + b$. ecuación de la recta ajustada. Así como la tasa de crecimiento i a partir de los volúmenes observados.-

En base al método antes mencionado y con los volúmenes de tránsito observados en la carretera Guadalajara-Chapala a la altura del km 6+700, correspondientes a los años de 1973 a 1982 y que aparecen en los datos viales para la planeación de la S.A.H.O.P. se procedió a calcular y proyectar los volúmenes futuros así como su tasa de crecimiento para un período de 10 años. Ver fig. 1 y 2.

El volumen de tránsito que se toma para el proyecto de las obras, es el volumen horario de proyecto futuro, el cual se calcula con la expresión siguiente:

$VHP = p \times VHM$ donde:

VHP = volumen horario de proyecto

VHM = volumen horario máximo

p = factor de pronóstico del tránsito. Se calcula mediante la expresión

$p = (1+i N)$

i = incremento anual o tasa de crecimiento

N = número de años del período de previsión.

Ver fig. 3 y 4.

DETERMINACION DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL

ESTACION MAESTRA N° _____
 CARRETERA GUADALAJARA - JOCOTEPEC
 Km. 8 + 700
 TRAMO GUADALAJARA - CHAPALA

I.- CALCULO DE LA RECTA DE AJUSTE APLICANDO EL METODO DE MINIMOS CUADRADOS

AÑO	A	T. P. D. A. V	A ²	PRODUCTO A x V
73	0	13000	0	0
74	1	13050	1	13050
75	2	13800	4	27600
76	3	14350	9	43050
77	4	15150	16	60720
78	5	15939	25	79695
79	6	17054	36	102324
80	7	18200	49	127400
81	8	20721	64	165768
82	9	23850	81	214650
Σ =	45	165144	285	834257
(Σ) ² =	2025			

$V = a_0 + a_1 A$
 EN DONDE:
 V = TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL
 (VARIABLE DEPENDIENTE)
 a₀ = ORDENADA AL ORIGEN
 a₁ = PENDIENTE DE LA RECTA
 A = AÑO (VARIABLE INDEPENDIENTE)

$$a_0 = \frac{(\sum V)(\sum A^2) - (\sum A)(\sum AV)}{N(\sum A^2) - (\sum A)^2}$$

$$a_1 = \frac{N(\sum AV) - (\sum A)(\sum V)}{N(\sum A^2) - (\sum A)^2}$$

N = NUMERO TOTAL DE DATOS

ECUACION DE LA RECTA

$$V = 11545 + 1104 A$$

2.- DETERMINACION DE LA TASA DE INCREMENTO ANUAL (i)

$$i = \frac{N(a_1)}{\sum V - (a_1)(\sum A)}$$

TASA DE INCREMENTO ANUAL **i = 9.56 %**

FIGURA 1

RECTA DE AJUSTE Y PROYECCION DE LOS VOLUMENES
DE TRANSITO.

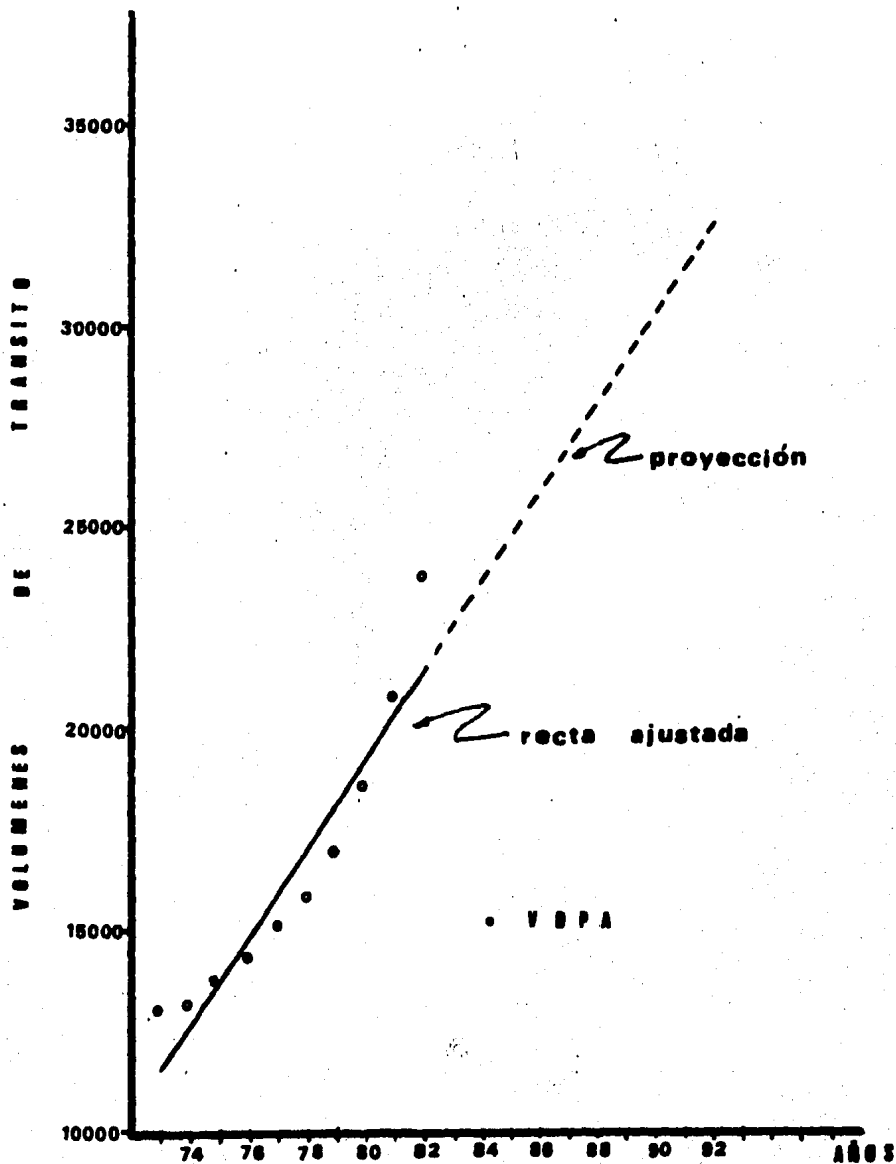
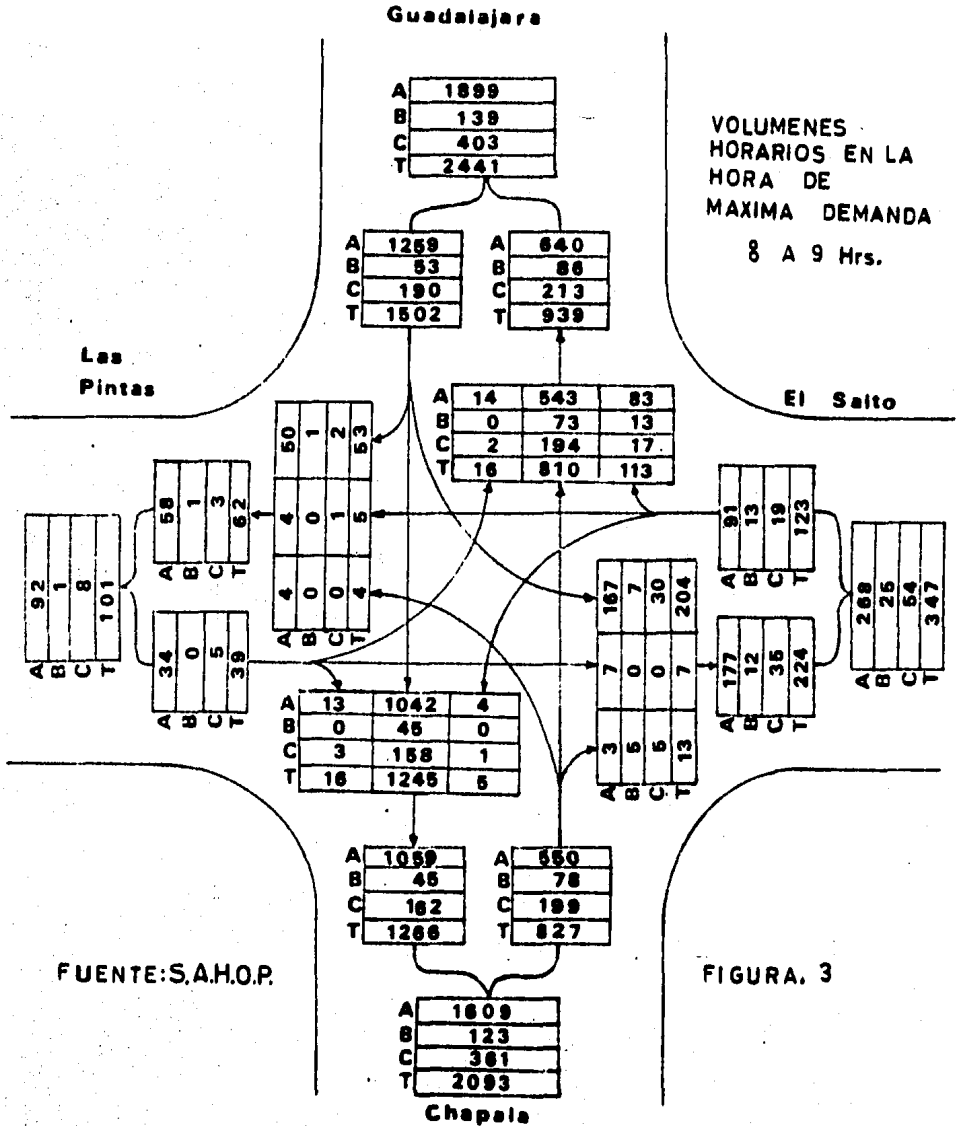


FIGURA 2

RESUMEN GRAFICO

Carretera: Guadalajara-Chapala Tramo: _____
 Estacion: Nm. 6-650 Fecha: 23 de Abril de 1982
 Estado del Tiempo: bueno y del Pavimento: asfalto



RESUMEN

GRAFICO

24

Carretera: Guadalajara-Chapala

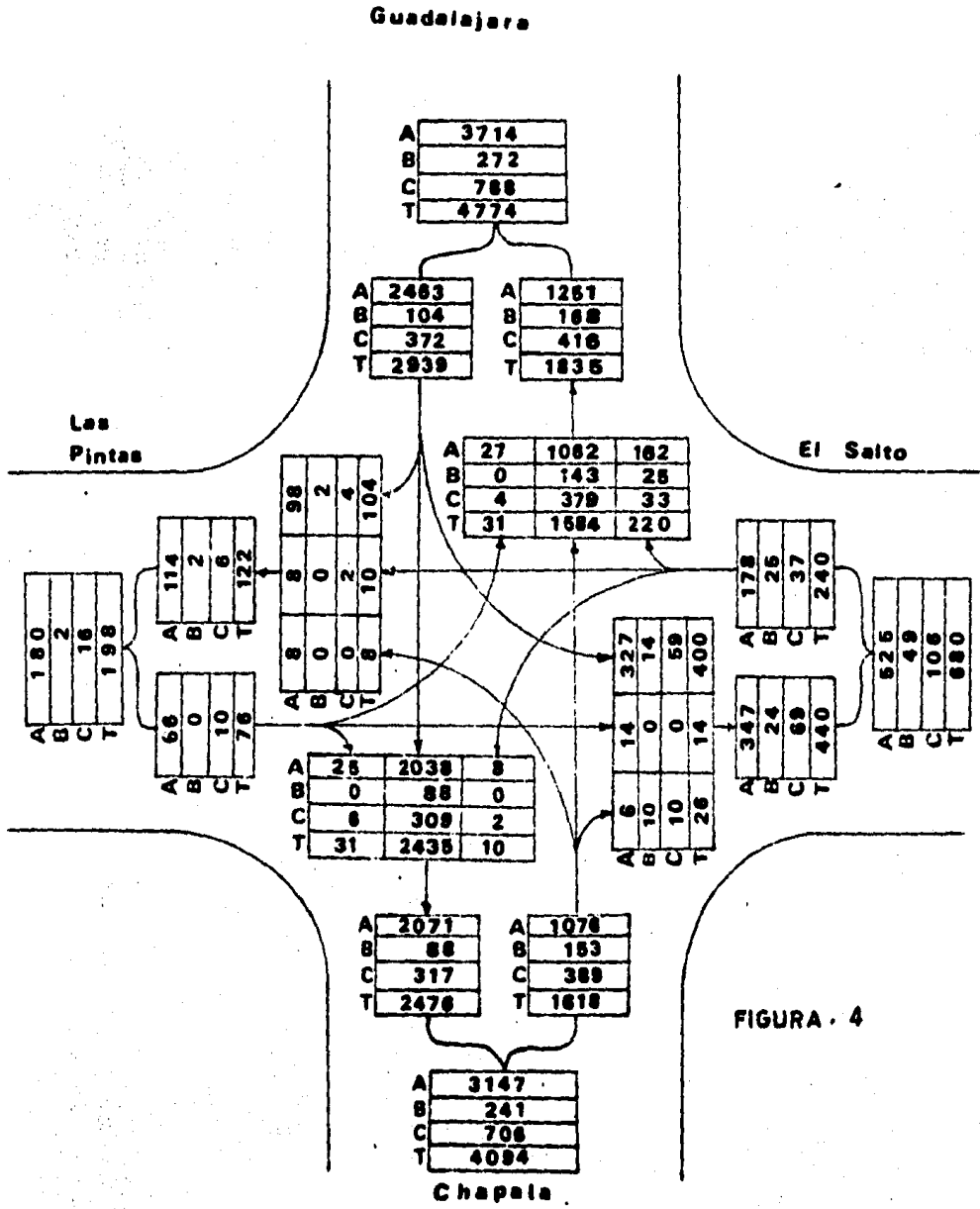
Trama: _____

Estacion: Nm 8-858

Fecha: VOLUMEN HORARIO DE PROYECTO 1992

Estado del Tiempo: _____

y del Pavimento: _____



A	3714
B	272
C	788
T	4774

A	2483
B	104
C	372
T	2939

A	1261
B	168
C	416
T	1835

A	27	1062	162
B	0	143	28
C	4	379	33
T	31	1684	220

A	180
B	2
C	16
T	198

A	114
B	2
C	6
T	122

A	8	98	2	104
B	0	0	2	4
C	0	0	2	4
T	8	10	10	104

A	178
B	26
C	37
T	240

A	526
B	49
C	106
T	680

A	66
B	0
C	10
T	76

A	25	2038	8
B	0	88	0
C	8	309	2
T	31	2436	10

A	6	14	327	14	400
B	10	0	14	59	400
C	10	0	59	37	400
T	26	14	400	14	400

A	347
B	24
C	69
T	440

A	2071
B	88
C	317
T	2476

A	1076
B	153
C	389
T	1618

A	3147
B	241
C	706
T	4094

CAPITULO III

DISEÑO DE ANTEPROYECTOS DE
ALTERNATIVAS.

1. PREPARACION DE ESQUEMAS DE ESTUDIO.

Se hicieron todas las probables alternativas que son merecedoras de consideración, en forma de esquemas sin detallar — dimensiones. En cada esquema se hizo una alternativa diferente, aun cuando en algunos casos las diferencias entre una y otra son mínimas. Tratando de que todas las soluciones prácticas satisfagan las necesidades del tránsito y limitaciones del lugar.

Las formas geométricas básicas estudiadas mediante esquemas, para intersecciones a desnivel y la nomenclatura — de cada uno de ellos se describen a continuación:

En la alternativa 1, figura 5, se tiene un entronque de tipo "diamante". En esta solución las vueltas izquierdas se dan a nivel, sobre el camino El Salto - Las Pintas, con afectación de todos los predios colindantes.

En la alternativa 2, figura 6, se tiene un entronque de tipo "diamante ajustado". Esta solución es similar a la anterior — pero con afectación de las construcciones del predio situado al NO, con distancias de recorrido menores y amplios taludes laterales en ambos lados del camino.

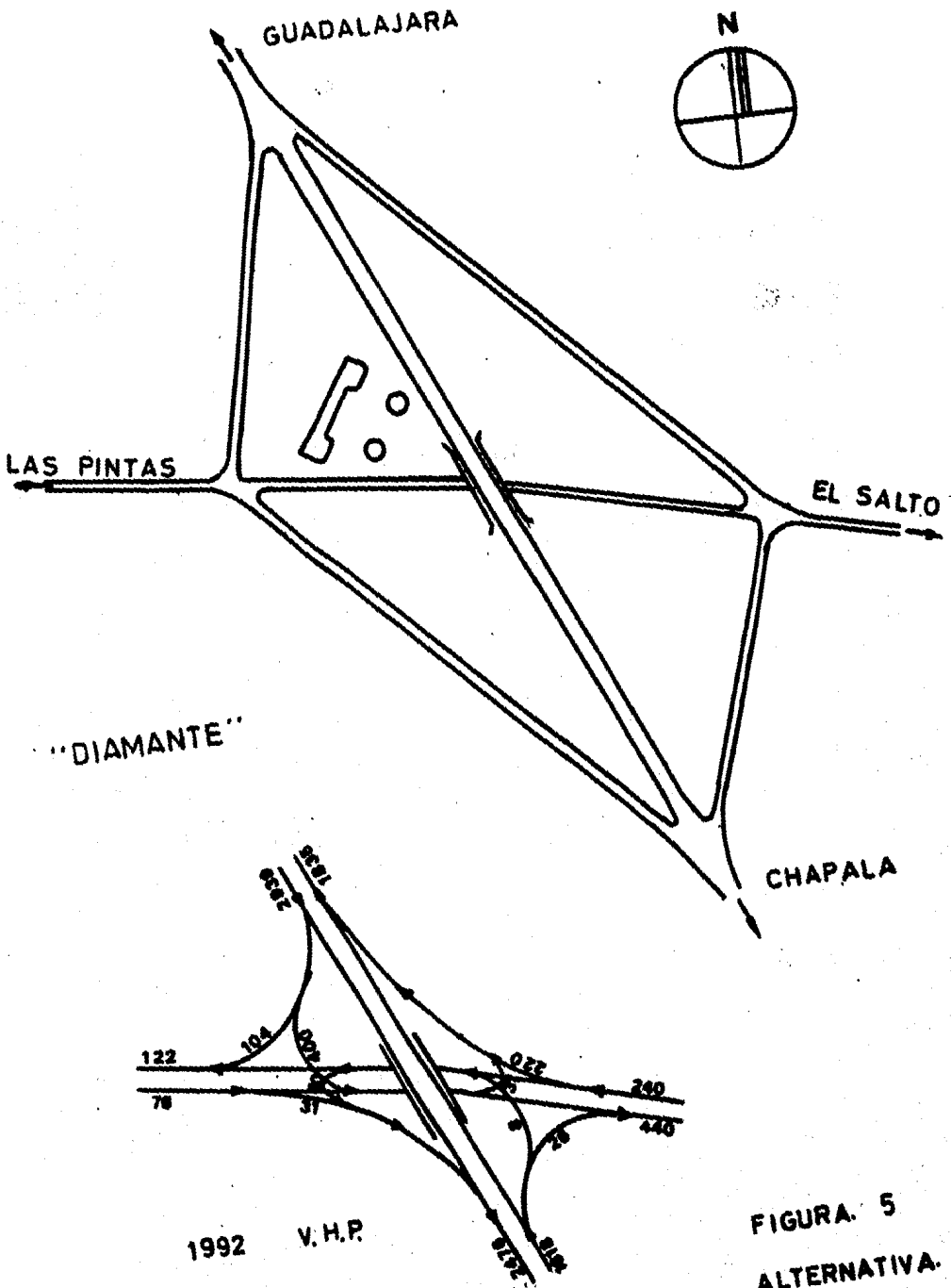
En la alternativa 3, figura 7, se tiene un entronque de tipo "trébol parcial". En esta solución las vueltas izquierdas se dan a nivel, sobre el camino El Salto - Las Pintas, con afectación de dos de los predios colindantes.

