

No. Reg. 1777
TS
Class. 625.7
V393 p

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

Escuela de Ingeniería

Proyecto del Entronque II Querétaro

T E S I S

Que para obtener el título de:

I N G E N I E R O C I V I L

p r e s e n t a :

HECTOR JESUS MA. VAZQUEZ GONZALEZ

Biblioteca Central

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

A mis padres:

Jesús Ma. Vázquez Altamirano

María G. de Vázquez

Que con sus sacrificios hicieron realidad mi formación

A mis hermanos:

María Theresa

Leticia Isabel

Carlos Oscar

Sergio Enrique

Mathilde Nora

José Luis

A mis sobrinitas:

Lety, Karina y Liz

A mi Escuela

A mis maestros

A mis amigos y compañeros



OFICIO NUM: 65

ASUNTO: SE APRUEBA TE
MA DE TESIS.

Abril 5 de 1972.

SR. PASANTE HECTOR J. MA. VAZQUEZ GONZALEZ.
P R E S E N T E .--

En respuesta a su atenta Solicitud, relativa al Tema de su Tesis Profesional, me permite comunicar a Usted, el que para tal efecto fué propuesto por el Sr. Ing. Redelfe Magnus Galán, El título de su Tesis será:

"PROYECTO DEL ENTRONQUE II QUERETARO"

INTRODUCCION GENERAL

CAPITULO I.- ANTECEDENTES DEL PROYECTO

- a).- Estado del entronque antes de modificarse.
 - 1.- Características de los caminos convergentes.
 - 2.- Zonas de Semáforos.
- b).- Deficiencias de operación.
- c).- Puntos de conflicto.
- d).- Accidentes.
- e).- Estudios preliminares de tránsito.
 - 1.- Volumen de tránsito
 - 2.- Capacidad de carreteras.

CAPITULO II.- ESTUDIO DE LA SOLUCION DESDE EL PUNTO DE VISTA VIAL.

- a).- Generalidades.
 - 1.- Encauzamientos en intersecciones a nivel directas.
 - 2.- Intersecciones a nivel rotatorias e rotendas.
 - 3.- Intersecciones a desnivel.
- b).- Solución general.
- c).- Posibles alternativas
- d).- Análisis de las soluciones
- e).- Conclusiones.

##



CAPITULO III.- PROYECTO GEOMETRICO INCLUYENDO SEÑALAMIENTO

- a).- Zonas de aceleración y desaceleración
- b).- Alineamiento horizontal.
- c).- Alineamiento vertical
 - 1.- Curvas verticales concavas.
 - 2.- Curvas verticales convexas.
- d).- Gálibos

f).- Secciones de construcción

g).- Señalamiento

CAPITULO IV.- DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS

- a).- Elementos estructurales de la calzada
- b).- Clasificación de los pavimentos
- c).- Ancho y espesor del pavimento
- d).- Proyecto de la mezcla asfáltica en caliente
 - 1.- Selección del material pétreo y de su granulometría.
 - 2.- Proporción del material pétreo de cada tipo, necesario para producir la granulometría deseada.
 - 3.- Preparar muestras con diverso contenido de asfalto.
 - 4.- Determinar el Peso Especifico y la Estabilidad de las muestras.
 - 5.- Calcular el % de huecos, % de material pétreo y % de asfalto.
 - 6.- Seleccionar el contenido óptimo de asfalto.
- e).- Construcción del pavimento asfáltico.

CAPITULO V.- ANALISIS DE COSTOS Y PROGRAMA DE OBRA

CAPITULO VI.- CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFIA.

###

UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE QUERETARO



EDUCO EN LA VERDAD Y EN EL HONOR

- 3 -

También hago de su conocimiento las disposiciones de nuestra Escuela, en el sentido de que, antes de su Examen- Profesional deberá cumplir el requisito del Servicio Social - y de que el presente Oficio se imprima en todos los Ejempla- res de su Tesis.

ESCUELA DE
INGENIERIA



ATENTAMENTE

EDUCO EN LA VERDAD Y EN EL HONOR

ANTONIO SANCHEZ HERNANDEZ,
DIRECTOR.

C.c.p.- El Sr. Ing. Rodolfo Magnus Galán. Presente.-
C.c.p.- La Mesa de Profesiones de la U.A.Q.-Presente.-
C.c.p.- La Escuela de Ingeniería.- Archivo.-



ENTRONQUE II QUERETARO
ANTES DE MODIFICARSE



C A P I T U L O I

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

A - ESTADO DEL ENTRONQUE ANTES DE MODIFICARSE

1.- Características de los caminos convergentes

Celaya Libre-Querétaro.- 2 carriles, 1 en cada sentido de -- 5.70 M. cada uno, con camellón de 3.00 M. a los lados. Además una calle lateral de 8.00 M. de ancho a cada lado, con acotamiento a la derecha de 4.75 M. y a la izquierda de 4.50 M.

México-San Luis Potosí.- 4 carriles, 2 en cada sentido de -- 3.95 M. cada uno, con 3.00 M. de acotamiento a cada lado hasta el cruce de la carretera Celaya Libre-Querétaro; después del cruce, 4 carriles, 2 en cada sentido de 4.20 M. con camellón lateral de 8.90 M. y calles laterales de 9.70 M. con acotamiento de 3.00 M. por un lado.

México-Celaya Cuota.- 2 carriles, 1 en cada sentido de 4.50 M. cada uno, con acotamiento de 2.00 M. a ambos lados.