En la alternativa 4, figura 8, se tiene un entronque de tipo "trébol parcial" de tres hojas. En esta solución se suprimen las vueltas izquierdas a nivel, sobre el camino El Salto --- Las Pintas, en su dirección hacia El Salto, permaneciendo -- éstas en su dirección hacia Las Pintas, con afectación de --- tres de los predios colindantes.

En la alternativa 5, figura 9, se tiene un entronque combinación de los tipos "diamante" y "trébol". En esta solución se suprimen las vueltas izquierdas a nivel sobre el camino El - Salto - Las Pintas, solo para los mayores volúmenes, permaneciendo éstas para los volúmenes bajos, con afectación de los cuatro predios colindantes.

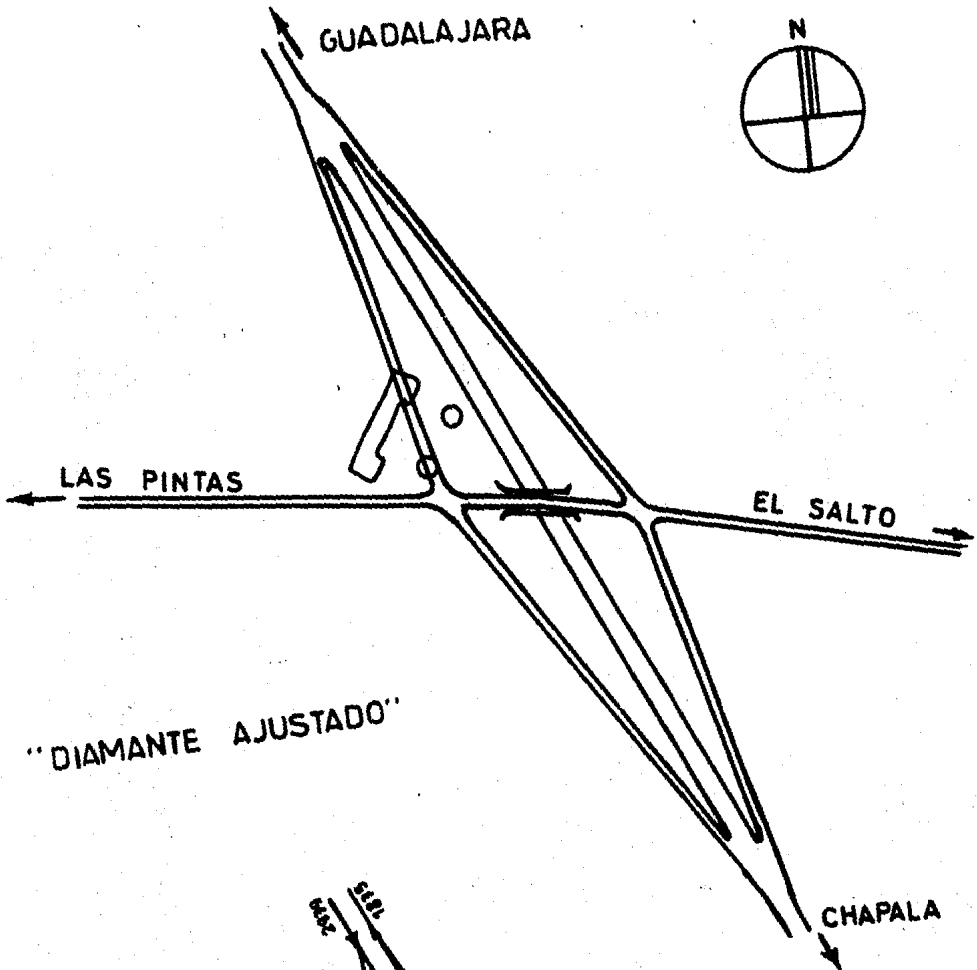
En la alternativa 6, figura 10, se tiene un entronque de tipo "trébol parcial" de tres hojas con una rampa en el lado NO.- En esta solución solo queda una vuelta izquierda a nivel debajo volumen sobre el camino El Salto - Las Pintas, modificando el eje de los caminos a El Salto y Las Pintas para poder alojar la rampa sin afectar las construcciones del predio NO.

En la alternativa 7, figura 11, se tiene un entronque de tipo "trébol". En esta solución se eliminan todos los puntos de conflicto de cruce, pues no existen vueltas izquierdas, pero la afectación de terrenos y construcciones es mayor que en las otras alternativas.

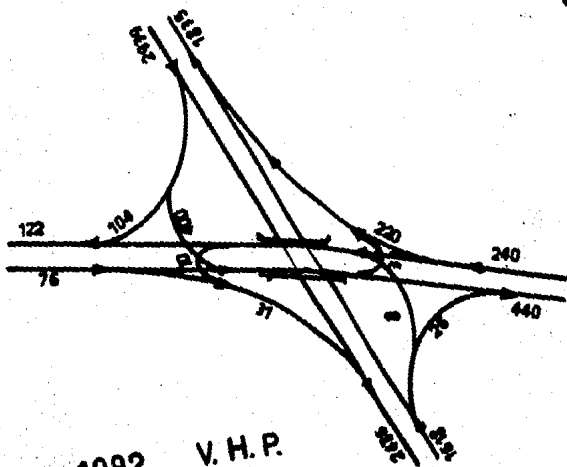


1992 V.H.P.

FIGURA. 5
ALTERNATIVA. 1



"DIAMANTE AJUSTADO"



1992 V. H. P.

FIGURA 6
ALTERNATIVA 2

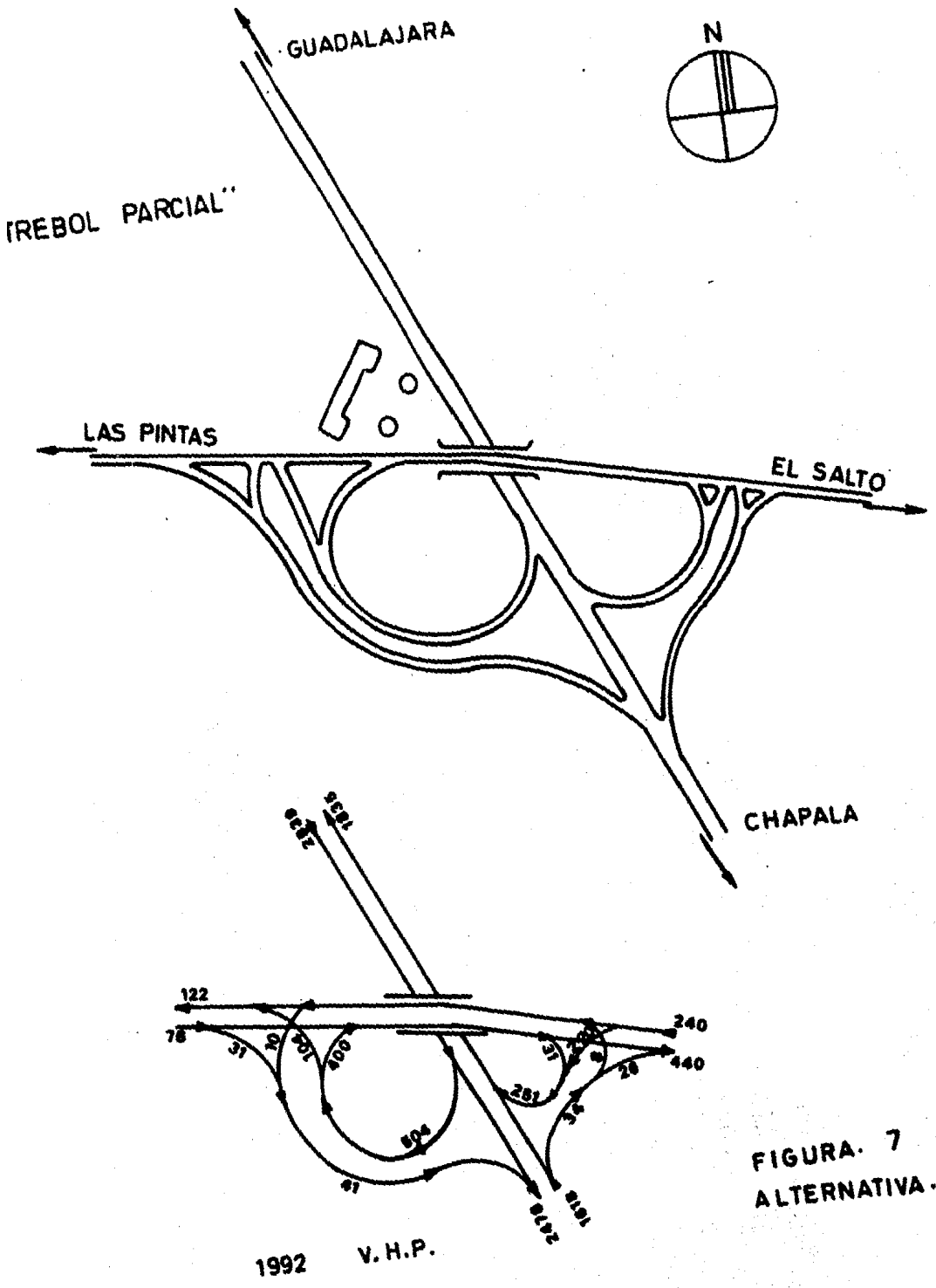
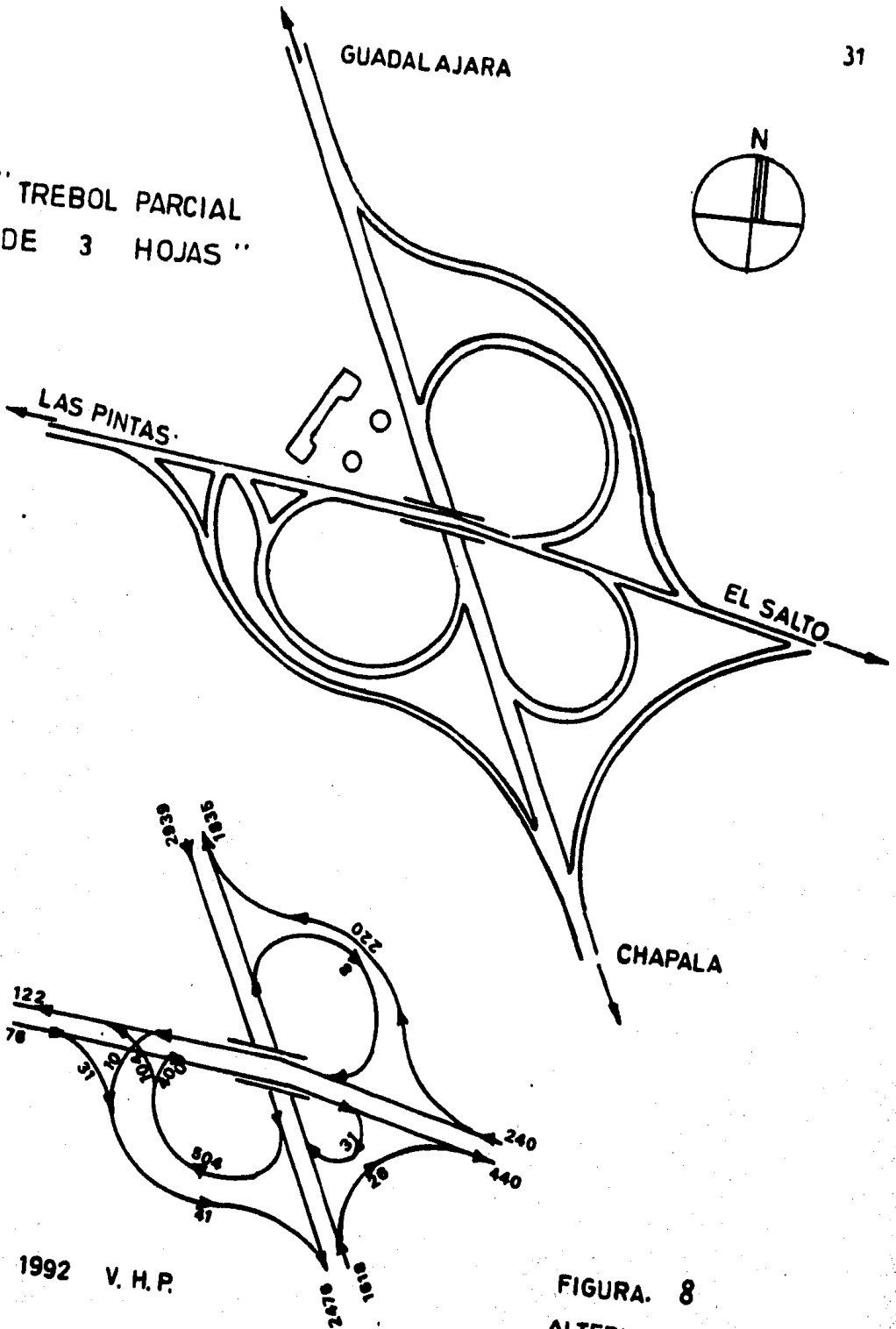
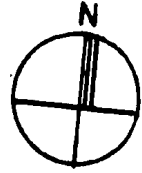


FIGURA. 7
ALTERNATIVA. 3

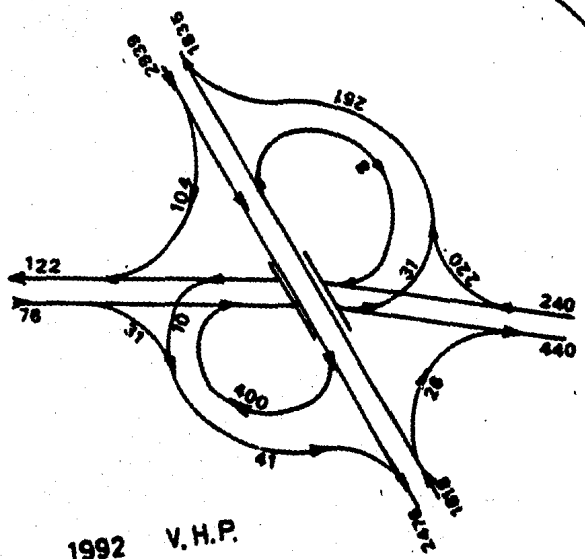
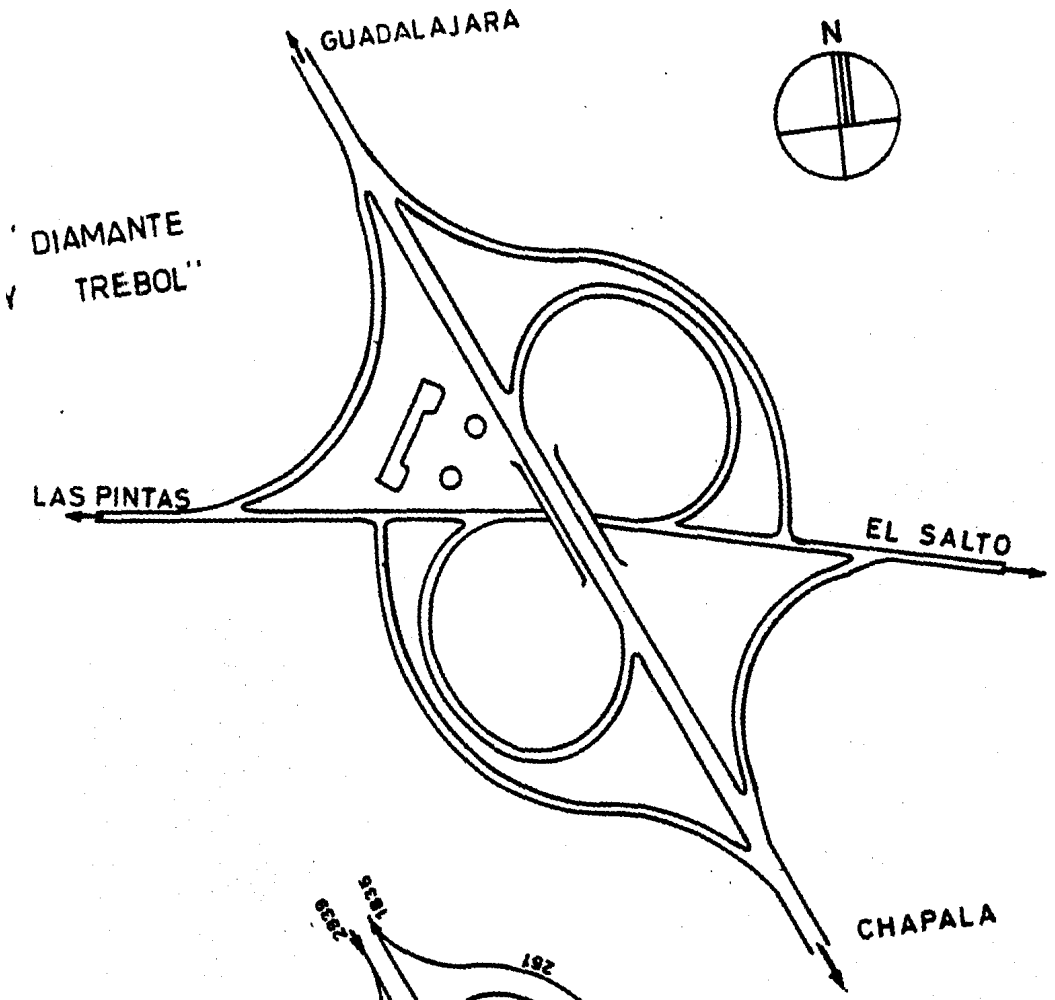
1992 V. H. P.

"TREBOL PARCIAL
DE 3 HOJAS"



1992 V. H. P.

FIGURA. 8
ALTERNATIVA. 4



1992 V.H.P.

FIGURA. 9
ALTERNATIVA. 5

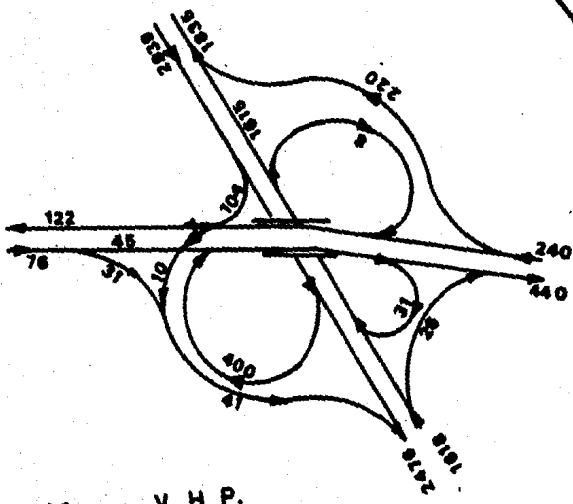
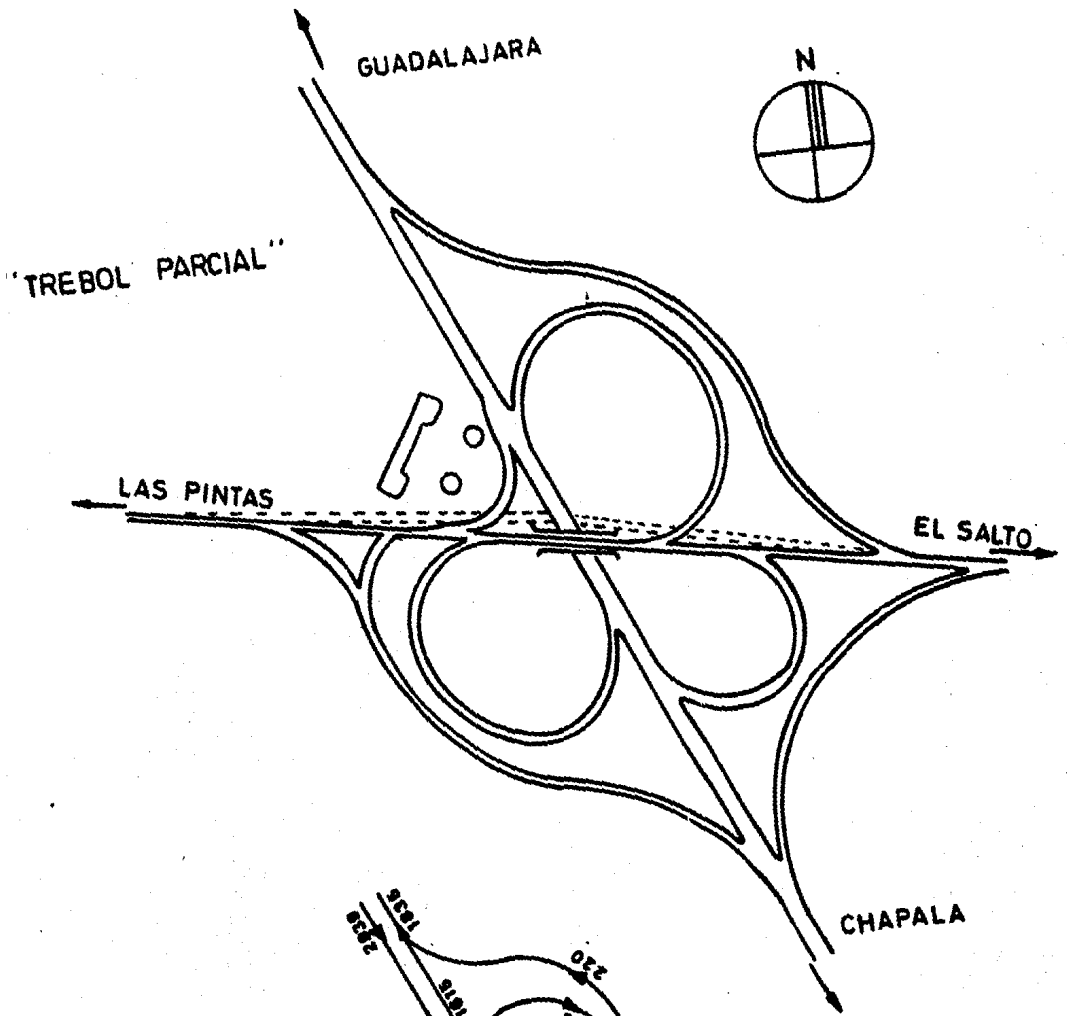


FIGURA. 10
ALTERNATIVA. 6

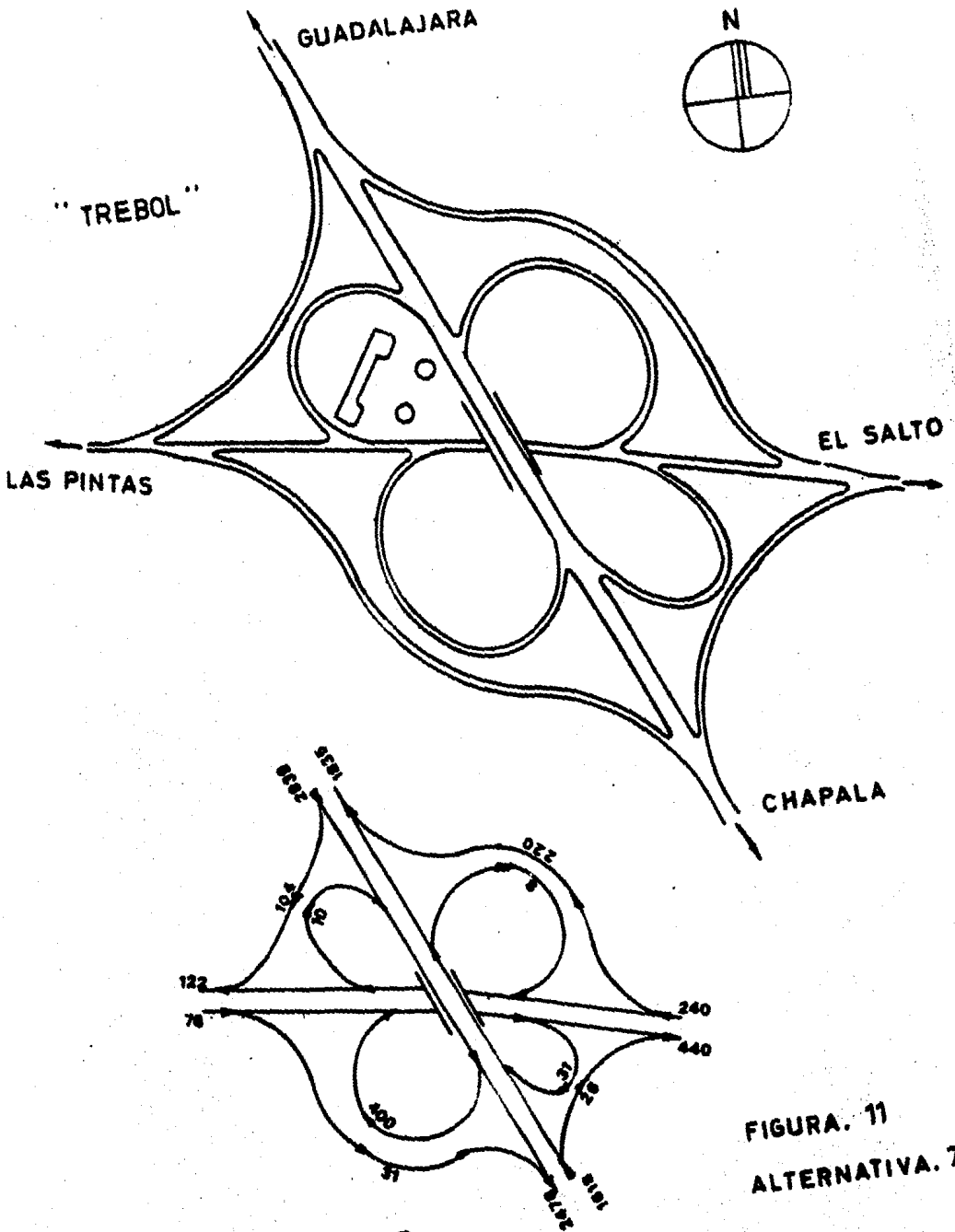


FIGURA. 11
ALTERNATIVA. 7

1992 V. H.P.

2. ANALISIS DE ESQUEMAS Y SELECCION DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION.

Después de que todos los posibles esquemas han sido preparados en forma de diagramas de estudio se analizarán comparando sus ventajas y desventajas. La comparación se hará en forma general analizando puntos sobresalientes del proyecto, -- tales como, características de operación, número de puntos de conflicto, costo probable, afectación al tránsito, afectación de propiedades y adaptación al lugar.

En las características de operación hay que dar preferencia a la facilidad de operación en el trazo geométrico, a los volúmenes horarios de proyecto y velocidad predominante. Deben tomarse muy en cuenta, el número de puntos de conflicto. Se elegirán aquellas alternativas que tengan el menor número y principalmente aquellas que tengan puntos de -- conflicto de cruce. En el costo probable, se eligen por comparación cuáles alternativas son las de menor costo, por tener menores cantidades de obra. Por lo que respecta a la adaptación al lugar, se observa cuáles alternativas se apegan mejor a la topografía del lugar. En la afectación de propiedades se elegirán aquellas alternativas que afecten menor superficie de terrenos y construcciones. En la afectación al -- tránsito, se examina en cada alternativa si es necesario ha-

cer desviaciones durante la construcción, o si la interrupción del tránsito será un problema para la misma.

De acuerdo con todos los elementos de análisis antes mencionados, se eligieron aquellas alternativas que presentan más ventajas sobre las otras. La forma de evaluación que se empleó es una tabulación de todas las características por analizar para cada alternativa y se le asignó una calificación sobre una escala de 0 a 6. Por ejemplo, para la alternativa de solución superior, con respecto a los mismos elementos de comparación, recibirá un valor de 6, los esquemas menos ventajosos, con respecto a los mismos conceptos recibirá un valor más bajo tales como 5,4,3, etc. La suma de los valores individuales ponderados nos da un valor índice para cada esquema. Los valores máximos de índice indican cuales son las mejores soluciones posibles. Ver figura 12.

EVALUACION DE ESQUEMAS

CONCEPTO	ALTERNATIVAS						
	1	2	3	4	5	6	7
CARACTERISTICAS DE OPERACION.	5	6	0	1	2	4	3
COSTO PROBABLE.	5	6	4	2	3	1	0
ADAPTABILIDAD AL LUGAR.	4	5	2	1	3	6	0
PUNTOS DE CONFLICTO.	1	0	2	4	3	5	6
AFECTACION AL TRANSITO.	6	4	0	2	1	5	3
AFECTACION DE PROPIEDADES.	4	1	6	2	3	5	0
S U M A	25	22	14	12	15	26	12
PREPARACION DE PLANOS DE ANTEPROYECTO.	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO

LAS ALTERNATIVAS QUE PRESENTAN MAYORES VENTAJAS SON:

ALTERNATIVA 1 " DIAMANTE ".

ALTERNATIVA 2 " DIAMANTE AJUSTADO ".

ALTERNATIVA 6 " TREBOL PARCIAL ".

3. PREPARACION DE ANTEPROYECTOS DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCION.

Las alternativas seleccionadas en base al análisis comparativo y que presentaron más ventajas sobre las otras son: La alternativa 1 "diamante", la alternativa 2 "diamante ajustado" y la alternativa 6 "trébol parcial" de tres hojas con una sola rampa para los movimientos direccionales Guadalajara - Las Pintas y Guadalajara - El Salto.

Para estas tres alternativas es necesario elaborar sus anteproyectos respectivos.

Los anteproyectos de los esquemas seleccionados — deben ser hechos con mayor detalle, y trazados tomando como base planos del sitio en estudio empleando una escala adecuada. Los anteproyectos representan el comienzo de los lineamientos generales de diseño, por lo cual para su elaboración es necesario el uso de especificaciones para el cálculo de los elementos geométricos. Para el diseño de éstos se utilizarán las especificaciones de la S.A.H.O.P. (1).

(1).- Manual de proyecto geométrico de carreteras SOP. 1976.

Para la elaboración de los anteproyectos es necesario fijar el vehículo y las velocidades de proyecto, que regirán las características geométricas de la intersección. Atendiendo a la composición vehicular y a las tendencias del tránsito -- observadas durante los últimos años, el vehículo de proyecto que se escogió es el DE- 1220 (2). Para las velocidades de proyecto, considerando el terreno en lomerío y de acuerdo a la clasificación de los caminos hecha anteriormente, las velocidades que les corresponden son para el camino Guadalajara - Chapala, que es del tipo A es de 100 km/h, y considerando un solo camino El Salto - Las Pintas de tipo B es de 70 km/h.

A continuación se hace mención de algunas consideraciones generales para el diseño de los elementos que forman la intersección, como son las rampas y los carriles de cambio de velocidad así como un ejemplo de los mismos. Las rampas diagonales están formadas por tangentes unidas por medio de curvas simples en sus extremos, tratando de conservar velocidades relativamente altas. Las gazas son rampas de conexión formadas por curvas compuestas con relación de radios a 1.75 (3), para proporcionar cambios graduales de velocidad, ya sea de mayor a menor o viceversa, dependiendo de la velocidad de entrada y salida en los extremos de las gazas y considerando la longitud de los carriles de cambio de velocidad así como la velocidad de marcha de los caminos que se intersectan. Ver figura 13.

(2).- Manual de proyecto. Op. Cit. Pag. 87.

(3).- Manual de proyecto. Op. Cit. Pag. 517.

Ejemplo de cálculo de carriles de cambio de velocidad y enlaces.

La longitud de los carriles de deceleración está basada en la combinación de tres factores:

- a) La velocidad a la que los conductores entran al carril adicional.
- b) La velocidad a la que los conductores salen después de recorrer el carril de deceleración.
- c) La forma de frenar.

Para fines de proyecto se supondrá que los conductores que van a entrar a los carriles de deceleración viajan a la velocidad de marcha.

Se desean unir dos caminos de diferentes características geométricas y velocidades de proyecto, mediante enlaces formados por curvas compuestas de transición con relación de radio mayor a menor de 1.75, para dar la forma que se desea a el enlace y proporcionar cambios graduales de velocidad.

Características de los caminos a unir, velocidades de proyecto: $V_1 = 100$ km/h, $V_2 = 70$ km/h ; velocidades de marcha: $v_1 = 86$ km/h, $v_2 = 63$ km/h ; velocidad de proyecto en el enlace: $v = 50$ km/h.

Por lo tanto de la tabla 11-J, pag. 537 del Manual de proyecto geométrico de carreteras, nos indica que para caminos con velocidad de proyecto $V_1 = 100$ km/h y para alcanzar una velocidad a la entrada del enlace $v = 50$ km/h la longitud del carril de deceleración deberá ser de 135m. con 84m. de transición.

Para el cálculo de los radios de las curvas en el enlace, - se emplea la fórmula:

$$R = \frac{0.00785 V^2}{e + \mu}$$

donde:

R = radio de la curva

V = velocidad de proyecto de la curva

e = sobreelevación de la curva (0.06)

μ = coeficiente de fricción lateral (0.20)... (1)

y que para la curva 1 con una velocidad de proyecto igual a 50 km/h nos da:

$$R_1 = 75.48m$$

Para el cálculo del radio de la curva 2 se tiene la condición:

$$R_2 = \frac{R_1}{1.75} ; \quad R_2 = \frac{75}{1.75} ; \quad R_2 = 42.85m$$

que para fines de proyecto se utilizarán :

$$R_1 = 75m ; \quad R_2 = 45m$$

EJEMPLO DE CALCULO DE CARRIL DE DESELERACION Y ENLACE.

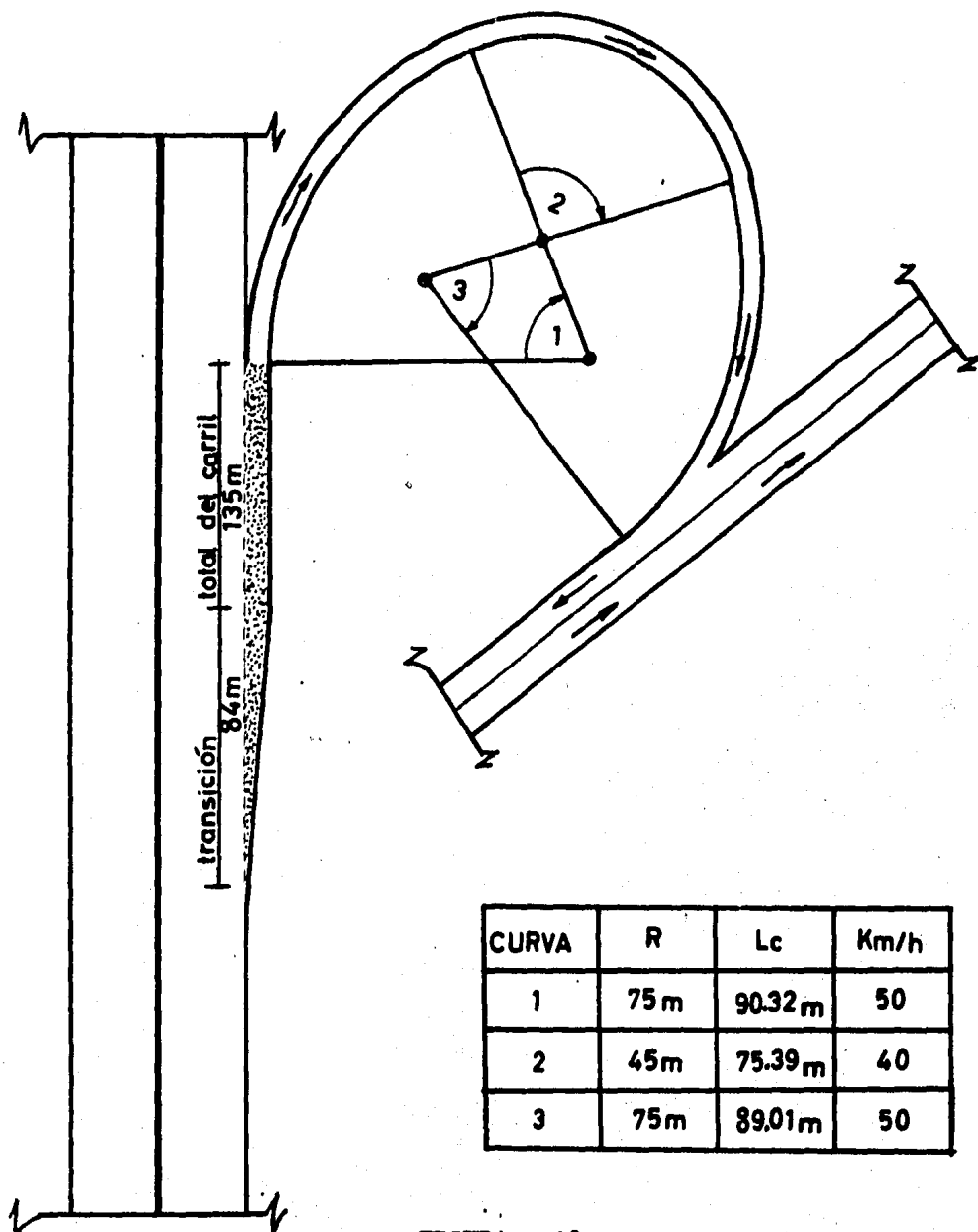
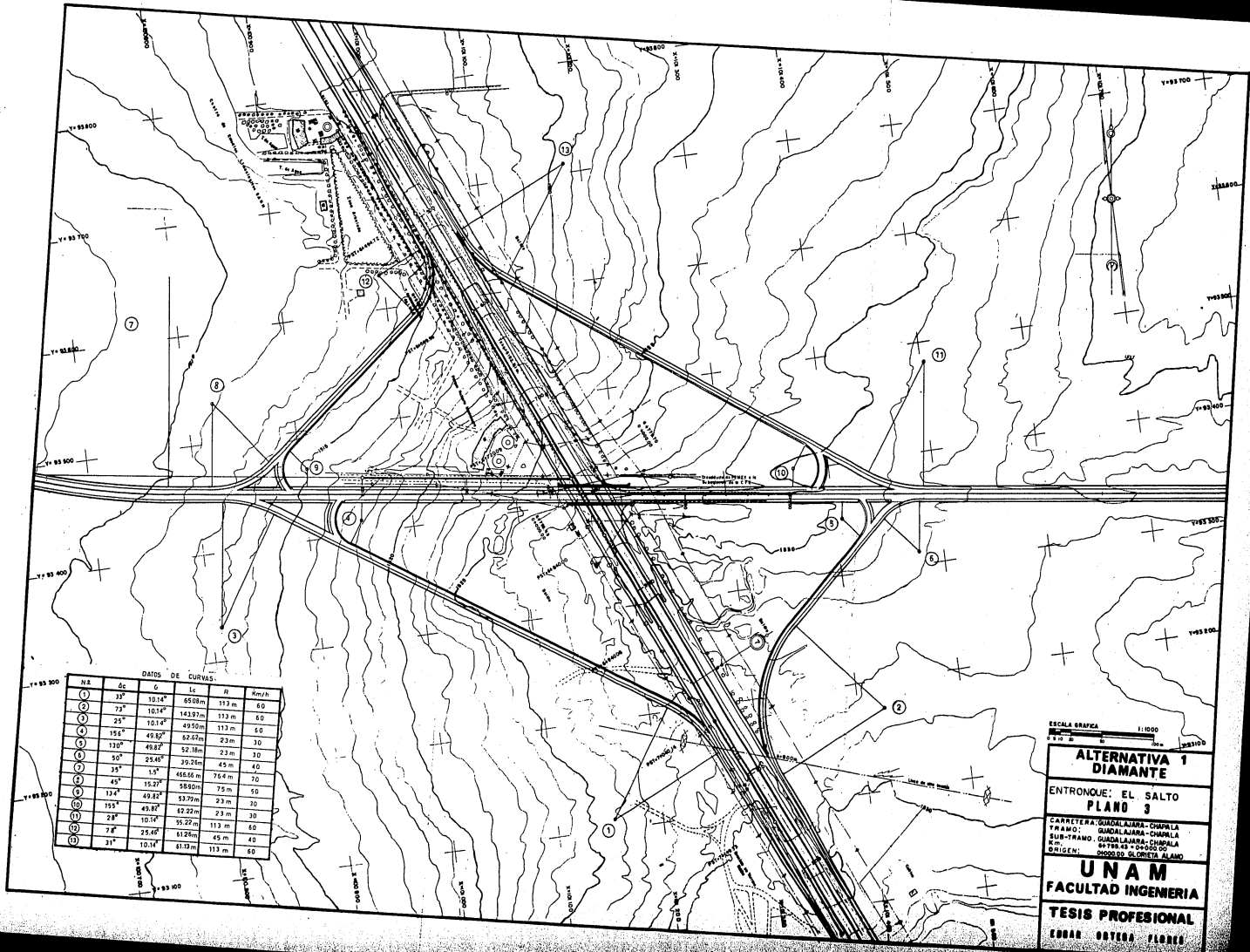