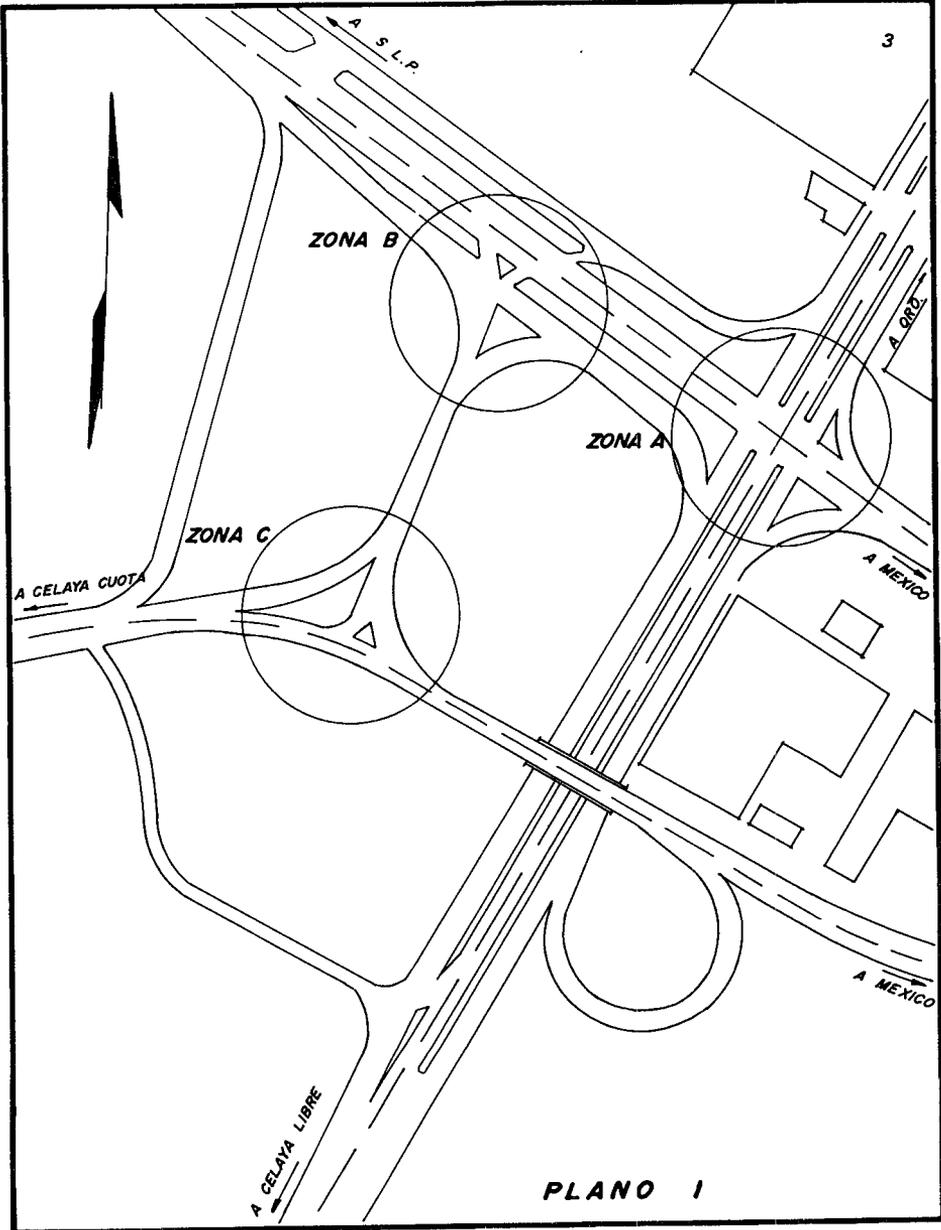
Además de los anteriores existían dos caminos provisionales: Uno que unía las carreteras México-San Luis Potosí con México-Celaya Cuota, de 2 carriles, 1 en cada sentido de 3.60 M. de ancho, con acotamiento de 3.00 M. a cada lado; Otro que unía las carreteras Querétaro-Celaya Libre con México-Celaya Cuota de 2 carriles, 1 en cada sentido de 3.60 M. sin acotamientos.

2.- Semáforos

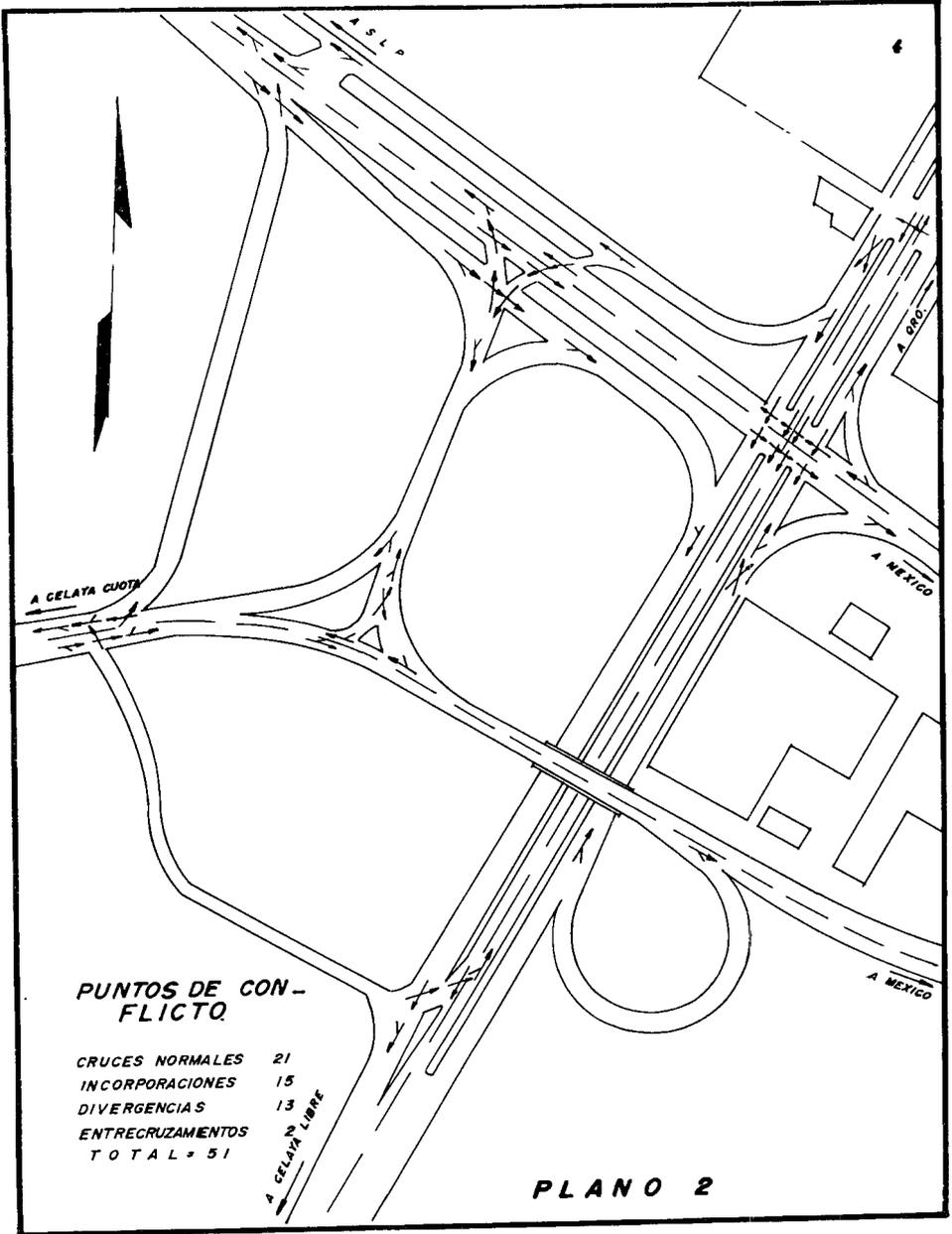
El Entronque II Querétaro, estaba controlado con 3 series de semáforos, situados en los lugares que se indican en el plano 1, marcados con las letras A, B y C.

Los semáforos instalados eran de tiempo fijo, con ciclos de 70 segundos. Los semáforos de las zonas A y B trabajaban en forma simultánea para el movimiento México-San Luis Potosí y viceversa, en tanto que los movimientos de Querétaro a México y Celaya Cuota controlados por los semáforos de la zona C, tenían un defasamiento de 35 segundos con relación al movimiento San Luis Potosí-México, controlados por los semáforos de la zona B.

B - DEFICIENCIAS DE OPERACION



PLANO 1



Entre las principales deficiencias de operación, podemos mencionar las siguientes:

El movimiento Celaya Cuota-Celaya Libre, no estaba resuelto; los movimientos de Querétaro a Celaya Cuota y a México, necesitaban un recorrido excesivo pasando a través de 2 de las 3 instalaciones de semáforos; el movimiento México-Celaya Libre, tenía así mismo un recorrido excesivo, incrementando el volumen de tránsito que hace uso del ramal que pasa sobre la estructura; los movimientos Celaya Libre a San Luis Potosí y a Celaya Cuota, tenían el inconveniente de hacer un recorrido muy largo y hacer uso de la calle lateral para poder dar vuelta en el retorno, pasando por las 3 zonas de semáforos.

C - PUNTOS DE CONFLICTO

Cualquier diseño de una intersección, debe tomar en cuenta - y reconocer la naturaleza e importancia de las maniobras elementales que deben acomodarse en el área.

En la intersección en estudio, existían 51 puntos de conflicto, de los cuales 21 eran cruces normales, 15 incorporaciones, 13 divergencias y 2 entrecruzamientos. De los anteriores los cruces normales eran los más peligrosos y en este caso representaban el 41% del total de puntos de conflicto. En el plano 2 se muestran - gráficamente los puntos de conflicto que existían.

D - ACCIDENTES

Es responsabilidad del ingeniero, planear y construir el diseño funcional de las intersecciones, para prevenir accidentes -- que puedan ocurrir como consecuencia de un diseño pobre.

En los datos de accidentes proporcionados por la Dirección - General de Tránsito Federal, del 17 de noviembre de 1967 al 28 de junio de 1970, podemos observar que el 42% de los accidentes ocurridos en la zona de estudio, se debieron en forma directa a la - falta de precaución en la zona de semáforos. Tabla 1.

E - ESTUDIOS PRELIMINARES DE TRANSITO

1.- Volumen de tránsito

Por Volumen de tránsito, entendemos una cierta cantidad de - vehículos de motor que transitan por un camino, en un determinado tiempo.

Tránsito promedio diario (TPD).- Se llama TPD, al promedio - de volúmenes de tránsito que circulan durante 24 Hs. en cierto período de tiempo. Salvo que se indique lo contrario, el período de tiempo es un año.

TABLA.- 1 ACCIDENTES OCURRIDOS ENTRE EL 17 DE NOVIEM-
BRE DE 1967 Y EL 28 DE JUNIO DE 1970; TABLA PROPOR-
CIONADA POR LA DIRECCION GENERAL DE TRANSITO FEDERAL

No.	1967		HERI- DOS.	MUER- TOS.	DAÑOS MATERIA- LES
1	NOV 17	Frenos en mal estado	x	x	\$ 5,000.00
2	NOV 28	No guardar distancia de seguridad	x	x	2,000.00
- 3	DIC 2	Exceso de velocidad estando próximo a "X"	1	x	9,500.00
- 4	DIC 4	No hacer alto en zona de semáforos con frenos en mal estado	x	x	1,000.00
- 5	DIC 22	No hacer alto en zona de semáforos.	x	x	10,000.00
			1	0	\$ 27,500.00
		1968			
- 1	ENE 13	No hacer alto en zona de semáforos	1	x	\$ 29,500.00
2	ENE 29	Falta de precaución pasándose el alto	x	x	2,500.00
3	FEB 7	Manejar en estado de ebriedad	x	x	3,150.00
4	FEB 11	Frenos en mal estado	x	x	500.00
5	FEB 18	Exceso de velocidad y estado de ebriedad	1	x	10,000.00
6	FEB 24	Imprudencia de peatón	1	x	- - -
- 7	MAR 14	No hacer alto en zona de semáforos	x	x	1,300.00
- 8	ABR 6	Exceso de velocidad en zona de semáforos	x	x	6,500.00
- 9	MAY 10	No hacer alto en zona de semáforos	x	x	6,000.00
10	MAY 16	No hacer alto para dar vuelta a la izq.	x	x	4,000.00
11	JUL 4	Exceso de velocidad	x	x	9,000.00
12	JUL 19	No hacer alto a la derecha para dar vuelta a la izquierda	x	x	6,000.00
13	AGO 26	Exceso de velocidad de los dos vehículos	x	x	4,000.00
- 14	SEP 24	Transitar sin frenos pasándose el alto	x	x	16,000.00
15	OCT 2	Imprudencia de peatón al atravesar	x	1	- - -
16	NOV 11	Vehículo circulando con exceso de velocidad e imprudencia de peatón	1	x	- - -
- 17	NOV 14	No hacer alto en zona de semáforos	x	x	6,000.00
18	DIC 10	No hacer alto al dar vuelta a la izq.	x	x	3,000.00
19	DIC 11	Manejar en estado de ebriedad	6	x	12,000.00
20	DIC 13	No hacer alto al dar vuelta a la izq.	x	x	11,000.00
21	DIC 23	Exceso de velocidad	1	1	15,500.00
- 22	DIC 23	No obedecer señal de luz ambar rebasando límite de alto	x	x	9,000.00
23	DIC 24	Dar vuelta a la izquierda en lugar prohibido existiendo señal	x	x	4,500.00
			11	2	\$159,450.00

No.	1969	HERI DOS.	MUER TOS.	DAÑOS MATERIA LES
1	FEB 28 No tomar su derecha al dar vuelta a la izquierda	1	x	\$ 1,100.00
2	MAR 10 Exceso de velocidad pasándose el alto	4	x	22,000.00
3	MAR 16 Frenos en mal estado	x	x	5,000.00
4	ABR 1 Frenos en mal estado	1	x	5,600.00
5	ABR 19 No hacer alto a la derecha para dar vuelta a la izquierda	x	x	6,000.00
6	ABR 23 1er. vehículo tratando de pasar preventiva y 2o. vehículo con exceso de velocidad	2	x	9,000.00
7	ABR 27 1er. y 2o. vehículo circulando con exceso de velocidad	1	x	5,000.00
8	MAY 5 No hacer alto a la derecha para dar vuelta a la izquierda	x	x	7,000.00
9	JUN 21 No respetar señal de alto	x	x	3,300.00
10	JUL 21 Exceso de velocidad en zona de semáforos	x	x	6,000.00
11	AGO 29 1er. vehículo no guardar distancia de seguridad y no hacer alto a su derecha para dar vuelta a la izquierda	x	x	2,000.00
12	SEP 13 No hacer alto para dar vuelta a la izq.	1	x	5,500.00
13	OCT. 23 No hacer alto para dar vuelta a la izq.	1	x	15,500.00
14	OCT 29 Efectuar brusca maniobra a la derecha chocando con vehículo circulando con exceso de velocidad	1	x	2,000.00
15	NOV 27 No atender señal de alto	1	x	15,000.00
16	DIC 10 No guardar distancia de seguridad	1	x	6,000.00
17	DIC 21 No obedecer señal de alto	x	x	2,000.00
		14	0	\$118,000.00
	1970			
1	ENE 10 No obedecer señal de alto del 1er. vehículo y exceso de velocidad del 2o. vehículo	1	x	\$ 1,075.00
2	FEB 4 Exceso de velocidad en zona de semáforos	x	x	8,000.00
3	FEB 9 Ciclista circulando sin luces en sentido opuesto	x	1	300.00
4	MAR 8 1er. vehículo no conservar distancia de seguridad y 2o. no obedecer señal de alto	x	x	6,500.00
5	MAR 8 Dar vuelta a la izquierda en lugar prohibido	x	x	7,000.00
6	MAR 12 Falta de precaución al atravesar cruce	x	1	10,000.00
7	MAR 27 Manejar dormitando	1	x	5,000.00
8	MAY 18 Manejar distraído pasándose el alto	1	x	13,000.00
9	JUN 2 Manejar distraído pasándose el alto	2	x	19,000.00
10	JUN 28 No hacer alto a la derecha para dar vuelta a la izquierda	x	x	22,000.00
		5	2	\$ 91,875.00

Cuando no se dispone de conteos continuos, el TPD se puede determinar aplicando los factores de extrapolación adecuados en los lugares donde se efectúen recuentos periódicos de volúmenes.