FIGURA 13



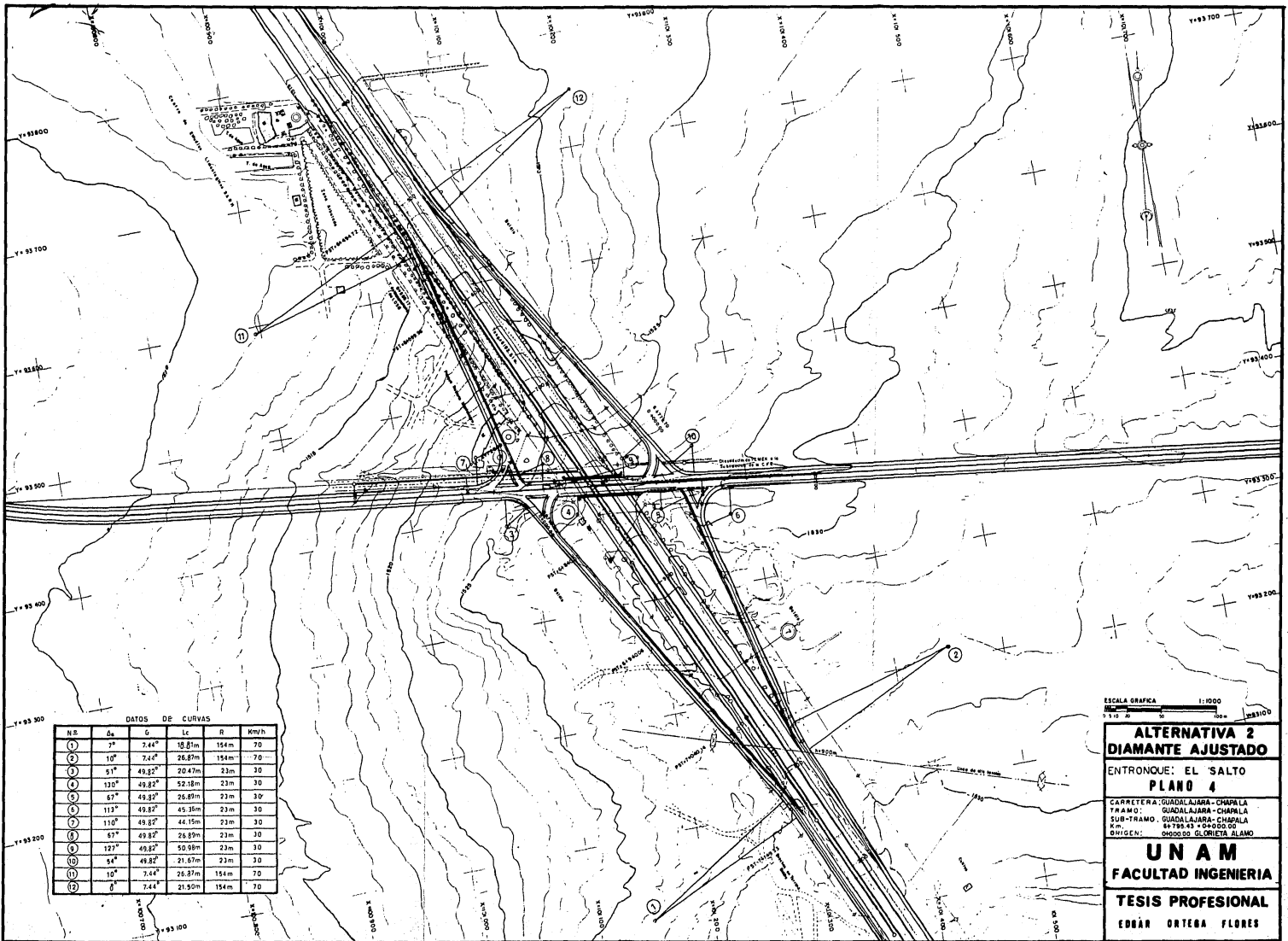
DATOS DE CURVAS:

Nº	α	G	Lc	R	Vm/Ph
(1)	22°	10.147	65.08m	113 m	60
(2)	25°	10.147	143.97m	113 m	60
(3)	25°	10.147	49.50m	113 m	60
(4)	156°	49.827	82.50m	23 m	30
(5)	130°	49.827	52.30m	23 m	30
(6)	50°	25.465	39.50m	45 m	30
(7)	35°	1.9°	466.66 m	75.4 m	70
(8)	45°	15.227	58.60m	75 m	60
(9)	114°	49.827	53.75m	23 m	30
(10)	115°	49.827	52.22m	23 m	30
(11)	28°	10.147	52.22m	113 m	60
(12)	78°	25.465	51.24m	45 m	40
(13)	31°	10.147	61.73 m	113 m	60

ESCALA GRÁFICA 1:1000
 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200

**ALTERNATIVA 1
 DIAMANTE**
 ENTRONQUE: EL SALTO
 PLANO 3
 CARRITERA: GUADALAJARA - CHAPALA
 TRAMO: GUADALAJARA - CHAPALA
 SUB-TRAMO: GUADALAJARA - CHAPALA
 K.M. ENTRE LAS PUNTERAS DE
 ENTRONQUE: 000000.00 - 01.0000.00

UNAM
 FACULTAD DE INGENIERIA
 TESIS PROFESIONAL
 EDGAR ORTEGA FLORES



DATOS DE CURVAS

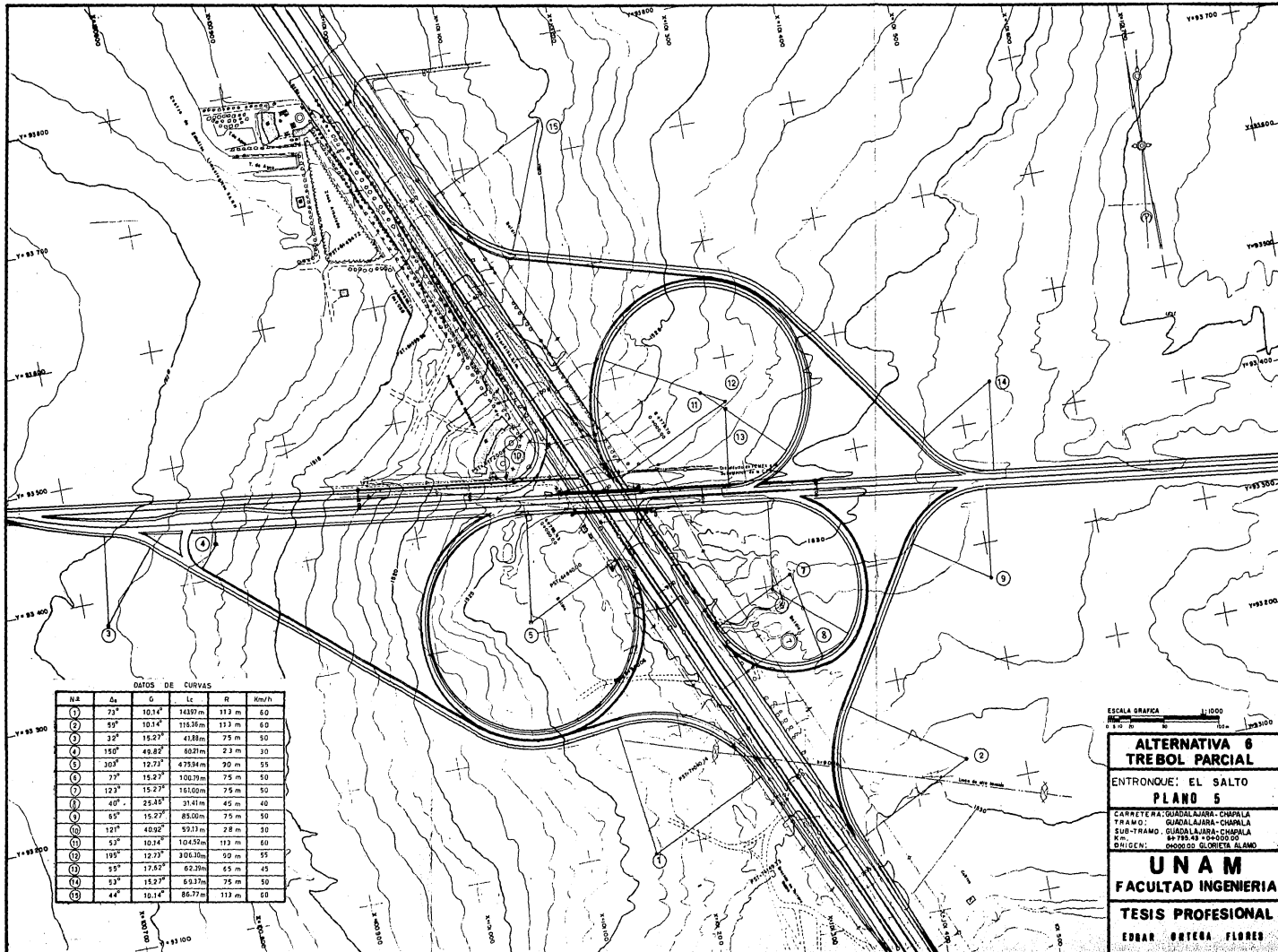
N.º	α	G	Lc	R	Km/h
1	7°	7.44'	18.87m	154m	70
2	10°	7.44'	26.87m	154m	70
3	51°	49.82'	20.47m	23m	30
4	130°	49.82'	52.78m	23m	30
5	67°	49.82'	26.87m	23m	30
6	113°	49.82'	45.36m	23m	30
7	110°	49.82'	44.15m	23m	30
8	47°	49.82'	26.87m	23m	30
9	127°	49.82'	90.88m	23m	30
10	44°	49.82'	21.67m	23m	30
11	10°	7.44'	26.87m	154m	70
12	0°	7.44'	21.50m	154m	70

ESCALA GRAFICA 1:1000
 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

ALTERNATIVA 2
DIAMANTE AJUSTADO
 ENTRONQUE: EL SALTO
PLANO 4

CARRETERA: GUADALAJARA - CHAPALA
 TRAMO: GUADALAJARA - CHAPALA
 K+795+43' +0+000+00
 ORIGIN: OROSCOA GLOBIETA BLANCO

UNAM
FACULTAD INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
 EDUAR ORTEGA FLORES



DATOS DE CURVAS

№	Δ_i	G	Lc	R	Km/h
(1)	73°	10.14'	1439 m	113 m	60
(2)	59°	10.14'	116.36 m	113 m	60
(3)	32°	15.27'	41.88 m	75 m	50
(4)	150°	49.82'	60.21 m	23 m	30
(5)	303°	12.77'	479.94 m	30 m	55
(6)	73°	15.27'	100.79 m	75 m	50
(7)	123°	15.27'	141.09 m	75 m	50
(8)	40°	28.40'	31.41 m	45 m	40
(9)	65°	15.27'	85.00 m	75 m	50
(10)	121°	40.92'	59.13 m	28 m	30
(11)	53°	10.14'	104.52 m	113 m	60
(12)	195°	12.73'	306.30 m	50 m	55
(13)	55°	17.82'	62.39 m	65 m	45
(14)	53°	15.27'	69.37 m	75 m	50
(15)	44°	10.14'	86.37 m	113 m	60

ESCALA GRAFICA 1:1000
 0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

ALTERNATIVA 6
TREBOL PARCIAL

ENTRONQUE: EL SALTO
PLANO 5

CARRETERA: GUADALAJARA-CHAPALA
 TRAMO: GUADALAJARA-CHAPALA
 SUB-TRAMO: GUADALAJARA-CHAPALA
 K+6799.49 +0+000.00
 ORIGEN: OROSCOPA DE GUAYABALAMO

UNAM
FACULTAD INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
 EDUAR ORTEGA FLORES

CAPITULO IV

EVALUACION DE ALTERNATIVAS.

1. EVALUACION DE CARACTERISTICAS GEOMETRICAS Y OPERACIONALES.

Una vez terminados los anteproyectos de las alternativas, es necesario analizarlos críticamente para evaluar sus características geométricas y operacionales. Las características — consideradas para examinarlos son: adaptabilidad, accesibilidad, características geométricas, capacidad, características operacionales y mantenimiento del tránsito durante la construcción.

A. Adaptabilidad.

Esta característica se refiere a la adaptabilidad al lugar y al volumen de tránsito, de cada una de las alternativas. Es más apropiada aquella que se ajusta a la topografía y condiciones del lugar. Son mejores aquellas que se apegan más al terreno natural, y no requiere grandes terraplenes y cortes profundos. Es mejor aquella que da preferencia al movimiento con mayor volumen de tránsito.

En la alternativa 1 "diamante". Los cruces a nivel, se realizan a 300m aproximadamente en ambos lados de la intersección, sobre el camino El Salto - Las Pintas. Para evitar grandes terraplenes que ocasionaría su cercanía a la estructura. Sus rampas se apegan bien al terreno natural, pero teniendo distancias de recorrido mayores.

En la alternativa 2 "diamante ajustado". Los cruces a nivel, sobre el camino El Salto - Las Pintas se realizan muy cerca de la estructura. Requiriendo grandes terraplenes. Se reduce considerablemente las distancias de recorrido. En las alternativas 1 y 2 no se da preferencia a ningún volumen de tránsito. Las vueltas izquierdas se realizan a nivel.

En la alternativa 6 "trébol parcial". Se requieren terraplenes, y cortes así como algunos muros de contención, por la cercanía entre sí de algunas rampas. Aunque la distancia de recorrido es considerable para algunos movimientos del tránsito, la separación de éstos es casi total. Solo se realiza una vuelta izquierda a nivel para un volumen bajo (10 vph).

B. Accesibilidad.

Esta característica se refiere a la posibilidad de realización de cada alternativa, tomando en cuenta las afectaciones de terrenos y construcciones que abarquen el derecho de vía y construcción de la intersección. Se debe evitar la obstrucción o eliminación de servicios existentes. La afectación de instalaciones religiosas, culturales y cementerios.

En la alternativa 1 "diamante". El área de afectación es extensa, provocando obstrucción a las instalaciones existentes. Cabe hacer notar que dividiría prácticamente el parque nacional "Roberto Montenegro", alojado en el predio - NO. El área de terreno ociosa en los predios restantes, delimitada por el perímetro de la intersección es considerable. Ya que no puede ser aprovechada por los particulares, ni se le daría uso inmediato para el tránsito.

En la alternativa 2 "diamante ajustado". El área de afectación es considerablemente menor, ya que parte de ésta corresponde al derecho de vía actual. En la afectación de instalaciones, se tendría que demoler el museo y algunas fuentes que se encuentran actualmente situadas en el parque-

"Roberto Montenegro". Esto implica un costo social y económico de bastante peso.

En la alternativa 6 "trébol parcial". La afectación de instalaciones es mínima, pues se respeta el parque nacional. El área que ocuparía es extensa, cabe hacer notar, que la diferencia entre las alternativas 1 y 6 es que la alternativa 6, la mayoría del terreno la ocupan las gazas, reduciendo terreno ocioso.

C. Características Geométricas.

Todos los anteproyectos de las alternativas seleccionadas, fueron hechos siguiendo las especificaciones de diseño del Manual de proyecto geométrico de carreteras, de la S.A.H.O.P. para el cálculo de los elementos geométricos.

En todas las alternativas, se propone la ubicación de la estructura sobre el camino de menor tránsito, que corresponde a El Salto - Las Pintas, con un galíbo de 5m. Considerando la velocidad de marcha de los caminos que se intersectan y dependiendo de la velocidad de entrada y salida en los extremos de las gazas, se determinó la longitud de los carriles de cambio de velocidad. Las rampas diagonales están formadas por tangentes unidas por medio de curvas simples en sus extremos. Es necesario modificar la sección transversal y parte del alineamiento del camino El Salto - Las Pintas.