El TPD se utiliza en estudios económicos, porque representa la utilización o servicio de la vía; y en el proyecto de los elementos estructurales de la calzada, bajo el punto de vista del efecto destructivo de las cargas repetidas de las ruedas.

Volumen horario.- El volumen horario resulta de dividir el número de vehículos que pasan por cierto punto en un período de tiempo, entre ese período de tiempo.

Los volúmenes horarios máximos se utilizan para proyectar los detalles geométricos del camino, determinar su posible deficiencia en capacidad y planear programas para regular el tránsito. Esto se debe a que los volúmenes horarios indican más adecuadamente las cargas de operación a las que debe dar cabida el camino y reflejan en mayor grado que el TPD el efecto de la demanda.

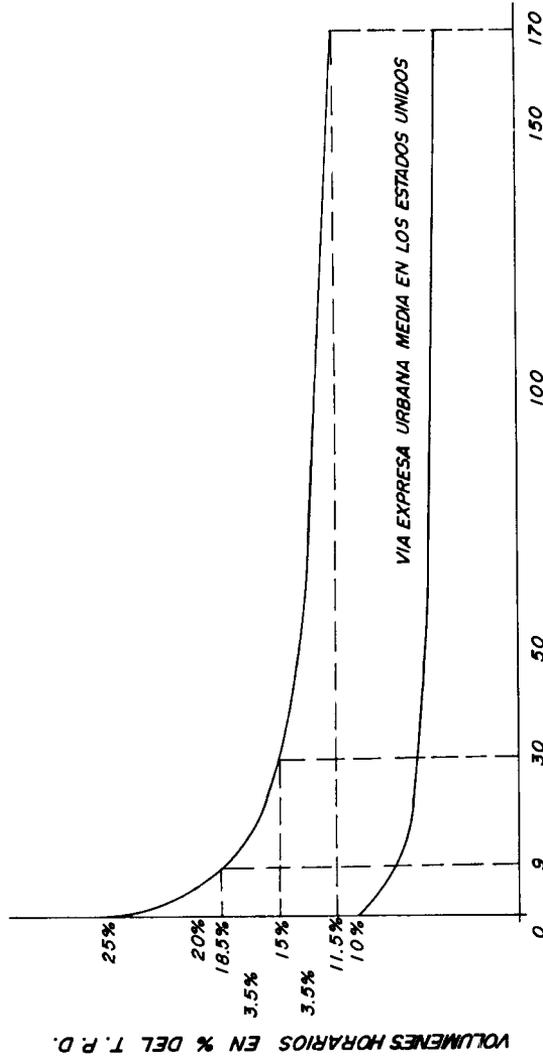
Sin embargo los volúmenes horarios máximos no pueden servir para proyectar los elementos estructurales de la calzada, porque proyectar para el volumen máximo de una hora de tránsito que se espere durante todo un año sería un despilfarro.

Volumen directriz.- Es el volumen de tránsito que se emplea para proyectar una vía. Se acostumbra usar como volumen directriz para vías rurales y urbanas, el volumen trigésimo de la serie formada con los volúmenes horarios que circulan en un año, ordenados en escala descendente. Este volumen se calcula para un año futuro partiendo de observaciones presentes.

En un sistema de coordenadas cartesianas, en el eje de las ordenadas se representa a los volúmenes horarios que circulan por una vía durante un año, expresados en por ciento del TPD y como abscisas el número de horas de volúmenes iguales o superiores al valor de la ordenada correspondiente, obteniéndose una curva similar a la figura 1.

Se observa que el volumen horario máximo no excedido en ningún momento durante el año es igual al 25% del TPD. El volumen horario trigésimo es igual al 15% del TPD y el correspondiente a la hora 170 es el 11.5% del TPD. Usando como volumen directriz el trigésimo en vez de la hora 170, mejoramos notablemente el servicio que proporciona la vía, pues se reduce de 169 a 29 el número de veces que el tránsito real excede al del proyecto, mientras que el aumento en volumen ha sido de un 3.5%. Pero si se emplea el volumen directriz del noveno volumen horario, con el mismo aumento de volumen de 3.5% se reduce la congestión de 29 a 9 veces durante el año y la mayoría de servicio no es tan notable.

Por este motivo se emplea generalmente el volumen horario trigésimo como volumen directriz, pues suele marcar el punto en que el volumen de tránsito empieza a aumentar bruscamente y no se



NUMERO DE VOLUMENES HORARIOS IGUALES O SUPERIORES AL VOLUMEN CONSIDERADO QUE CIRCULAN EN UN AÑO

FIG. 1 VOLUMENES HORARIOS COMUNES EN LAS VIAS NORTEAMERICANAS ORDENADOS EN ESCALA DESCENDENTE

justifica incrementar mucho la capacidad de un camino para que se use plenamente esta capacidad solo unas pocas veces al año. Como se ve, el criterio de la hora trigésima se basa en características consideradas como comunes en el grado de congestión que se es tima tolerable.

El tránsito promedio diario de una carretera varía para diferentes temporadas del año, días de la semana y horas del día; respectivamente tendremos variaciones anuales, variaciones semanales y variaciones diarias. Las variaciones diarias acusan fluctuaciones muy marcadas en las vías urbanas de acuerdo con el movimiento de las personas en su vida cotidiana, a diferencia de las variaciones semanales y anuales cuyas fluctuaciones son más pronunciadas en vías rurales que en vías urbanas. Las variaciones por dirección son las diferencias entre el volumen que circula en un sentido y el que va en sentido opuesto, para un momento determinado.

Basándonos en aforos efectuados por la Secretaría de Obras Públicas (23 al 29 de febrero de 1968), y debido a que no se efectuaban conteos continuos de la zona en estudio, hemos determinado por extrapolación el Tránsito promedio diario y el Volumen horario de proyecto para los años 1969, 1979 y 1989, dichos volúmenes han servido para hacer el estudio del entronque desde el punto de Vista Vial. Tabla 2 y 3.

2.- Capacidad de carreteras

Capacidad de carreteras es la habilidad de una carretera para dar acomodo al tránsito.

La capacidad de una carretera puede calcularse mediante la siguiente formula:

$$C = \frac{1000 V}{S}$$

C = Capacidad de un carril, medido en automóviles por hora

V = Velocidad en Km/hr.

S = Distancia promedio en metros, de centro a centro de vehículos

La capacidad de una carretera depende de factores tales como la composición del tránsito, alineamiento horizontal y vertical, número y ancho de carriles, y velocidad de los vehículos.

Los conductores estan influenciados en la selección de las velocidades de sus vehículos por un gran número de variables, tales como la condición del pavimento, la densidad del tránsito, las condiciones de sus vehículos y su propio temperamento o carácter.