Las diferencias geométricas de las alternativas seleccionadas son las siguientes:

Las alternativas 1 y 2, son del tipo diamante. Este tipo de intersección es muy común, por su sencillez y eficiencia. Consiste en cuatro rampas de un sentido de circulación. Diagonales como en la alternativa 1, ó paralelas como en la alternativa 2, donde las rampas utilizan una área extra al derecho de vía existente. La intersección de tipo diamante se adapta muy bien a entronques formados por un camino de alta velocidad y un camino secundario de menor tránsito y --

velocidad. Las rampas de entrada y salida se localizan sobre el camino principal e intersecciones a nivel sobre el camino de menor tránsito, donde se realizan vueltas izquierdas a nivel. Los carriles para cambio de velocidad, se localizan en los extremos de las rampas sobre el camino principal. En ambas alternativas, se respeta la posición original del eje del camino hacia El Salto, ampliando la sección transversal de éste, dejando su eje original en el centro y prolongando esta sección hasta la intersección. Conservando este eje en la estructura. La diferencia actual entre los ejes, hace necesario un cambio de alineamiento, en la dirección hacia Las Pintas. Este cambio se realiza mediante una curva de 1.5 grados.

La alternativa 6, es de tipo trébol parcial. Este tipo de intersección es básicamente un diamante, con gazas adicionales para realizar las vueltas izquierdas. La existencia de gazas en todos los cuadrantes forman un trébol completo. Estas intersecciones requieren más área que un diamante lo que limita su uso. La determinación del número y localización de las gazas en los cuadrantes, depende de los movimientos direccionales predominantes y la disponibilidad de área. Una de sus desventajas es la distancia de recorrido adicional. Debido a que para realizar una vuelta izquierda es necesario dar un círculo completo hacia la derecha. Operación que puede confundir a algunos conductores, por la cercanía de otras rampas. Las gazas son rampas de conexión formadas por curvas simples o compuestas con relación de radios menor a 1.75, para proporcionar cambios graduales de velocidad. Es necesario modificar el alineamiento del camino hacia Las Pintas, desplazando su eje hasta alinearlo con el camino hacia El Salto. Esto permite alojar una rampa para el movimiento Guadalajara - Las Pintas, en parte del camino original que va hacia Las Pintas, donde se aloja un carril de espera, para realizar vueltas izquierdas a nivel.

D. Capacidad.

El estudio de capacidad vial es necesario para obtener un diseño balanceado, en cuanto a la demanda del tránsito y economía de la obra. La capacidad es una medida de la efectividad de las obras para servir al tránsito. La capacidad vial proporciona los elementos necesarios para calcular la anchura - o número de carriles en el proyecto, de acuerdo con el tránsito futuro. En la planeación de una obra vial fija las di--mensiones del derecho de vía para futuras ampliaciones, y la construcción por etapas de acuerdo con las necesidades.

A continuación es necesario definir algunos concep--tos a los cuales se hará referencia.

Capacidad.

Es el número máximo de vehículos que pueden circular por un carril o por una sección de una carretera, en un sentido o - en ambos, durante un periodo determinado (generalmente una--hora) y bajo las condiciones prevalecientes, tanto de la --vía como del tránsito.

Niveles y volúmenes de servicio.

Nivel de servicio es una medida cualitativa del resultado de un número de factores que incluyen la velocidad de operación, la relación volumen/capacidad, así como tiempo de recorrido, interrupciones de tránsito, libertad de maniobra, seguridad, comodidad, facilidad de manejo y costos de operación. Los --volúmenes de servicio son equivalentes a los niveles de ser--vicio en su forma cuantitativa, y son los volúmenes máximos--de vehículos en un sentido o en ambos, durante un periodo específico, mientras las condiciones de operación estén mante--nidas al nivel de servicio escogido. Los volúmenes de servi--cio generalmente son volúmenes horarios. Para que una carre--tera suministre un nivel de servicio aceptable para su uso -vial, es necesario que el volumen de servicio sea menor que--

la capacidad de la carretera. Cuando el volumen de tránsito iguala a la capacidad de la carretera, las condiciones de operación son deficientes, las velocidades son bajas, con frecuencia hay paros y demoras prolongadas.

Seis niveles de servicio han sido definidos para la identificación de la operación del tránsito, bajo varias condiciones de velocidad y volumen. Estos niveles de servicio son designados con las letras A, B, C, D, E y F del mejor al peor.

El nivel de servicio A describe en los puntos de convergencia ó divergencia de la autopista, movimiento libre.

El nivel de servicio B se encontrarán ligeros conflictos en las rampas de entrada, pero no habrá problemas en la salida. El tránsito de entrada debe hacer ajustes de velocidad para incorporarse en las aberturas del carril uno.

El nivel de servicio C está en el límite de flujo libre. Este nivel de servicio es el deseable y buscado en economía y velocidad, para fines de proyecto.

El nivel D representa condiciones de incipiente con gestionamiento. En esta condición habrá más cambios de carril corriente arriba. La rampa podrá admitir volúmenes mayores que los correspondientes al nivel C, siempre y cuando el volumen total de la autopista no exceda los volúmenes correspondientes al nivel D.

El nivel de servicio E, tendrá colas intermitentes en las rampas de entrada y sobre la autopista habrá una condición desequilibrada. Los volúmenes que se alcanzan son iguales ó cercanos a la capacidad de la carretera.

A nivel F prácticamente se llega a la operación con paradas intermitentes sobre la autopista y en la rampa. La circulación es inestable por causa de cogestionamiento y las velocidades bajas.

El manual de proyecto geométrico de carreteras (1),

indica en su capítulo 6, referente a capacidad, los procedimientos para la obtención de los datos necesarios para la determinación tanto de la capacidad como del nivel de servicio en diferentes casos. Para vías de enlace o rampas, que son aquellas que permiten al tránsito cambiar de un camino a otro. En intersecciones es conocida como aquella que une dos ramas de la intersección. Para vías de enlace se utilizara el procedimiento para la determinación de volúmenes de servicio, para los niveles A, B y C. Con fines de proyecto, donde se deseen condiciones de circulación continua, como las proporcionadas por un nivel de servicio C, se calculara mediante expresiones algebraicas.

La serie de ecuaciones, involucran un cierto número de factores y variables, aun cuando no todos ellos se utilizan en una sola ecuación, se definen a continuación:

- $V_1 = 1$.- Para un enlace de entrada, V_1 es el volumen en el carril Núm. 1 de la autopista, a la altura de la nariz del enlace de entrada, precisamente antes de que tenga lugar la convergencia.
- 2.- Para un enlace de salida, V_1 es el volumen en el carril Núm. 1, inmediatamente antes de que tenga lugar la divergencia.
- 3.- Para un enlace de salida de dos carriles, V_1 es el volumen en el carril Núm. 1, inmediatamente después de que tenga lugar la divergencia.

$V_1 + A =$

- 1.- Para un enlace de entrada, $V_1 + A$ es el volumen en el carril Núm. 1 de la autopista más el volumen del enlace.

(1).- Manual de proyecto geométrico de carreteras SOP. 1976.

- 2.- Para un enlace de salida, $V_1 + A$ es el volumen en el carril Núm 1 de la autopista más el volumen del enlace antes de que tenga lugar la divergencia.
- V_c = Para la bifurcación de los tres carriles en un solo sentido de una autopista, en dos ramas de dos carriles cada una, V_c es el volumen en el carril central antes de que éste se divida en el carril Núm. 1 de la rama más importante y en el carril izquierdo de la otra rama.
- V_f = Para un enlace de entrada, V_f es el volumen en la autopista, total para todos los carriles en un sentido, a la altura de la nariz del enlace, precisamente antes de que tenga lugar la convergencia.
- V_t = Para un enlace de salida, V_t es el volumen en la autopista, total para todos los carriles en un solo sentido, inmediatamente antes de que tenga lugar la divergencia.
- V_r = 1.- Para un enlace de entrada, V_r es el volumen que llega a la zona de convergencia a través del enlace.
 2.- Para un enlace de salida, V_r es el volumen que sale por el enlace proveniente de la zona de divergencia.
 3.- Para una bifurcación, V_r es el volumen que usa la rama derecha de la bifurcación.
- D_u = Distancia en metros, medida desde el enlace que se está considerando hasta el enlace inmediato anterior o posterior de entrada o salida.
- V_u = Volumen en el enlace inmediato anterior o posterior (según el caso), al que se está considerando, bien sea de entrada o de salida.

En base a los procedimientos anteriores se hizo el análisis de capacidad de los anteproyectos de las alternativas seleccionadas.

Análisis de capacidad de la alternativa 1 "diamante".

En el sentido Guadalajara-Chapala tiene tres carriles de circulación y dos rampas, una de divergencia y otra de convergencia.

Análisis de la rampa de divergencia.

Existen las siguientes condiciones:

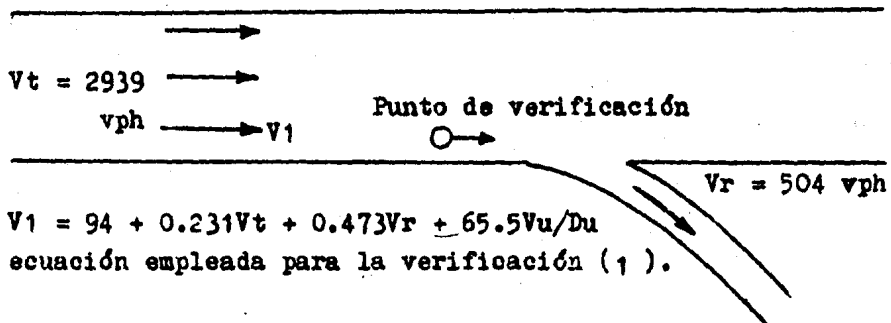
En la autopista: Pendiente ascendente del 3% con longitud de 800m.

12% de vehículos pesados.

En el enlace: Pendiente ascendente 1% con longitud de 300m.

12% de vehículos pesados.

Los volúmenes se muestran en el croquis.



En este caso específico, $V_u=0$ y $D_u=0$.

Sustituyendo, tenemos en condiciones ideales:

$$V_1 = 94 + 0.231(2939) + 0.473(504) + 65.5(0)$$

$$V_1 = 94 + 679 + 239$$

$$V_1 = 1012 \text{ vph.}$$

Volumen en el carril Núm. 1 de vehículos pesados (2).

$$2939 (0.12) (0.49) = 173 \text{ vph}$$

% de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$173/1012 = 17\%$$

Volumen en el carril Núm. 1 en vehículos ligeros equivalentes (3). $E_t = 4$; $T_l = 0.665$

$$V_1 = 1012 (0.91/0.665)$$

$$V_1 = 1385 \text{ vph}$$

(1) Manual de Proyecto. Op.Cit.Pag. 238. Fig. 6.41

(2) Manual de Proyecto. Op.Cit.Pag. 242. Fig. 6.52

(3) Manual de Proyecto. Op.Cit.Pag. 178. Tabla 6-F

Se concluye que en el punto de divergencia que se está verificando, corresponde a un nivel de servicio C, según la tabla 6-S (4). Por lo tanto cumple con las especificaciones del proyecto.

Análisis de la rampa de convergencia.

Existen las siguientes condiciones:

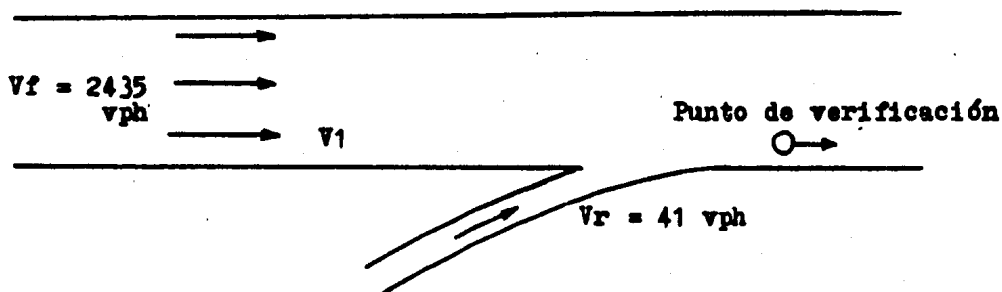
En la autopista: Pendiente ascendente del 4% con longitud de 800m.

12% de vehículos pesados.

En el enlace: Pendiente del 4% ascendente, con 300m. de longitud.

20% de vehículos pesados.

Los volúmenes se muestran en el croquis.



$V_1 = -121 + 0.244V_f - 0.085V_u + 195 V_d/D_d$
ecuación empleada para la verificación (5).

En este caso específico, $V_d = 0$, $D_d = 0$.

Sustituyendo, tenemos en condiciones ideales:

$$V_1 = -121 + 0.244(2435) - 0.085(504) + 195(0)$$

$$V_1 = -121 + 594 - 43$$

$$V_1 = 430 \text{ vph}$$

Volumen de vehículos pesados en el carril Núm 1

$$2435 (0.12) (0.51) = 149 \text{ vph}$$

% de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$149/430 = 35 \%$$

(4) Manual de Proyecto.Op.Cit.Pag. 231. Tabla 6-S

(5) Manual de Proyecto.Op.Cit.Pag. 237. Fig. 6.40

Volumen de vehículos ligeros equivalentes en el carril Núm. 1. $E_t = 5$; $T_l = 0.42$

$$V_1 = 430 (0.91/0.42)$$

$$V_1 = 932 \text{ vph}$$

Volumen de vehículos ligeros equivalentes en el enlace. $E_t = 3$; $T_l = 0.71$

$$V_r = 41 (0.91/0.71)$$

$$V_r = 53 \text{ vph}$$

Volumen total en el punto de convergencia

$$932 + 53 = 985 \text{ vph}$$

Se concluye que en el punto de convergencia que se está verificando, corresponde a un nivel de servicio A.

Análisis de capacidad del sentido Chapala-Guadalajara. Tiene tres carriles de circulación y dos rampas, una de divergencia y otra de convergencia.

Análisis de la rampa de divergencia.

Existen las siguientes condiciones:

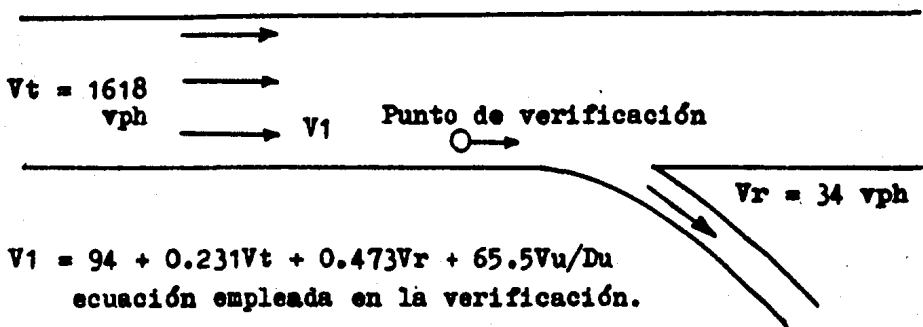
En la autopista: Pendiente descendente del 4 % en 800 m. de longitud.

24% de vehículos pesados.

En el enlace: Pendiente descendente del 4% con longitud de 125m.

29% de vehículos pesados.

Los volúmenes se muestran en el croquis.



En este caso específico, $V_u = 0$ y $D_u = 0$.

Sustituyendo, tenemos en condiciones ideales:

$$V_1 = 94 + 0.231(1618) + 0.473(34) + 65.5(0)$$

$$V_1 = 94 + 374 + 16$$

$$V_1 = 484 \text{ vph.}$$

Volumen de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$1618 (0.24) (0.55) = 214 \text{ vph}$$

‰ de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$214/484 = 44\%$$

Volumen en vehículos ligeros equivalentes en el carril

Núm 1. $E_t = 2$; $T_l = 0.69$

$$V_1 = 484 (0.91/0.69)$$

$$V_1 = 639 \text{ vph.}$$

Comparando este volumen con el correspondiente de la tabla 6-S, se concluye que en el punto de divergencia que se está verificando, corresponde a un nivel de servicio A.

Análisis de la rampa de convergencia.

Existen las siguientes condiciones:

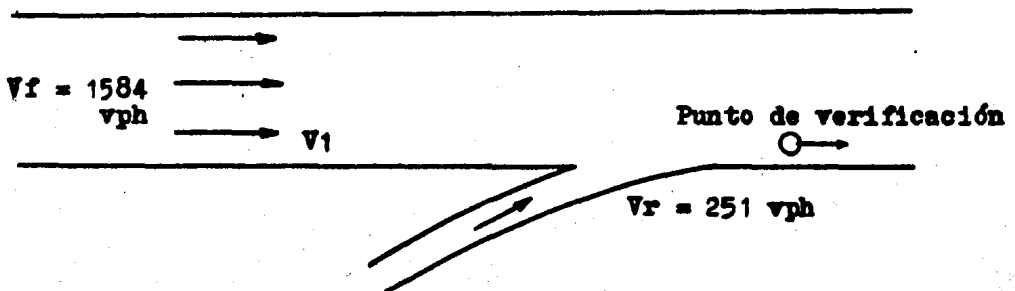
En la autopista: Pendiente descendente del 4% con longitud de 800m.

24% de vehículos pesados.

En el enlace: Pendiente descendente del 4% con longitud de 300m.

15% de vehículos pesados.

Los volúmenes se muestran en el croquis.



$V_1 = -121 + 0.244V_f - 0.085V_u + 195 V_d/D_d$
 ecuación empleada para la verificación.

En este caso específico, $V_d = 0$ y $D_d = 0$.

Sustituyendo, tenemos en condiciones ideales:

$$V_1 = -121 + 0.244(1584) - 0.085(34) + 195(0)$$

$$V_1 = -121 + 387 - 3$$

$$V_1 = 263 \text{ vph.}$$

Volumen de vehículos pesados en el carril Núm 1

$$1584 (0.24) (0.55) = 209 \text{ vph}$$

% de vehículos pesados en el carril Núm 1

$$209/263 = 79\%$$

Volumen de vehículos ligeros equivalentes en el carril

Núm 1. $E_t = 2$; $T_l = 0.63$

$$V_1 = 263 (0.91/0.63)$$

$$V_1 = 380 \text{ vph.}$$

Volumen de vehículos ligeros equivalentes en el enlace.

$E_t = 2$; $T_l = 0.87$

$$V_r = 251 (0.91/0.87)$$

$$V_r = 263 \text{ vph.}$$

Volumen total en el punto de convergencia

$$380 + 263 = 643 \text{ vph.}$$

Se concluye que en el punto de convergencia que se está verificando, corresponde a un nivel de servicio A.

Análisis de capacidad de la alternativa 2 "diamante ajustado".

Se tienen tres carriles de circulación, en cada sentido. En la dirección Guadalajara-Chapala, se analizarán dos rampas, una de divergencia y la otra de convergencia.

Análisis de la rampa de divergencia.

Existen las siguientes condiciones:

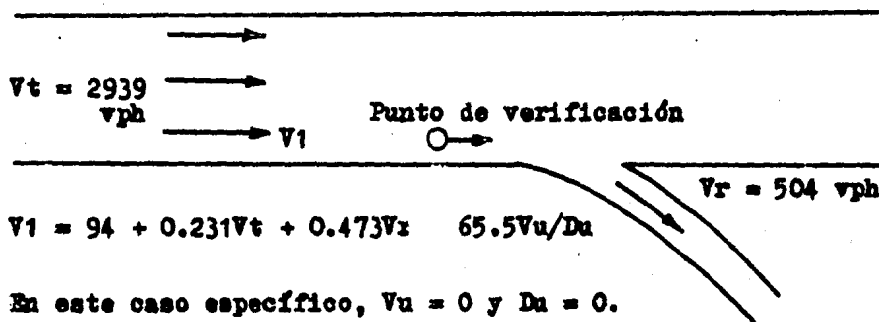
En la autopista: Pendiente ascendente del 3% con longitud de 800m.

12% de vehículos pesados.

En el enlace: Pendiente ascendente del 5% con longitud de 125m.

12% de vehículos pesados.

Los volúmenes se muestran en el croquis.



$$V1 = 94 + 0.231Vt + 0.473Vr + 65.5Vu/Da$$

En este caso específico, $Vu = 0$ y $Da = 0$.

Sustituyendo, tenemos en condiciones ideales:

$$V1 = 94 + 0.231(2939) + 0.473(504) + 65.5(0)$$

$$V1 = 94 + 0.231(679 + 239)$$

$$V1 = 1012 \text{ vph.}$$

Volumen de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$2939 (0.12) (0.49) = 173 \text{ vph}$$

% de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$173/1012 = 17\%$$

Volumen en el carril Núm. 1 en el carril Núm. 1 en vehículos ligeros equivalentes. $E_t = 4$; $T_l = 0.665$

$$V1 = 1012 (0.91/0.665)$$

$$V1 = 1385 \text{ vph.}$$

Se concluye que en el punto de divergencia que se está verificando, corresponde a un nivel de servicio C. Por lo tanto cumple con las especificaciones del proyecto.

Análisis de la rampa de convergencia.

Existen las siguientes condiciones:

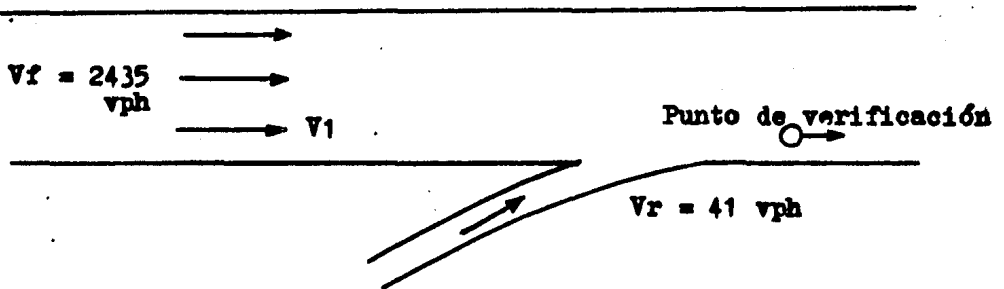
En la autopista: Pendiente ascendente del 4% con longitud de 800m.

12% de vehículos pesados.

En el enlace: Pendiente descendente del 1% con longitud de 125m.

20% de vehículos pesados.

Los volúmenes se muestran en el croquis.



$$V_1 = -121 + 0.244V_f - 0.085 + 195 V_d/D_d$$

ecuación empleada para la verificación.

En este caso específico, $V_d = 0$ y $D_d = 0$.

Sustituyendo, tenemos en condiciones ideales:

$$V_1 = -121 + 0.244(2435) - 0.085(504) + 195(0)$$

$$V_1 = -121 + 594 - 43$$

$$V_1 = 430 \text{ vph.}$$

Volumen de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$2435 (0.12) (0.51) = 149 \text{ vph}$$

% de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$149/430 = 35\%$$

Volumen de vehículos ligeros equivalentes en el carril Núm 1

$$E_t = 5 ; T_l = 0.42$$

$$V_1 = 430 (0.91/0.42)$$

$$V_1 = 932 \text{ vph.}$$

Volumen de vehículos ligeros equivalentes en el enlace.

$$E_t = 2 ; T_1 = 0.83$$

$$V_r = 41 (0.91/0.83)$$

$$V_r = 45 \text{ vph.}$$

Volumen total en el punto de convergencia

$$932 + 45 = 977 \text{ vph.}$$

Se concluye que en el punto convergencia que se está verificando, corresponde a un nivel de servicio A.

Análisis de capacidad del sentido Chapala-Guadalajara.

Se tienen tres carriles de circulación y dos rampas, una de divergencia y otra de convergencia.

Análisis de la rampa de divergencia.

Existen las siguientes condiciones:

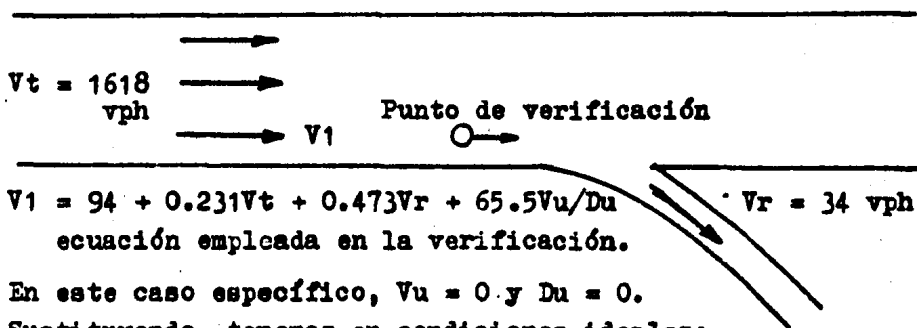
En la autopista: Pendiente descendente del 4% con longitud de 800m.

24% de vehículos pesados.

En el enlace: Pendiente descendente del 5% con longitud de 125m.

29% de vehículos pesados.

Los volúmenes se muestran en el croquis.



$$V_t = 1618 \text{ vph}$$

Punto de verificación

V_1

\circ

$$V_1 = 94 + 0.231V_t + 0.473V_r + 65.5V_u/D_u$$

ecuación empleada en la verificación.

$$V_r = 34 \text{ vph}$$

En este caso específico, $V_u = 0$ y $D_u = 0$.

Sustituyendo, tenemos en condiciones ideales:

$$V_1 = 94 + 0.231(1618) + 0.473(34) + 65.5(0)$$

$$V_1 = 94 + 374 + 16$$

$$V_1 = 484 \text{ vph.}$$

Volumen de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$1618 (0.24) (0.55) = 214 \text{ vph}$$

% de vehículos pesados en el carril Núm 1

$$214/484 = 44\%$$

Volumen en vehículos ligeros equivalentes en el carril Núm.

1. $E_t = 2 ; T_l = 0.69$

$$V_1 = 484 (0.91/0.69)$$

$$V_1 = 639 \text{ vph.}$$

Comparando este volumen con el correspondiente de la tabla 6-S, se concluye que en el punto de divergencia que se está verificando, corresponde a un nivel de servicio A.

Análisis de la rampa de convergencia.

Existen las siguientes condiciones:

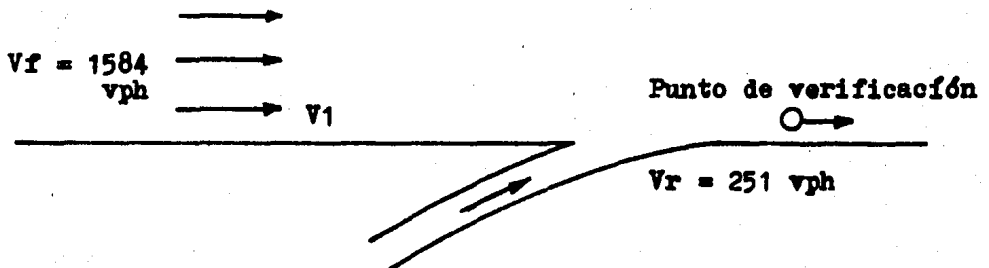
En la autopista: Pendiente descendente del 4% con longitud de 800m.

24% de vehículos pesados.

En el enlace: Pendiente descendente del 5% con longitud de 150m.

15% de vehículos pesados.

Los volúmenes se muestran en el croquis.



$$V_1 = -121 + 0.244V_f - 0.085V_u + 195 V_d/D_d$$

ecuación empleada para la verificación.

En este caso específico, $V_d = 0$ y $D_d = 0$.

Sustituyendo, tenemos en condiciones ideales:

$$V_1 = -121 + 0.244(1584) - 0.085(34) + 195(0)$$

$$V_1 = -121 + 387 - 3$$

$$V_1 = 263 \text{ vph.}$$

Volumen de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$1584 (0.24) (0.55) = 209 \text{ vph.}$$

% de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$209/263 = 79\%$$

Volumen de vehículos ligeros equivalentes en el carril

Núm. 1 $E_t = 2$; $T_l = 0.63$

$$V_l = 263 (0.91/0.63)$$

$$V_l = 380 \text{ vph.}$$

Volumen de vehículos ligeros equivalentes en el enlace.

$E_t = 2$; $T_l = 0.87$

$$V_r = 251 (0.91/0.87)$$

$$V_r = 263 \text{ vph.}$$

Volumen total en el punto de convergencia

$$380 + 263 = 643 \text{ vph.}$$

Se concluye que en el punto de convergencia que se está verificando, corresponde a un nivel de servicio A.

Análisis de capacidad de la alternativa 6 "trébol parcial".

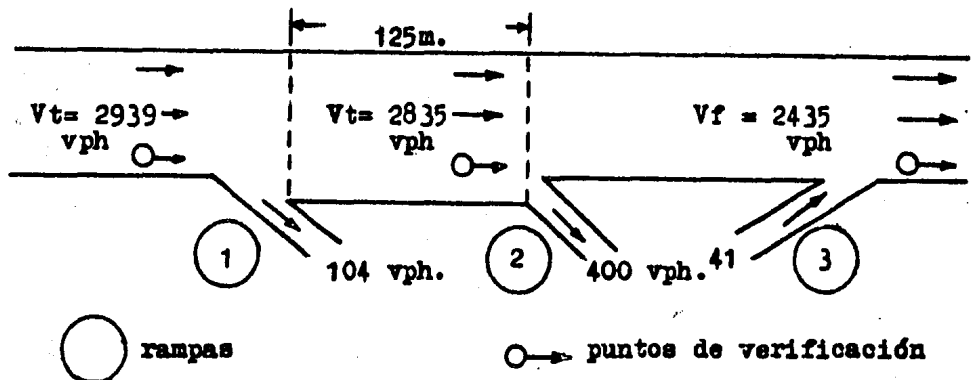
En el sentido Guadalajara-Chapala tiene tres carriles de circulación y tres rampas, dos de divergencia y una de convergencia.

Existen las siguientes condiciones:

En la autopista: Pendiente ascendente del 3% con longitud de 800m.

12% de vehículos pesados.

Los volúmenes se muestran en el croquis.



Análisis de la rampa 1 de divergencia.

Se considera que un porcentaje, que va a usar la segunda rampa circula por el carril Núm. 1, desde antes de la primera. Por lo tanto $V_r = (104 + 0.95(400))$. (1).

Si $V_1 = 94 + 0.231V_t + 0.473V_r + 65.5 V_u/D_u$. En donde $V_u=0$ y $D_u=0$, para este caso específico.

Sustituyendo, tenemos en condiciones ideales:

$$V_1 = 94 + 0.231(2939) + 0.473(104 + 0.95(400)) + 65.5 (0)$$

$$V_1 = 94 + 679 + 229$$

$$V_1 = 1002 \text{ vph.}$$

(1) Manual de Proyecto.Op.Cit.Pag. 244

Volumen de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$2939 (0.12) (0.49) = 173 \text{ vph.}$$

‰ de vehículos pesados en el carril Núm. 1.

$$173/1002 = 17\%$$

Volumen de vehículos ligeros equivalentes en el carril Núm.

$$1. \quad Et = 4 ; Tl = 0.665$$

$$Vl = 1002(0.91/0.665)$$

$$Vl = 1371 \text{ vph.}$$

Se concluye que en el punto de divergencia que se está verificando, corresponde a un nivel de servicio C. Por lo tanto cumple con las especificaciones del proyecto.

Análisis de la rampa 2 de divergencia.

En condiciones ideales, tenemos:

$$Vl = 94 + 0.231(2835) + 0.473(400) + 65.5(0)$$

$$Vl = 94 + 655 + 189$$

$$Vl = 938 \text{ vph.}$$

Volumen de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$2835 (0.13) (0.49) = 181 \text{ vph.}$$

‰ de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$181/938 = 19\%$$

Volumen de vehículos ligeros equivalentes en el carril Núm.

$$1. \quad Et = 4 ; Tl = 0.64$$

$$Vl = 938 (0.91/0.64)$$

$$Vl = 1334 \text{ vph.}$$

Se concluye que en el punto de divergencia que se está verificando, corresponde a un nivel de servicio C.

Análisis de la rampa 3 de convergencia.

Las condiciones en el enlace son : Pendiente ascendente del
3‰ con longitud de 300m.
20‰ de vehículos pesados.

En condiciones ideales, tenemos:

$$Vl = -121 + 0.244(2435) - 0.085(400) + 195(0)$$

$$Vl = -121 + 594 - 34$$

$$Vl = 439 \text{ vph.}$$

Volumen de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$2435 (0.13) (0.51) = 161 \text{ vph.}$$

% de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$161/439 = 37\%$$

Volumen de vehículos ligeros equivalentes en el carril Núm.

$$1. \quad E_t = 4 ; T_l = 0.47$$

$$V_l = 439 (0.91/0.47)$$

$$V_l = 850 \text{ vph.}$$

Volumen de vehículos ligeros equivalentes en el enlace.

$$E_t = 3 ; T_l = 0.71$$

$$V_r = 41(0.91/0.71)$$

$$V_r = 53 \text{ vph.}$$

Volumen total en el punto de convergencia.

$$850 + 53 = 903 \text{ vph.}$$

Se concluye que en el punto de convergencia que se está verificando, corresponde a un nivel de servicio A.

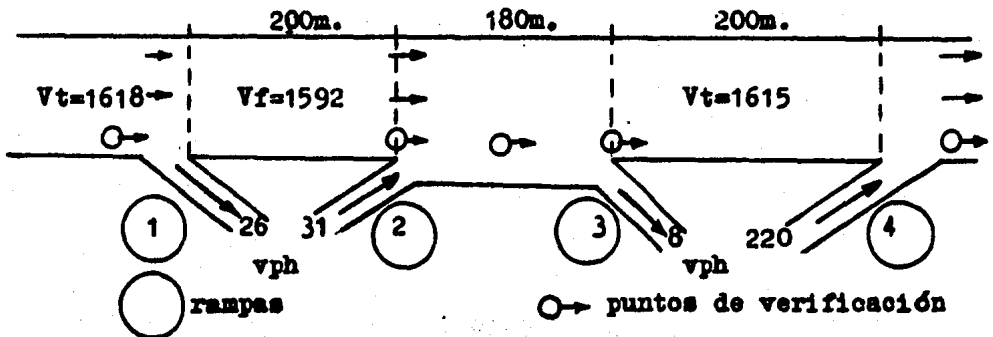
En el sentido Chapala-Guadalajara se tienen tres carriles de circulación y cuatro rampas, dos de divergencia y dos de convergencia.

Existen las siguientes condiciones:

En la autopista: Pendiente descendente del 4% con longitud de 800m.

24% de vehículos pesados.

Los volúmenes se muestran en el croquis.



Análisis de la rampa 1 de divergencia.

En condiciones ideales, tenemos:

$$V_1 = 94 + 0.231V_t + 0.473V_r + 65.5V_u/D_u.$$

$$V_1 = 94 + 0.231(1618) + 0.473(26) + 65.5(0)$$

$$V_1 = 94 + 374 + 13$$

$$V_1 = 481 \text{ vph.}$$

Volumen de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$1618(0.24) (0.55) = 214 \text{ vph.}$$

‰ de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$214/481 = 45\%$$

Volumen en el carril Núm. 1 en vehículos ligeros equivalentes

$$E_t = 2 ; T_l = 0.69$$

$$V_1 = 481(0.91/0.69)$$

$$V_1 = 634 \text{ vph.}$$

Se concluye que en el punto de divergencia que se está verificando, corresponde a un nivel de servicio A.

Análisis de las rampas 2 y 3.

El volumen en el carril Núm. 1, en condiciones ideales:

$$V_1 = 87 + 0.225V_f - 0.14V_r + 0.5V_d \text{ ecuación empleada (2) .}$$

Sustituyendo, tenemos:

$$V_1 = 87 + 0.225(1592) - 0.14(31) + 0.5(8)$$

$$V_1 = 87 + 358 - 5 + 4$$

$$V_1 = 444 \text{ vph.}$$

Volumen de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$1592 (0.24) (0.55) = 210 \text{ vph.}$$

‰ de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$210/444 = 47\%$$

Volumen en el carril Núm. 1 en vehículos ligeros equivalentes.

$$E_t = 2 ; T_l = 0.68$$

$$V_1 = 444(0.91/0.68)$$

$$V_1 = 594 \text{ vph.}$$

Este volumen se verifica a la altura de la nariz del enlace de entrada, y corresponde a un nivel de servicio A.

Volumen en el enlace de entrada en vehículos ligeros equivalentes. $E_t = 2$; $T_l = 0.885$

$$V_r = 31 (0.91/0.885)$$

$$V_r = 32 \text{ vph.}$$

Verificación del volumen, a la mitad de la longitud del carril auxiliar. (3).

$$V_1 = 594 + 0.6(32) + 0.75(8)$$

$$V_1 = 619 \text{ vph.}$$

Que corresponde a un nivel de servicio A.

En el carril auxiliar:

$$V_a = 0.4(32) + 0.25(8)$$

$$V_a = 15 \text{ vph.}$$

Que también corresponde a un nivel de servicio A.

Verificación del volumen, a la altura de la nariz del enlace de salida.

En el carril Núm. 1

$$V_1 = 586 + 32$$

$$V_1 = 618 \text{ vph.}$$

En el carril auxiliar:

$$V_a = 8 \text{ vph.}$$

Se concluye que en ambos puntos se está verificando, un nivel de servicio A.

Análisis de la rampa 4 de convergencia.

En condiciones ideales, tenemos:

$$V_1 = -121 + 0.244V_f - 0.085V_u + 195V_d/D_d$$

$$V_1 = -121 + 0.244(1615) - 0.085(8) + 195(0)$$

$$V_1 = -121 + 394 - 1$$

$$V_1 = 272 \text{ vph.}$$

Volumen de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$1615 (0.24) (0.56) = 217 \text{ vph.}$$

% de vehículos pesados en el carril Núm. 1

$$217/272 = 80\%$$

Volumen en el carril Núm. 1 en vehículos ligeros equivalentes

$$E_t = 2 ; T_l = 0.63$$

$$V_l = 272 (0.91/0.63)$$

$$V_l = 393 \text{ vph.}$$

Volumen en el enlace, en vehículos ligeros equivalentes.

$$E_t = 2 ; T_l = 0.87$$

$$V_r = 220 (0.91/0.87)$$

$$V_r = 230 \text{ vph.}$$

Volumen total en el punto de convergencia.

$$393 + 230 = 623 \text{ vph.}$$

Se concluye que en el punto de convergencia que se está verificando, corresponde a un nivel de servicio A.

E. Características operacionales.

En las alternativas 1 y 2 se presentan el mismo número de convergencias y divergencias, ya que son soluciones similares. No dan preferencia a ningún volumen de tránsito. Mantienen cruces a nivel sobre el camino de menor tránsito, debido a las vueltas izquierdas. Las velocidades esperadas son cercanas a las de proyecto. Con condiciones de circulación libre. Los conductores tienen libertad de maniobrar. La diferencia principal entre ambas alternativas es la distancia de recorrido. En donde la alternativa 2 es superior a la 1, pues las distancias de recorrido son considerablemente menores. Ambas alternativas proporcionan al conductor el mismo tipo de maniobras. Ninguna de las dos alternativas presenta problemas para su correcta señalización.