La velocidad y la seguridad son sinónimos con el valor de un camino; la velocidad es un factor principal en el transporte, y la velocidad a la que pueden operar los vehículos es un índice im

TRANSITO PROMEDIO DIARIO PARA 1969

DE \ A	MEXICO	CELAYA LIB.	CELAYA CUO.	SN. LUIS F.	QUERETARO
MEXICO	--	122	1479	358	69
CELAYA LIB.	214	--	69	69	1372
CELAYA CUO.	831	23	--	137	626
SN. LUIS F.	602	680	152	--	175
QUERETARO	76	1304	824	739	--

TRANSITO PROMEDIO DIARIO PARA 1979

DE \ A	MEXICO	CELAYA LIB.	CELAYA CUO.	SN. LUIS P.	QUERETARO
MEXICO	--	381	4590	1111	214
CELAYA LIB.	664	--	214	214	4270
CELAYA CUO.	2584	69	--	427	1944
SN. LUIS P.	1875	2088	473	--	549
QUERETARO	236	4056	2560	2300	--

TRANSITO PROMEDIO DIARIO PARA 1989

DE \ A	MEXICO	CELAYA LIB.	CELAYA CUO.	SN. LUIS P.	QUERETARO
MEXICO	--	1173	14264	3450	664
CELAYA LIB.	2059	--	663	663	13235
CELAYA CUO.	8016	221	--	1326	6027
SN. LUIS P.	5861	6470	1470	--	1691
QUERETARO	739	12580	7940	7132	--

VOLUMEN HORARIO DE PROYECTO PARA 1969

DE \ A	MEXICO	CELAYA LIB.	CELAYA CUO.	SN. LUIS P.	QUERETARO
MEXICO	--	16	194	47	9
CELAYA LIB.	28	--	9	9	180
CELAYA CUO.	109	3	--	18	82
SN. LUIS P.	79	88	20	--	23
QUERETARO	10	171	108	97	--

VOLUMEN HORARIO DE PROYECTO PARA 1979

DE \ A	MEXICO	CELAYA LIB.	CELAYA CUO.	SN. LUIS P.	QUERETARO
MEXICO	--	50	603	146	28
CELAYA LIB.	878	--	28	28	560
CELAYA CUO.	339	9	--	56	255
SN. LUIS P.	246	274	62	--	72
QUERETARO	31	532	336	302	--

VOLUMEN HORARIO DE PROYECTO PARA 1989

DE \ A	MEXICO	CELAYA LIB.	CELAYA CUO.	SN. LUIS P.	QUERETARO
MEXICO	--	154	1872	453	87
CELAYA LIB.	270	--	87	87	1737
CELAYA CUO.	1052	29	--	174	791
SN. LUIS P.	762	849	193	--	222
QUERETARO	97	1650	1042	936	--

portante, que debe tomarse en cuenta al establecer los requisitos geométricos.

Velocidad de proyecto.— La aspiración de casi todos los conductores es poder transitar a una velocidad uniforme, aunque algunos eligen velocidades mayores que las que adopta la mayoría; dado que este porcentaje es pequeño comparado con el volumen total de tránsito, no es económico hacer el proyecto para ellos. Por consiguiente la Velocidad de proyecto, es la velocidad máxima aproximadamente uniforme que puede ser adoptada por el grupo de automovilistas más rápidos, en condiciones de seguridad.

Según la A.A.S.H.O. en las ramas de un entronque la velocidad de proyecto se debe deducir de la velocidad para la cual fué proyectado el camino principal, en la forma siguiente:

Velocidad de proyecto del camino	50	65	80	95	110	Km/hr.
----------------------------------	----	----	----	----	-----	--------

Velocidad de proyecto en los ramales						
--------------------------------------	--	--	--	--	--	--

Conveniente	40	55	65	70	80	Km/hr.
Mínima	25	30	40	50	70	Km/hr.

Radio correspondiente en metros						
---------------------------------	--	--	--	--	--	--

Conveniente	45	90	130	170	210	M.
Mínimo	15	30	45	70	95	M.

El proyecto de las ramas y particularmente el de las conexiones directas, deberá basarse lo más que sea posible en las velocidades de proyecto convenientes. Generalmente se acostumbra que la velocidad en las ramas de enlace sea del 70% de la velocidad de proyecto del camino principal; cuando esta velocidad sea elevada, podrá disminuirse pero a condición de aumentar las zonas de aceleración y desaceleración.

C A P I T U L O I I

ESTUDIO DE LA SOLUCION DESDE EL PUNTO DE VISTA VIAL

A - GENERALIDADES

De acuerdo con la ausencia y presencia de los pasos inferiores o superiores, hay dos clases de intersecciones: a nivel y con pasos a desnivel; pero ateniéndose a la forma en que se realizan los cruces en las mismas, se pueden clasificar en tres tipos fundamentales:

a) Intersecciones a nivel directas.- Cuando hay cruces directos de las trayectorias de los vehículos.

b) Intersecciones a nivel rotatorias o rotondas.- En ellas no hay cruces directos, sino maniobras de entrecruzamiento y los vehículos dan vueltas parciales alrededor de una zona central.

c) Intersecciones con pasos a desnivel.- Cuando los cruces se realizan a distintos niveles.

En la figura 2 se representa en forma esquemática las tres soluciones para resolver los conflictos en los cruces.

A veces una intersección puede participar de las características de más de uno de estos tipos fundamentales, especialmente cuando los problemas de circulación son complejos.

1.- Encausamiento en intersecciones a nivel directas

Se llama encausamiento a la canalización de las corrientes vehiculares por medio de obstáculos fijos, para que sigan ciertas trayectorias definidas. El encausamiento se consigue principalmente empleando isletas.

Isleta.- Se llama isleta a cualquier superficie prohibida a la circulación, situada en una vía o intersección de vías, para encauzar las corrientes vehiculares o servir de refugio a peatones.

Las isletas se usan en las intersecciones para cumplir con uno o más de los siguientes fines:

- a) Separar conflictos
- b) Limitar ángulos de cruce
- c) Evitar áreas pavimentadas excesivas

- d) Regular el tránsito e indicar la circulación correcta en una intersección
- e) Favorecer movimientos de giro predominantes
- f) Proteger peatones
- g) Proporcionar refugio a vehículos que van a cruzar o a girar
- h) Proveer lugares para colocar dispositivos reguladores del tránsito

De acuerdo con su función, puede haber tres clases de isletas: A) De refugio, si proporcionan una zona de seguridad a los peatones; B) Divisorias, si sirven para separar corrientes vehiculares en el mismo sentido o en sentido contrario; C) Direccionales, cuando regulan y dirigen los movimientos del tránsito, generalmente los giros. La mayoría de las isletas realizan dos o más de estas funciones. Figura 3.

2.- Intersecciones a nivel rotatorias o rotondas

En las intersecciones a nivel rotatorias, las maniobras de cruce se transforman en entrecruzamientos, haciendo que los vehículos den vueltas parciales alrededor de una isleta central. Es una solución a base de bajas velocidades relativas y circulación continua de las corrientes vehiculares. Figura 4.

Las rotondas pueden ser más convenientes que las intersecciones a nivel directas en ciertos lugares, en general funcionan mejor cuando el volumen de tránsito en todas las ramas de la intersección es aproximadamente igual y su total no exceda de los 3000 Veh/hr., su efectividad depende de la cantidad de maniobras de entrecruzamiento que se realicen, y por lo tanto se adoptan mejor a intersecciones donde los vehículos que giran son más, que los que siguen de frente.

Ventajas de las rotondas:

- a) Cuando están bien proyectadas y se aplican a los casos -- donde estén indicadas, hacen que el tránsito circule en forma ordenada y continua con pocas demoras y gran seguridad.
- b) Como se substituyen los cruces por entrecruzamientos, los conflictos no son tan agudos y los accidentes que puedan ocurrir no resultan tan severos.
- c) Los giros a la izquierda se hacen fácilmente mediante maniobras de convergencia y divergencia, aunque las distancias a recorrer sean mayores.
- d) Se adaptan bien a intersecciones con cinco o más ramas.
- e) Cuestan menos que las intersecciones con pasos a desnivel que realicen funciones equivalentes.