La alternativa 6 presenta mayor número de entradas y salidas y por lo tanto mayor número de convergencias, divergencias y cruces. La separación de movimientos direccionales es casi total. Manteniendo solo una vuelta izquierda a nivel sobre el camino de menor tránsito y para un volumen muy bajo (10 vph). Con condiciones de circulación continua y libre. La diferencia en número y tipo de rampas así como su cercanía, podría confundir al conductor. Por este motivo es necesario un correcto y cuidadoso señalamiento. Las distancias de recorrido son intermedias entre las alternativas 1 y 2.

Las tres alternativas proporcionan diferentes condiciones de seguridad. Dadas las características operacionales de las alternativas examinadas, es evidente que la alternativa 6 es superior a las otras dos y a su vez la alternativa 2 es superior a la 1.

F. Mantenimiento del tránsito durante la construcción.

En todas las alternativas la estructura está ubicada sobre el camino de menor tránsito. Constituida por elementos prefabricados, reduciendo la posibilidad de interrupción prolongada del tránsito sobre el camino principal. El tránsito sobre el camino de menor volumen sería mantenido durante la construcción de los terraplenes y montaje de la estructura, mediante las mismas rampas de las intersecciones construidas previamente. No hay una diferencia significativa entre las alternativas 1 y 6. A diferencia de la alternativa 2 que sería necesario acondicionar desviaciones durante la construcción para mantener el tránsito.

2. ANALISIS ECONOMICO.

La inversión que requiere la ejecución de un proyecto, así como los beneficios que reditúa son elementos importantes en la selección de alternativas de solución. La limitación de fondos públicos para inversiones en caminos, obligan a establecer un orden de prioridad en los proyectos a ejecutar y compiten con otras oportunidades de inversión.

Cuando varias alternativas están bajo estudio, la evaluación económica sirve para seleccionar la mejor alternativa en términos de beneficios monetarios en relación con los costos. Y permite hacer una decisión reduciendo el área de incertidumbre para hacer mejor uso de los recursos monetarios disponibles.

Entre los métodos de análisis económicos, el llamado relación beneficio/costo, es uno de los más convenientes para la evaluación de inversiones públicas. Este método indica la recuperación en forma de beneficios al usuario, sobre la inversión empleada en el mejoramiento o construcción de obras.

RELACION BENEFICIO/COSTO.

$$B/C = \frac{-(U_p - U_b) - (K_p - K_b)}{(I_p - I_b) \text{ f.r.c.}}$$

donde:

- B/C = Relación beneficio/costo
- U = Costo uniforme anual de los usuarios del camino, incluye valor del tiempo por demoras y costo por accidentes.
- K = Gasto uniforme anual por conservación y mantenimiento.
- I = Inversión inicial (incluye valor de rescate de la obra en el año N).
- b,p = Subíndices para la alternativa base (situación existente) y la alternativa propuesta, respectivamente.
- f.r.c. = Factor de recuperación de capital.
- N = Número de años estimado de la vida económica de la obra. (Para fines de este trabajo se utilizó N = 10 años).
- i = Tasa de interés anual (la tasa empleada es del 14% de interés social empleada por los bancos).

El índice resultante del análisis de cada una de las alternativas, indica el valor relativo de éstas en beneficio a los usuarios de la obra. En el análisis de las alternativas, se calcula una relación beneficio/costo para cada una de éstas tomando como base de comparación las condiciones existentes de la intersección.

Por lo anterior se determinaron para cada alternativa, los costos de construcción, costos anuales de conservación y mantenimiento y los costos anuales de los usuarios.

A. Costos de Construcción.

Con los precios vigentes en 1982 (1), se determinaron los -

(1) COVITUR. Ingeniería vial y transporte. D.F. 1982.

costos aproximados, de las alternativas de solución tomando como base los anteproyectos para la cuantificación de obra.

Alternativa 1 "diamante".

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1 -Adquisición del terreno	147,714.28	100.00/m ²	14,771,428
2 -Estructura (puente)	750.00	17,300.42/m ²	12,975,315
3 -Rampas (incluye pavimentos y muros)	13,293.42	8,688.68/m ²	115,502,272
4 -Guarniciones	1,899.06	376.63/ml	715,243
5 -Pavimentación	12,114.28	759.04/m ²	9,195,223
6 -Carpeta	24,200.00	274.35/m ²	6,639,270
7 -Afectaciones	-	-	-
8 -Rellenos de gran volumen	37,800.00	274.35/m ³	10,370,430
9 -Reubicación de instalaciones	4	62,000.00/pza	248,000
10-Obra de desvío	-	-	-
11-Muros de contención	-	-	-
12-Parapeto metálico	220.00	3,140.88/ml	690,993
13-Drenaje, marcas y señales	5 %	lote	7,816,837
14-Imprevistos	10 %	-	15,633,674
			194,558,685
	suma =		194,558,685

Alternativa 2 "diamante ajustado".

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1 -Adquisición del terreno	54,857.14	100.00/m ²	5,485,714

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
2 -Estructura (puente)	750.00	17,300.42/m ²	12,975,315
3 -Rampas (incluye pavimen tos y muros)	9,748.41	8,688.68/m ²	84,700,815
4 -Guarniciones	1,392.63	376.63/ml	524,506
5 -Pavimentación	11,000.00	759.04/m ²	8,349,440
6 -Carpeta	22,000.00	274.35/m ²	6,035,700
7 -Afectaciones	571.42	10,000.00/m ²	5,714,200
8 -Rellenos de gran volu- men	68,099.70	274.35/m ³	18,683,153
9 -Reubicación de insta- laciones	7	62,000.00/pza	434,000
10-Obra de desvío	6,802.56	1,033.39/m ²	7,029,697
11-Muros de contención	-	-	-
12-Parapeto metálico	220.00	3,140.88/ml	690,994
13-Drenaje, marcas y señales	5 %	lote	7,256,891
14-Imprevistos	10 %	-	14,513,782
			172,394,207
	suma =		

Alternativa 6 "trébol parcial".

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1 -Adquisición del terreno	182,625.00	100.00/m ²	18,262,528
2 -Estructura (puente)	857.00	17,300.42/m ²	14,826,460
3 -Rampas (incluye pavimen tos y muros)	20,220.27	8,688.68/m ²	175,687,456
4 -Guarniciones	2,888.61	376.63/ml	1,087,937
5 -Pavimentación	15,114.28	759.04/m ²	11,472,343
6 -Carpeta	30,357.14	274.35/m ²	8,328,481
7 -Afectaciones	-	-	-

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
8 -Rellenos de gran volumen	37,800.00	274.35/m ³	10,370,430
9 -Reubicación de instalaciones	8	62,000.00/pza	496,000
10-Obra de desvío	-	-	-
11-Muros de contención	234.66	1,959.59/m ³	459,837
12-Parapeto metálico	376.44	3,140.88/ml	1,182,352
13-Drenaje, marcas y señales	5 %	lote	11,195,565
14-Imprevistos	10 %	-	22,391,130
			275,760,519
	suma =		

B. Costos de conservación y mantenimiento.

Las alternativas de solución, así como la intersección en condiciones actuales, generan un costo anual de conservación y mantenimiento. De los conceptos que involucran este gasto se ha tomado como representativo el renglón de repavimentación, y considerando una vida útil de 10 años para las obras y 2 reencarpetados en ese lapso, los costos estimados son:

Costos anuales de conservación y mantenimiento.

Condiciones actuales	=	11,942,790
Alt. 1 "diamante"	=	10,523,077
Alt. 2 "diamante ajustado"	=	9,556,580
Alt. 6 "trébol parcial"	=	13,138,039

C. Costos de los usuarios.

Los costos de los usuarios se pueden clasificar en tres grupos generales: costos de operación, costos por demoras y costos por accidentes.

a). Costos de operación.

Es necesario estimar el total de los costos de operación, para diferentes tipos de vehículos para cada alternativa. El costo unitario (por km), para la operación de vehículos depende de dos factores, el primero son las características de diseño de la intersección y el segundo de las condiciones bajo las cuales es usada. Para la estimación de los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos que circulan por la intersección en estudio, se determinó en base a los estudios de origen y destino (1) un vehículo promedio por clasificación vehicular. Esto es un automóvil, un autobús y un camión. A su vez los costos se dividieron en gastos fijos y gastos variables.

Los gastos fijos se definen a continuación:

- Amortización: Es el costo del vehículo menos el valor de recuperación al cabo de su vida útil. Considerando según el tipo de vehículo un determinado número de km recorridos anualmente, durante su vida útil.
- Interés de capital: Esto es, si la inversión del costo inicial hubiese sido hecha en valores, hubiera producido conservadoramente, - 40 % de interés anual.
- Seguro: Cubriendo robo total, daños a terceros, etc.

(1) Estudio de origen y destino. Estación "Miguel Hidalgo" SAHOP. 1982.

- Impuestos: De tenencia, placas, infracciones, etc.
- Operación: Se considera únicamente un operador, recorriendo el camino a una velocidad-media de 60 km/hora.

Los gastos variables considerados son los siguientes:

- Gasolina: Considerando un determinado rendimiento por tipo de vehículo en forma conservadora.
- Aceite: Con cambio cada determinado número de kilómetros según el tipo de vehículo, incluyendo cambio de filtro.
- Llantas: Considerando una vida promedio para un determinado número de kilómetros, según el tipo de vehículo. (cinco llantas).
- Reparaciones y servicio: Se consideran refacciones, mano de obra engrasados, lavados, afinaciones, hojalatería y pintura, etc. por un año.

En base a lo anterior y con precios promedio vigentes en 1982, se determinaron los costos de operación aproximados.

Automóviles.

Gastos fijos.

- Amortización:	costo inicial \$ 500,000, kilometros re corridos por año = 25,000, durante 10-años, valor de rescate \$ 100,000.	
	$\frac{500,000 - 100,000}{25,000 \times 10} =$	\$ 1.60
- Interés:	considerando 40 % de tasa de interés.	
	$\frac{500,000 \times 0.40 \times 10}{250,000} =$	\$ 8.00
- Seguro:	costo de \$ 35,000 cobertura amplia.	
	$\frac{35,000}{25,000} =$	\$ 1.40
- Impuestos:	placas, tenencia, infracciones.	
	$\frac{2,000 + 6,000 + 2,000}{25,000} =$	\$ 0.40

Gastos variables.

- Gasolina:	con un rendimiento de 0.187 l/km, a \$ 10.00 litro de gasolina.	
	$0.187 \times 10 =$	\$ 1.90
- Aceite:	con cambio cada 2,000 km, 5 litros, a \$ 75.00 litro y filtro de \$ 150.00.	
	$\frac{(5 \times 75) + 150}{2,000} =$	\$ 0.25
- Llantas:	a \$ 3,500 c/u, y vida útil de 40,000 km	
	$\frac{3,500 \times 5}{40,000} =$	\$ 0.44
- Reparaciones y servicios:	gasto anual de \$ 30,000	
	$\frac{30,000}{25,000} =$	\$ 1.20
	costo de operación de automóviles =	<u>\$ 15.19/km.</u>

Autobuses.

Gastos fijos.

- Amortización: costo inicial \$ 1,600,000, kilometros recorridos en un año = 80,000 , durante 5 años, valor de rescate \$ 128,000.
- $$\frac{1,600,000 - 128,000}{80,000 \times 5} = \$ 3.68$$
- Interés: considerando una tasa de interés de 40%
- $$\frac{1,600,000 \times 0.4}{80,000} = \$ 8.00$$
- Seguro, gestoría, indemnizaciones: costo anual \$ 50,000.
- $$\frac{50,000}{80,000} = \$ 0.63$$
- Impuestos: placas, permisos, infracciones.
- $$\frac{4,000 + 8,000 + 3,000}{80,000} = \$ 0.19$$
- Administración: costo anual de \$ 25,400.
- $$\frac{25,400}{80,000} = \$ 0.32$$
- Operador: con sueldo mensual de \$ 20,000 y un costo por hora de \$ 83.33, recorriendo el camino a una velocidad de 60 km/h.
- $$\frac{83.33}{60} = \$ 1.38$$

Gastos variables.

- Gasolina: con rendimiento de 0.3 l/km a \$ 10.00 - litro de gasolina.
- $$0.30 \times 10 = \$ 3.00$$

- Aceite:	cambio cada 4,000 km, 10 litros, a \$ 60 litro y filtro de \$ 200.	
	<u>800</u> =	\$ 0.20
	4,000	
- Llantas:	a \$ 6,500 c/u, y vida útil de 40,000 km y considerando 5 llantas.	
	<u>6,500 x 5</u> =	\$ 0.81
	40,000	
- Reparaciones menores y servicios:	con costo anual de \$ 30,000.	
	<u>30,000</u> =	\$ 0.38
	80,000	
- Reparaciones mayores:	con costo anual de \$ 150,000.	
	<u>150,000</u> =	\$ 1.88
	80,000	
costo de operación de autobuses = \$		<u>20.47/km.</u>

Camiones.

Gastos fijos.

- Amortización:	costo inicial \$ 1,800,000, kilometros recorridos en un año 54,000, durante 5-años.	
	<u>1,800,000</u> =	\$ 6.65
	54,000 x 5	
- Seguros:	costo anual \$ 140,000.	
	<u>140,000</u> =	\$ 2.59
	54,000	
- Operador:	con sueldo mensual de \$ 35,000 y un costo por hora de \$ 145.70, recorriendo el camino a una velocidad de 60 km/hora.	
	<u>145.70</u> =	\$ 2.43
	60	

Gastos variables.

- Gasolina:	con rendimiento de 0.423 l/km, a \$ 10 - litro de gasolina.	
	$0.423 \times 10 =$	\$ 4.23
- Aceite:	con cambio cada 3,000 km, 10 litros a - \$ 60 litro y refacciones por valor de - \$ 460.0.	
	$\frac{1,060}{3,000} =$	\$ 0.35
- Llantas:	a \$ 12,000 c/u y vida útil de 40,000 km y considerando 5 llantas.	
	$\frac{12,000 \times 5}{40,000} =$	\$ 1.50
- Reparación y mantenimiento:	con costo anual de \$ 150,000.	
	$\frac{150,000}{54,000} =$	\$ 2.77
costo de operación de camiones =		\$ <u>20.52/km.</u>

b). Costos por demoras.

El valor del tiempo es menos tangible que otros costos de operación de vehículos. El valor que le dan los conductores al tiempo de viaje recuperado, esta en función de los intereses de éstos. Cuando los volúmenes de tránsito son grandes, las demoras ocasionadas por el tiempo que pierden los usuarios en espera de una oportunidad para cruzar e incorporarse a la corriente del tránsito o en espera de la luz verde en caso de intersecciones controladas por medio de semáforos, son muy importantes.

Para calcular el costo por las demoras de los automovilistas, se hicieron las siguientes consideraciones: De los volúmenes vehiculares actuales (1982) VDPA, se consideraron y determinaron los volúmenes que circularon por la intersección en el año y tomando en cuenta la capacidad de las

vías (para fines de análisis se le dio el tratamiento que se usa para intersecciones controladas con semáforos, suponiendo una distribución de tiempo en función de los volúmenes y ancho de los accesos (1)). Con una estimación en la ocupación por vehículo y la composición del tránsito se determinó el número de pasajeros que cruzan la intersección. El promedio de ocupación se tomó así: automóviles 3.4 pasajeros, --- autobuses 25.3 pasajeros y camiones 3.4 pasajeros por vehí--- culo (2). En base a lo anterior se estimaron las horas/hom--- bre utilizadas en el cruce, y con un costo aproximado de --- \$ 90.00 para el año 1982, dio las cifras siguientes:

Costos anuales por demoras.

Condiciones actuales.	=	\$	28,451,790
Alternativa 1 "diamante"	=	\$	6,159,240
Alternativa 2 "diamante ajustado"	=	\$	6,159,240
Alternativa 6 "trébol parcial"	=		no significativo.

c). Costos por accidentes.

El costo por accidentes entre alternativas de solución no es muy diferente para influir en la selección final. Sin embargo sí son significativos en la justificación de la necesidad de mejorar las condiciones existentes. Una estimación de la reducción esperada en costos por accidentes es necesaria.

(1) Capacidad vial, intersecciones a nivel. Ingeniería de --- tránsito. Rafael Cal y Mayor. pag. 170, 1974.

(2) Estudio de origen y destino. Estación "Miguel Hidalgo". SAHOP.

De las estadísticas de accidentes de tránsito, basados en -- los partes levantados por la Policía Federal de Caminos y -- concentrados en el centro SAHOP del Estado de Jalisco durante el año de 1982.(1). Se obtuvieron los siguientes datos:

Se registraron 11 accidentes en la intersección en estudio, con saldo de 2 personas muertas y 4 heridas, en los cuales los daños materiales estimados fueron de \$ 1,090,000. Para valuar el costo de la pérdida de la vida, así como en la estimación de los costos por los heridos, se utilizaron los procedimientos establecidos en la Ley Federal del Trabajo (2), con las siguientes consideraciones; De los heridos se supuso que 2 de ellos padecerían invalidez permanente, y los otros 2 padecerían invalidez temporal por un periodo de 60 días. Qué estimados dieron las cifras siguientes.

RESUMEN DE ACCIDENTES EN 1982

CARRETERA: GUADALAJARA - CHAPALA KM. 6 + 795 (±30m)

<u>CONCEPTO</u>	<u>No.</u>	<u>COSTO</u>
DAÑOS MATERIALES.	--	\$ 1,090,000
HERIDOS	4	\$ 3,386,400
MUERTOS	2	\$ 1,770,000
		<hr/>
TOTAL		\$ 6,246,400

(1) Accidentes en carreteras federales del Estado de Jalisco. SAHOP. 1982.

(2) Ley Federal del Trabajo. 1982. Art. 495 y 500.

D. Cálculo de los costos uniformes anuales equivalentes y la relación B/C de las alternativas de solución.

a). Costo uniforme anual de mejoramiento "I".

Para calcular el costo anual de mejoramiento, es necesario - convertir la inversión inicial en una serie uniforme de costos a lo largo de la vida de la obra y considerando el valor de rescate de la misma, para el periodo de análisis considerado. Esto se logra mediante el valor del f.r.c. que es el - factor de recuperación de capital. Factor por el cual debe - multiplicarse la inversión actual para hallar la serie futura, que permitirá que se recupere ésta sobre N, periodo a -- una tasa de interés compuesto i.