Desventajas de las rotondas:

- a) No tienen mayor capacidad que las intersecciones a nivel

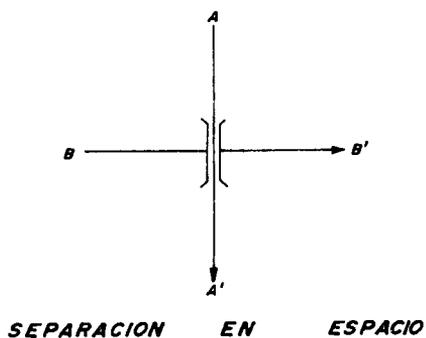
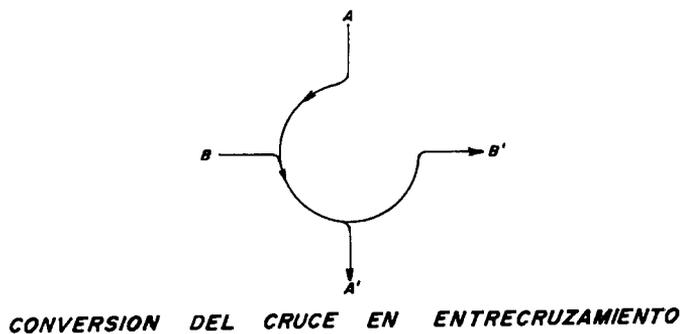
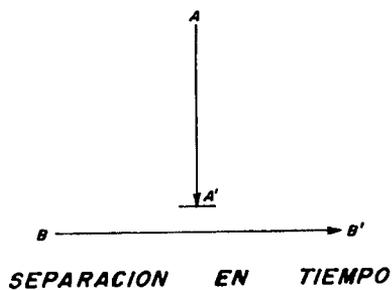
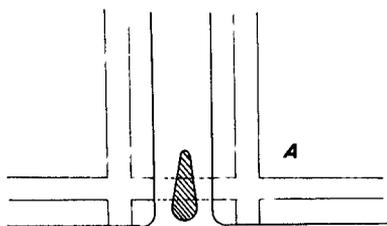
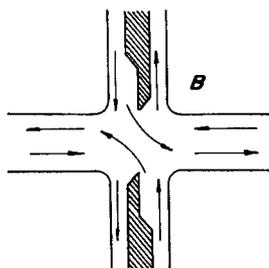


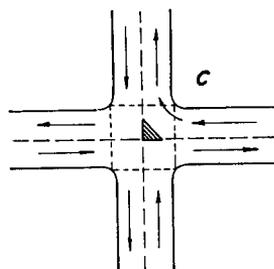
FIG. 2 REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LAS TRES SOLUCIONES FUNDAMENTALES P/RESOLVER LOS CONFLICTOS EN CRUCES .



DE REFUGIO



DIVISORIA



DIRECCIONAL

FIG. 3 EJEMPLO DE LAS DISTINTAS CLASES DE ISLETAS

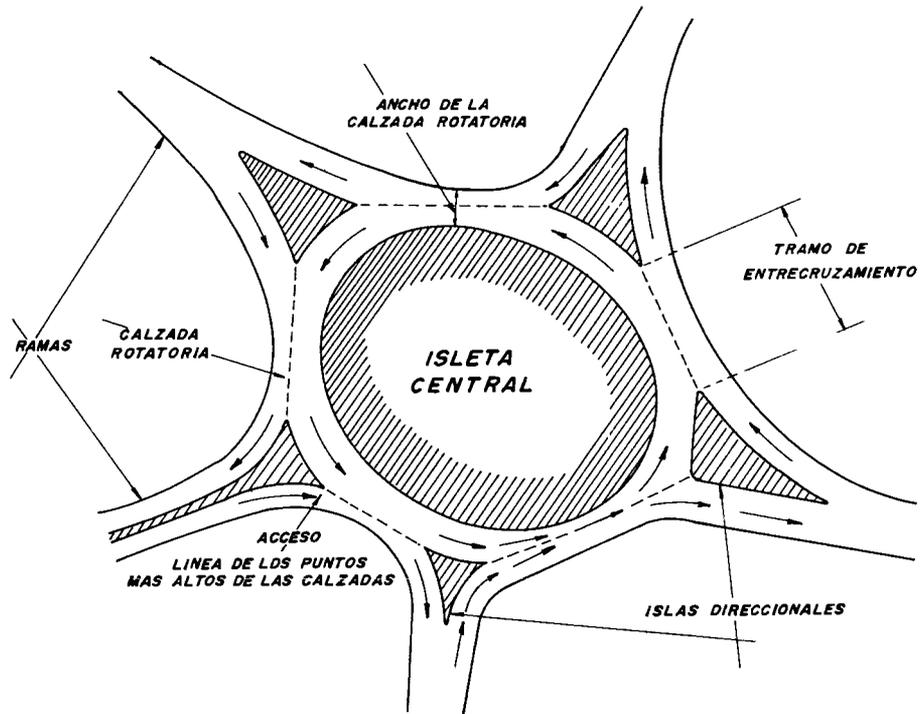


FIG. 4 ROTONDA TIPICA CON LOS NOMBRES DE SUS ELEMENTOS PRINCIPALES

- directas bien proyectadas y reguladas.
- b) Necesitan más espacio y son generalmente más costosas que las intersecciones a nivel directas con función equivalente.
 - c) No son apropiadas cuando el volumen de peatones es apreciable, pues el tránsito en ellas debe circular sin interrupciones, lo que no es posible si hay peatones cruzando las calzadas.
 - d) Se requieren isletas centrales demasiado grandes o velocidades de operación sumamente bajas, cuando el volumen de tránsito pasó de los 1,500 Veh/hr.
 - e) Aumentan las distancias recorridas por los vehículos, aun que pueden disminuir sus tiempos de recorrido.
 - f) No se pueden ampliar con facilidad, y por lo tanto no se adaptan a planes de construcción por etapas.

Velocidad directriz.— Rara vez es posible proyectar una intersección a nivel rotatoria a la velocidad directriz de las vías que convergen en ella, en la tabla 2, se muestran las velocidades directrices que recomiendan para proyectarlas, a fin de no ocupar demasiado espacio ni alargar mucho el recorrido de los vehículos.

TABLA 2.- VELOCIDADES DIRECTRICES RECOMENDADAS PARA ROTONDAS

Velocidad directriz de la vía en Km/hr.	Promedio de las velocidades de marcha en la vía en Km/hr.	Velocidad directriz de la rotonda	
		Mínima Km/hr.	Deseable Km/hr.
50	45	30	50
65	55	50	55
80 o más	64 a 80	55	65

3.- Intersecciones con paso a desnivel

Cuando los cruces de dos o más corrientes vehiculares se realizan a diferentes niveles en una intersección, se dice que ésta tiene pasos a desnivel y si además de esos cruces a desnivel, la intersección posee calzadas separadas que empalman con sus distintas ramas para conducir los vehículos de una vía a otra, entonces la llamaremos intercambio.

Ventajas de las intersecciones con pasos a desnivel:

- a) Su capacidad para el tránsito directo puede aproximarse o hacerse igual a la de las vías fuera de la intersección.

- b) Son más seguras que otras intersecciones.
- c) No necesitan que la velocidad relativa de las corrientes vehiculares que se cruzan sea baja, y se adaptan a casi todos los ángulos de intersección de las vías.
- d) Evitan detenciones de los vehículos y grandes cambios en sus velocidades.
- e) Se adaptan a la construcción por etapas.
- f) Son esenciales en las vías de accesos limitados.

Desventajas de las intersecciones con pasos a desnivel:

- a) Las intersecciones con pasos a desnivel y especialmente los intercambios son muy costosos.
- b) Los pasos a desnivel pueden causar la introducción de cambios indeseables en el perfil de las vías.
- c) Las estructuras de separación pueden resultar molestas y antiestéticas, especialmente en vías urbanas.
- d) Un intercambio sencillo, no se adapta fácilmente a una intersección de muchas ramas.

B - SOLUCION GENERAL

Habiendo valorado las ventajas y las desventajas de las formas en que se realizan los cruces en una intersección, descartamos la solución a nivel directa y la solución a nivel rotatoria para nuestro caso, debido principalmente a los conflictos ocurridos entre las corrientes vehiculares de los caminos México-San Luis Potosí y Querétaro-Celaya Libre; los conflictos causaban demoras al tránsito, limitaban su capacidad de las vías y provocaban frecuentes accidentes.

Un intercambio a niveles fué lo más conveniente, la capacidad se eleva a la de las vías de tránsito, los vehículos pueden viajar a velocidad uniforme, con lo cual se reduce tanto su tiempo de viaje como sus costos de operación y los accidentes son casi totalmente eliminados. Los costos debidos al derecho de vía y a la construcción de la estructura se absorben, debido a que es un servicio de alta calidad, ya que lleva un volumen de tránsito elevado.

C - POSIBLES ALTERNATIVAS

Para lograr una solución que satisficiera las necesidades de servicio, con la mayor seguridad, eficiencia en su funcionamiento y economía, se elaboraron varios anteproyectos, procurando que los vehículos efectuaran el menor recorrido posible y evitando lo más posible las afectaciones.

Dichos anteproyectos se pusieron en estudio y después de algunas modificaciones, quedaron en definitiva tres anteproyectos, los que se desarrollaron totalmente, para elegir el más conveniente, teniendo en cuenta los intereses de la Secretaría de Obras P^U

blicas y de los particulares.

Solución "A".- Intersección a desnivel, con 2 estructuras, - 13 ramales, de los cuales 3 en forma de cuarto de trébol, existiendo 2 zonas de entrecruzamientos.

Solución "B".- Intersección a desnivel, con 2 estructuras, - 10 ramales, de los cuales 3 en forma de cuarto de trébol, existiendo 2 zonas de entrecruzamiento y 1 retorno para solucionar 3 movimientos.

Solución "C".- Intersección a desnivel, con 2 estructuras, - 12 ramales, de los cuales 5 en forma de cuarto de trébol, existiendo solamente 1 entrecruzamiento.

D - ANALISIS DE LAS SOLUCIONES

Solución "A"

Adaptabilidad.- De acuerdo con la zona en que está situado el entronque, ésta solución afecta las propiedades marcadas en la zona 1 y parte de la zona 2. Plano de la planta constructiva (capítulo III).

Accesibilidad.- Desde el punto de vista de inversión inicial (construcción), esta solución es de las más costosas.

Características de operación.- a) Los tránsitos importantes se efectúan sin problema.

b) La superficie total para lograr esta solución, es muy extensa, teniéndose así una mayor afectación a propiedades.

c) Existen 4 conflictos peligrosos, siendo estos de entrecruzamiento.

Accidentes.- Tomando en consideración que la solución a desnivel que se presenta, elimina las 3 series de semáforos, y que los accidentes que han ocurrido en dicho entronque han sido en su mayor parte por la falta de precaución en la zona de semáforos, es factible considerar que los accidentes se eliminaron, aunque se presentan otros debido a diferentes motivos como son la restricción de zonas de entrecruzamiento.

Solución "B"

Adaptabilidad.- En esta solución se respetan las zonas construidas, excepto una pequeña porción en la que no existen construcciones dentro de la zona 2, para permitir el movimiento México-Querétaro. Plano de la planta constructiva (capítulo III)

Accesibilidad.- Desde el punto de vista económico, podemos observar que esta solución es menos costosa que la anterior, debido principalmente a que las afectaciones a propiedades construidas es menor.

Características de operación.- a) Los tránsitos importantes se efectúan sin problemas.

b) La superficie total del entronque es menor que la de la solución "A".

c) Los movimientos de Celaya Libre a San Luis Potosí y a Celaya Cuota, y el de Celaya Cuota a San Luis Potosí, se harán mediante un retorno, esto implica un peligro a causa de los 2 cruces que se efectúan con el tránsito de Querétaro a Celaya Libre y viceversa, aún cuando el tránsito sea bajo.

d) Con la solución del retorno, se evita construir un ramal adicional, evitando así el afectar propiedades.

e) El movimiento de San Luis Potosí a Celaya Libre, tiene un recorrido muy grande, siendo estos movimientos los que al final de cuentas hacen que el costo de operación de esta solución sea mayor que el costo de operación de las otras soluciones.

f) Existen 4 conflictos peligrosos, siendo estos: 2 cruces normales y 2 entrecruzamientos.

Accidentes.- Se presentan los mismos accidentes de la solución anterior, aumentándose los accidentes con los cruces, los cuales con un buen proyecto en el retorno y buen señalamiento, se podrían eliminar.

Solución "C"

Adaptabilidad.- En esta solución se afectan las propiedades de la zona 1 y parte de las zonas 2 y 3. Plano de la planta constructiva (capítulo III).

Accesibilidad.- Desde el punto de vista de inversión inicial (construcción), esta es la solución más costosa.

Características de operación.- a) Los tránsitos importantes y los tránsitos secundarios, se realizan sin problemas.

b) Los movimientos de Celaya Libre y Celaya Cuota a San Luis Potosí, quedan solucionados.

c) La superficie total para lograr la solución, es más extensa que la de las otras soluciones, teniéndose así una mayor afectación a propiedades.

d) Se eliminan los conflictos de cruce y parcialmente los de entrecruzamiento.

Accidentes.- En esta solución, se evitan casi totalmente los accidentes, debido a que se solucionan las maniobras peligrosas - de cruce y de entrecruzamiento.