Que para N=10 años, i=14% corresponde un valor para el f.r.c. de 0.1917 y mediante la expresión:

$$I = \left(\begin{array}{l} \text{inversión} \\ \text{inicial} \end{array} - \begin{array}{l} \text{valor de} \\ \text{rescate} \end{array} \right) \text{f.r.c.} + \left(\begin{array}{l} \text{valor de} \\ \text{rescate} \end{array} \right) i \quad (1)$$

Se obtuvieron las siguientes cifras:

$$\text{Condiciones actuales.} = (0) 0.1917 \quad = 0$$

$$\begin{aligned} \text{Alternativa 1} &= (194,558,685 - 58,367,605) 0.1917 \\ \text{"diamante".} &+ (58,367,605) 0.14 = 34,279,295 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Alternativa 2} &= (172,394,207 - 43,098,552) 0.1917 \\ \text{"diamante ajustado".} &+ (43,098,552) 0.14 = 30,819,774 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Alternativa 6} &= (275,760,519 - 110,304,207) 0.1917 \\ \text{"trébol parcial".} &+ (110,304,207) 0.14 = 47,160,564 \end{aligned}$$

b). Costo uniforme anual de conservación y mantenimiento "K".
Suponiendo que el crecimiento de los gastos de conservación y mantenimiento esta en función del crecimiento del tránsito, el costo uniforme anual será:

$$K = M \times \text{GUS.}$$

donde:

M = costo anual de conservación y mantenimiento

GUS = series uniformes de gradiente, en función de la hipótesis de crecimiento del tránsito. Y se expresa:

$$\text{GUS} = 1 + (G \times t)$$

t = tasa de incremento anual del tránsito (9.56)

$$G = \left[\left[\frac{(1+i)^{n+1} - 1}{i} \right] - (n+1) \right] \frac{1}{(1+i)^n - 1}$$

Que calculados los costos uniformes anuales nos dieron las siguientes cifras:

	costo anual M	GUS	costo uniforme anual K
Condiciones actuales	11,942,790	x 1.425	= 17,018,476
Alt. 1 "diamante".	10,523,077	x 1.425	= 14,995,385
Alt. 2 " diamante ajustado".	9,556,580	x 1.425	= 13,618,127
Alt. 6 "trébol parcial".	13,138,039	x 1.425	= 18,721,706

TABLA DE COSTOS DE OPERACION DE LOS USUARIOS

MOVIMIENTOS DIRECCIONALES.	COSTO DE OPERACION DE VEHICULOS "C"			DISTANCIA DE RECORRIDO ADICIONAL "L" (kilometros)	COSTO DIARIO DE LOS USUARIOS " T C L " 1982 (pesos)				
	A	B	C		ALTERNATIVAS				
	15.19	20.47	20.52		1	2	6		
	T D P A			ALTERNATIVAS.			ALTERNATIVAS		
	1982	"Z"		1	2	6	1	2	6
	A	B	C						
GUADALAJARA - EL SALTO.	1670	70	300	0.765	0.377	0.905	25,212	12,425	29,825
CHAPALA - LAS PINTAS.	40	0	0	0.782	0.384	0.902	475	233	548
EL SALTO - CHAPALA.	40	0	10	1.009	0.557	1.054	820	453	857
LAS PINTAS - GUADALAJARA.	140	0	20	0.969	0.515	0.722	2,158	1,307	1,832
GUADALAJARA - LAS PINTAS.	500	10	20	0.313	0.251	0.333	2,570	2,061	2,734
CHAPALA - EL SALTO.	30	50	50	0.312	0.259	0.351	782	649	879
EL SALTO - GUADALAJARA.	630	130	170	0.505	0.343	0.569	9,472	6,434	10,673
LAS PINTAS - CHAPALA.	130	0	30	0.538	0.382	0.607	1,394	989	1,572
	TOTAL POR ALTERNATIVA.						\$ 43,183	\$ 24,551	\$ 48,920

COSTO DE OPERACION ANUAL DE LOS USUARIOS (1982).			
U' = 365 T C L			
ALTERNATIVA 1 " DIAMANTE "	43,183	365	\$ 15,761,795
ALTERNATIVA 2 " DIAMANTE AJUSTADO "	24,551	365	\$ 8,961,115
ALTERNATIVA 6 " TEBOL PARCIAL "	48,920	365	\$ 17,855,800

FIGURA 14

T A B L A D E C O S T O U N I F O R M E A N U A L D E L O S U S U A R I O S

		C O S T O S A N U A L E S.			
A L T E R N A T I V A	G U S	OPERACION	ACCIDENTES	DEMORAS	UNIFORME
		U	A	D	$U = (U' + A + D) GUS$
" DIAMANTE "	1.425	15,761,795	0	6,159,240	31,237,475
" DIAMANTE AJUSTADO "	1.425	8,961,115	0	6,159,240	21,546,506
" TREBOL PARCIAL "	1.425	17,855,800	0	0	25,444,515
" CONDICIONES ACTUALES "	1.425	_____	6,246,400	28,451,790	49,444,921

F I G U R A 1 5

TABLA RESUMEN DE ANALISIS BENEFICIO/COSTO

	I	U	K		RELACION B/C
CONDICIONES ACTUALES.	0	49,444,921	17,018,476	$\frac{-(U_p - U_b) - (K_p - K_b)}{(I_p - I_b) \text{ r.r.o.}}$	
ALTERNATIVA 1. " DIAMANTE ".	34,279,295	31,237,475	14,995,385	$\frac{-(31,237,475 - 49,444,921) - (14,995,385 - 17,018,476)}{34,279,295}$	0.590
ALTERNATIVA 2. " DIAMANTE AJUSTADO ".	30,819,774	21,546,506	13,618,127	$\frac{-(21,546,506 - 49,444,921) - (13,618,127 - 17,018,476)}{30,819,774}$	1.015
ALTERNATIVA 6. " TRESOL PARCIAL ".	47,160,564	25,444,515	18,721,706	$\frac{-(25,444,515 - 49,444,921) - (18,721,706 - 17,018,476)}{47,160,564}$	0.473

FIGURA 16

3. ANALISIS Y EVALUACION CON- JUNTA PARA LA OBTENCION DE LA SOLUCION.

El paso final para determinar la solución, es la evaluación conjunta de las características de las alternativas. Se presentan en forma tabular y se le asignan valores a cada uno de los elementos analizados. Es necesario que el valor dado para una misma característica no tenga el mismo peso, aunque la diferencia sea poco significativa. Por lo que el criterio del ingeniero es necesario para asignar el valor apropiado y determinar el orden de las alternativas en función a sus ventajas o desventajas mostradas en sus características.

Durante el proceso de análisis es necesario considerar la limitación de fondos y los aspectos intangibles. La elección final puede no ser la mejor desde el punto de vista de sus características del tránsito, pero si la más práctica o económica.

TABLA RESUMEN DE EVALUACION
 CONJUNTA Y OBTENCION DE LA
 SOLUCION.

CONCEPTO.	ALTERNATIVAS.		
	1 DIAMANTE	2 DIAMANTE AJUSTADO	6 TREBOL PARCIAL
ADAPTABILIDAD.	2	1	3
ACCESIBILIDAD.	1	2	3
CARACTERISTICAS GEOMETRICAS.	1	2	3
CAPACIDAD.	1	2	3
CARACTERISTICAS OPERACIONALES.	1	3	2
MANTENIMIENTO DEL TRANSITO DURANTE LA CONSTRUCCION.	3	2	1
S U M A.	9	12	15
RELACION B/C.	0.590	1.015	0.473
ANTEPROYECTO MAS CONVENIENTE.	NO	SI	NO

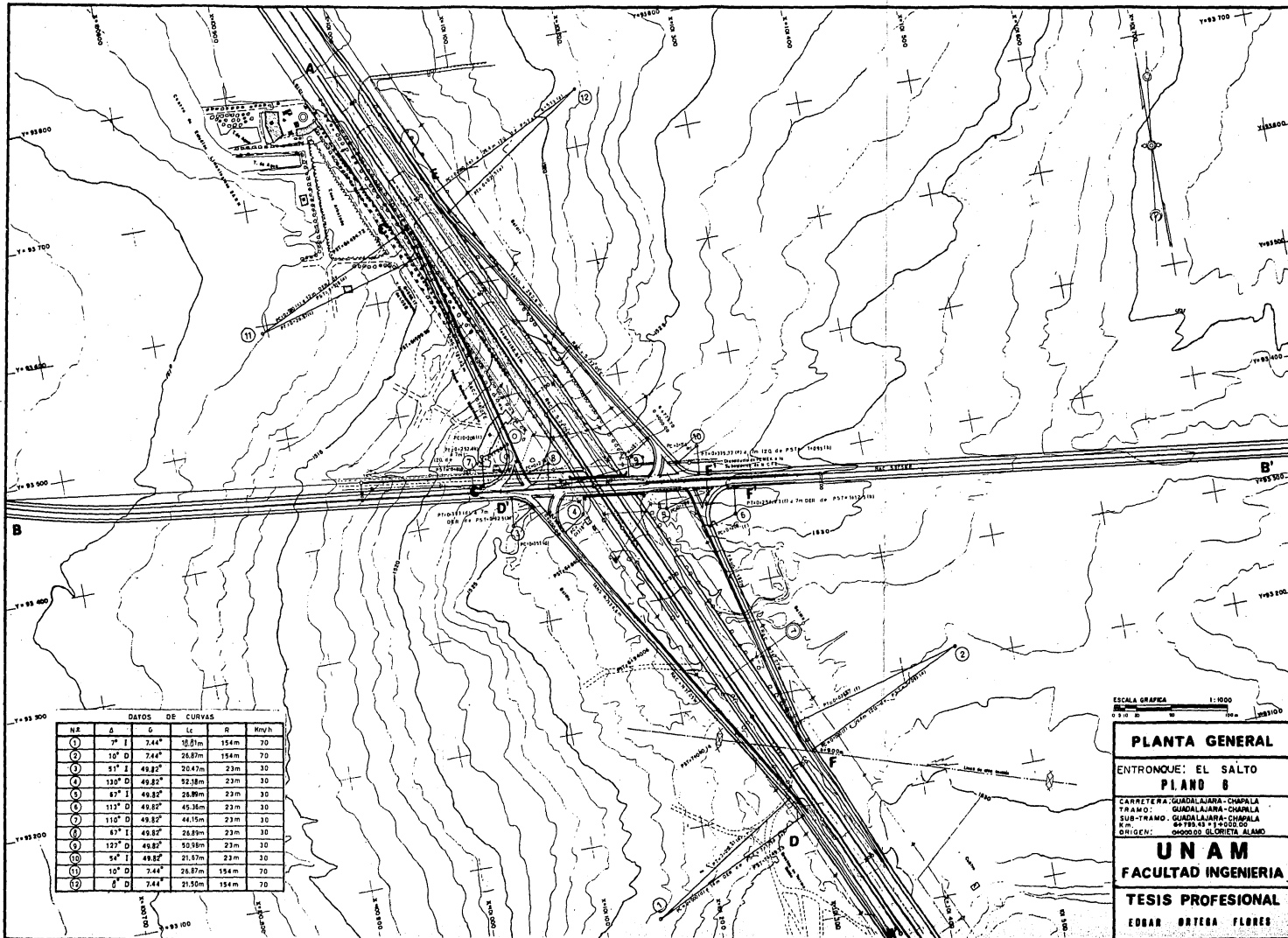
FIGURA 17

De el análisis conjunto de sus características geométricas y operacionales así como de su evaluación económica, se concluye que la alternativa más adecuada para solución es la número 2 "diamante ajustado", ya que si bien ocupó el segundo lugar en cuanto a sus características analizadas es la única - en que los beneficios esperados son mayores a los costos, - siendo además la que requiere menor inversión.

Por lo que se prepararán los planos de trazo geométrico y de señalamiento.

CAPITULO V

PROYECTO DEFINITIVO.



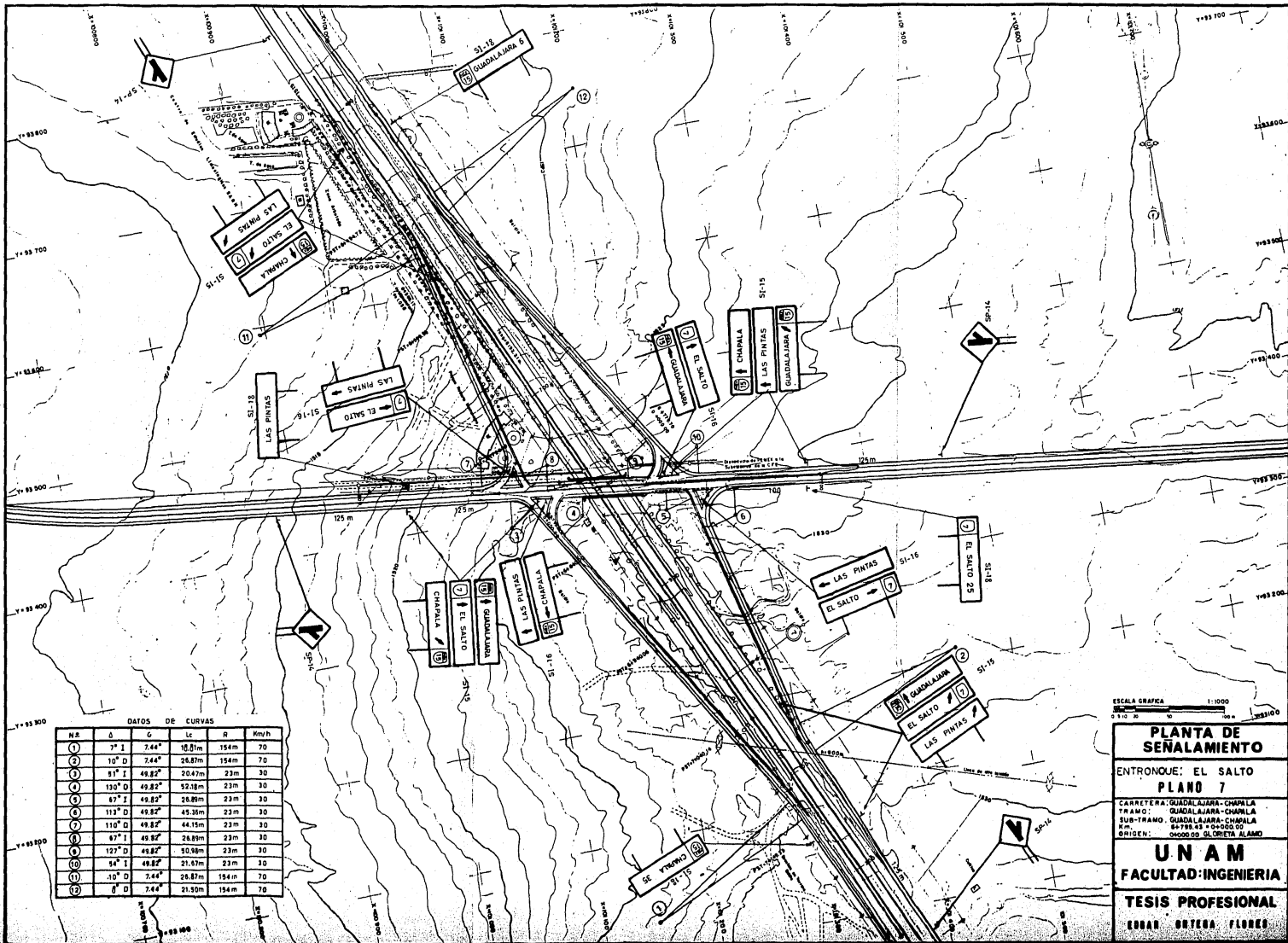
ESCALA GRAFICA 1:1000
 0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

PLANTA GENERAL

ENTRONQUE: EL SALTO
PLANO 8

CARRETERA: GUADALAJARA-CHAPALA
 TRAMO: GUADALAJARA-CHAPALA
 SUB-TRAMO: GUADALAJARA-CHAPALA
 K+795.43 + 1+050.00
 ORIGEN: 0+000000 OLORIETA, ALAMO

UNAM
FACULTAD INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
 EDGAR ORTEGA FLORES



DATOS DE CURVAS

N.º	Δ	G	Lc	R	Km/h
1	7° I	7.44'	18.81m	154m	70
2	10° D	7.44'	28.87m	154m	70
3	81° I	48.82'	20.47m	23m	30
4	130° D	48.82'	52.18m	23m	30
5	67° I	48.82'	28.89m	23m	30
6	113° D	48.82'	43.35m	23m	30
7	110° D	48.82'	44.15m	23m	30
8	67° I	48.82'	26.89m	23m	30
9	127° D	48.82'	50.98m	23m	30
10	54° I	48.82'	21.67m	23m	30
11	10° D	7.44'	28.87m	154m	70
12	8° D	7.44'	21.90m	154m	70

ESCALA GRAFICA 1:1000
 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200

PLANTA DE SEÑALAMIENTO

ENTRONQUE: EL SALTO
PLANO 7

CARRERA: GUADALAJARA-CHAPALA
 TRAMO: GUADALAJARA-CHAPALA
 SUB-TRAMO: GUADALAJARA-CHAPALA
 K+198.45 +0+000.00
 OBRAS: 04000.00 ULTRETA ALAMO

UNAM
FACULTAD INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
 EDUAR ORTEGA FLORES

CONCLUSIONES.

La metodología permite obtener la solución con más ventajas de una serie de alternativas analizadas.

Mediante una secuencia lógica se analizan en forma conjunta aspectos económicos y de diseño del proyecto.

Los procedimientos de evaluación empleados son objetivos y facilitan la toma de decisiones al reducir el grado de incertidumbre.

El empleo de la metodología da como resultado ahorro de tiempo y costos en la elaboración de un proyecto.

BIBLIOGRAFIA.

- Análisis de capacidad vial. E. Salcedo M., México, revista Ingeniería, UNAM., Vol. XLII, 1971.
- A policy on geometric design of rural highways. AASHTO. 9a. edición, USA., General offices, 1977.
- A policy on design of urban highways and arterial streets.- AASHTO, 1a., edición, USA., 1973.
- Apuntes de carreteras. UNAM., México, S. Canales de la - Parra, 1978.
- Apuntes de ingeniería de tránsito. UNAM., México, R. Cal- y Mayor, 1979.
- Apunte de métodos numéricos. UNAM., México, Facultad de -- Ingeniería, A. Olivera, 1972.
- Apuntes de planeación. UNAM., México, Facultad de Ingenie- ría, 1976.
- Cómo hacer una tesis. Huáscar Taborga., 1a. edición, Méxi- co, Grijalbo, 1982.
- Datos viales para la planeación. SAHOP., México, Talleres- gráficos de la nación, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978,- 1979, 1980, 1981, 1982.
- Ingeniería económica. George A. Taylor., 7a. reimpresión,- México, Limusa, 1976.
- Manual de estudios de ingeniería de tránsito. Asociación-- mexicana de caminos ac., 3a. reimpresión, México, Represen- taciones y servicios de ingeniería, 1976.

- Ingeniería de tránsito. Rafael Cal y Mayor., 4a. edición, México, Representaciones y servicios de ingeniería, 1974.
- La velocidad y la ingeniería de tránsito. Rafael Cal y Mayor, revista Ingeniería, UNAM., Vol. XLI, 1971.
- Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras. SOP., 3a. edición, México, Talleres -- gráficos de la nación, 1972.
- Manual de proyecto geométrico de carreteras. SOP., 2a. -- reimpresión, México, Talleres gráficos de la nación, 1976.
- Manual para elaborar trabajos de investigación documental. Guillermina Baena, 1a. edición, México, Editores mexicanos unidos, 1981.
- Memoria del VIII seminario de ingeniería de tránsito. Naucalpan, Edo. de México, 1976.
- Nueva ley federal del trabajo. Alberto Trueba Urbina, Jorge Trueba Barrera, México, Porrúa, 22a. edición.
- Relación beneficio/costo. L. Domínguez P., México, SOP, - Dirección general de proyectos de vías terrestres, 1970.
- Topografía. Miguel Montes de Oca., 4a. edición, México, - Representaciones y servicios de ingeniería, 1970.