E - CONCLUSIONES

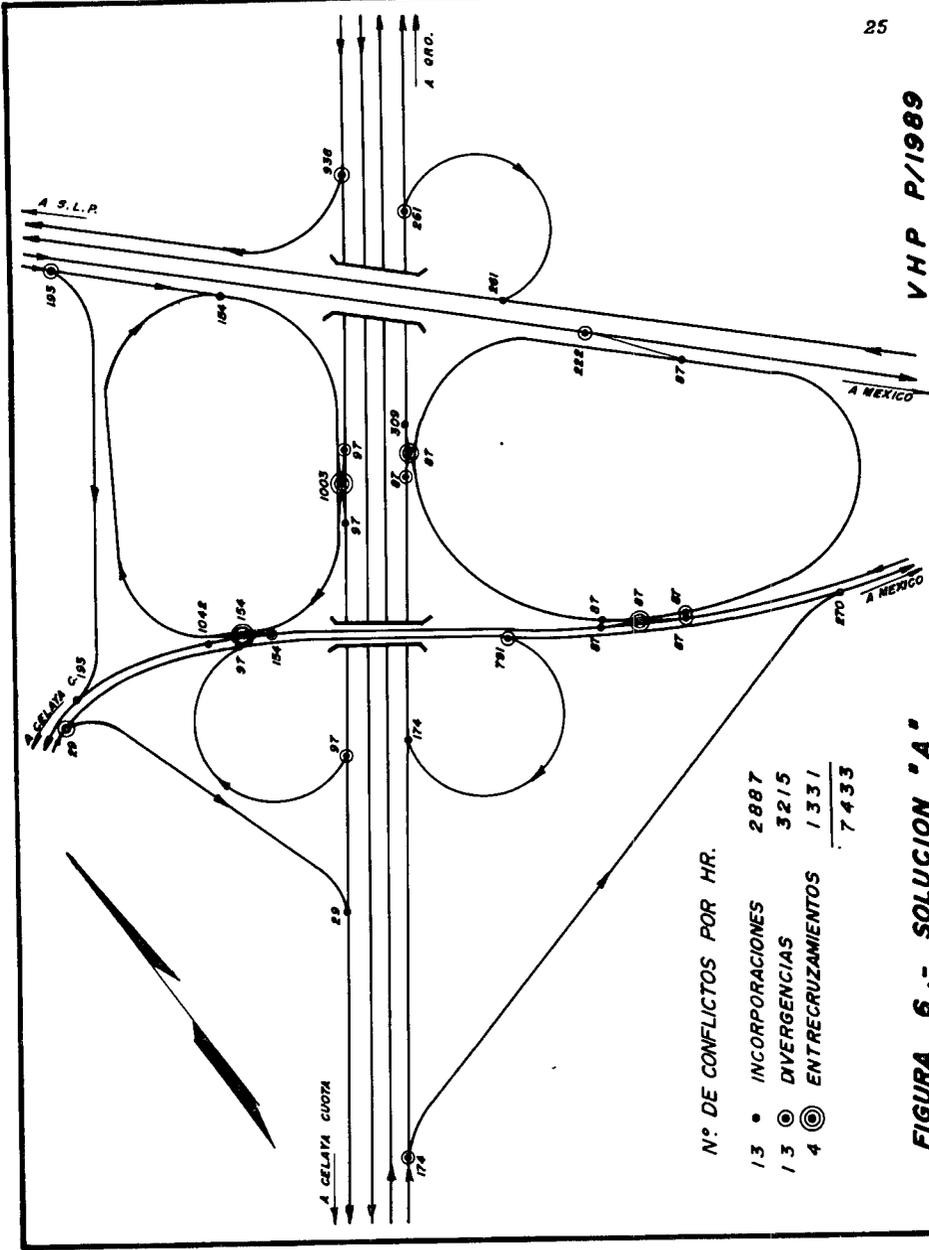
Adaptabilidad.- Desde el punto de vista de las afectaciones a propiedades construidas, la solución B es la que más se adapta, sin embargo su economía no es tan marcada en comparación con la economía de las soluciones A y C.

Accesibilidad.- La solución B es la más económica desde el punto de vista de inversión inicial en la construcción, pero es la que presenta mayor peligro, por lo que se descarta.

Características de operación.- Vemos que la solución C, nos resuelve las deficiencias de operación que se tienen en las soluciones A y B, eliminandose así los conflictos de peligro. Las figuras 5 a 10, nos muestran graficamente el número de conflictos - por hora, para el año futuro de 1989. Los conflictos de incorporación y divergencia que se presentan en la solución C, quedan resueltos con el adecuado proyecto de las zonas de aceleración y de desaceleración.

Accidentes.- La solución C, elimina casi totalmente los accidentes.

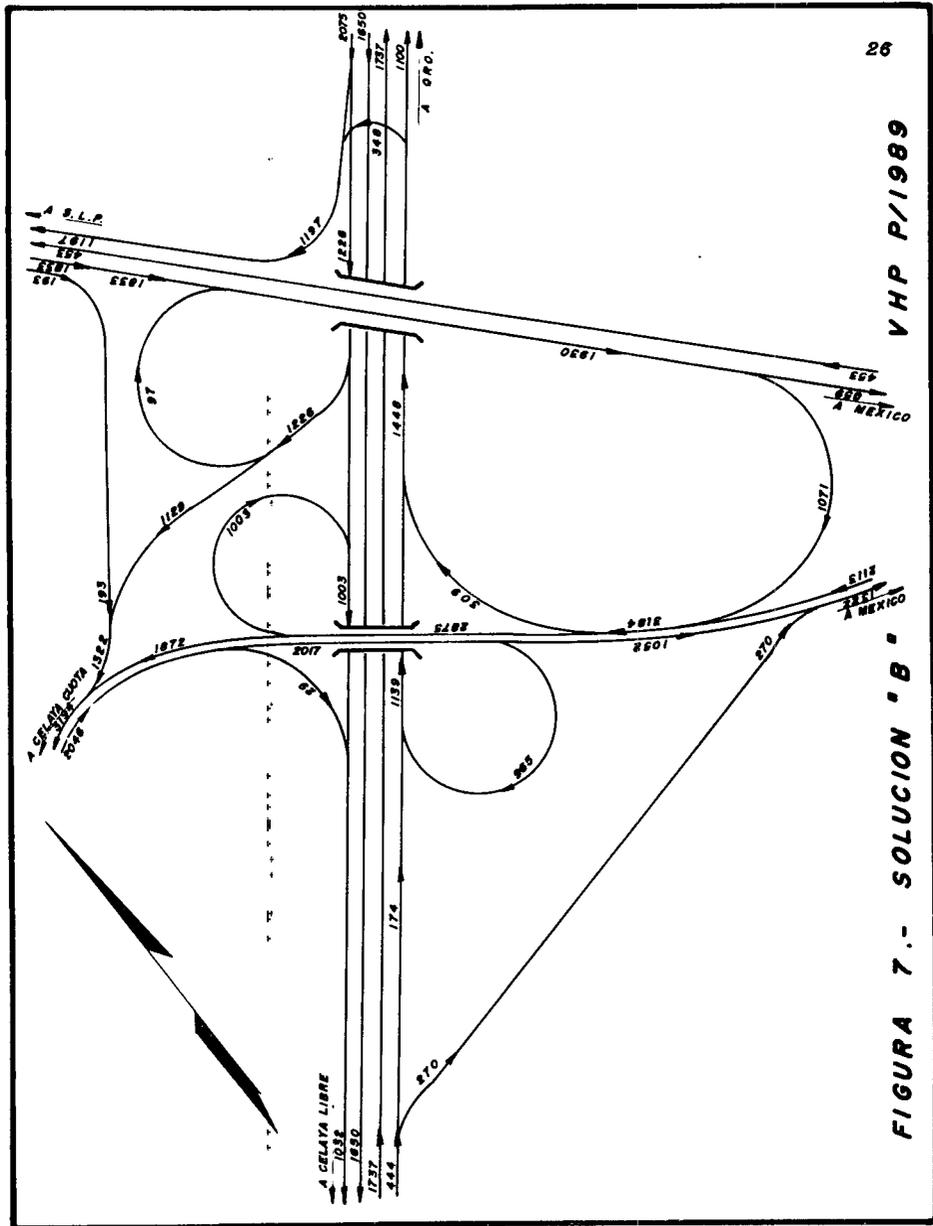
Habiendo hecho un analisis de las soluciones propuestas se ha escogido la solución C, por ser la que nos resuelve mejor el problema desde el punto de Vista Vial.

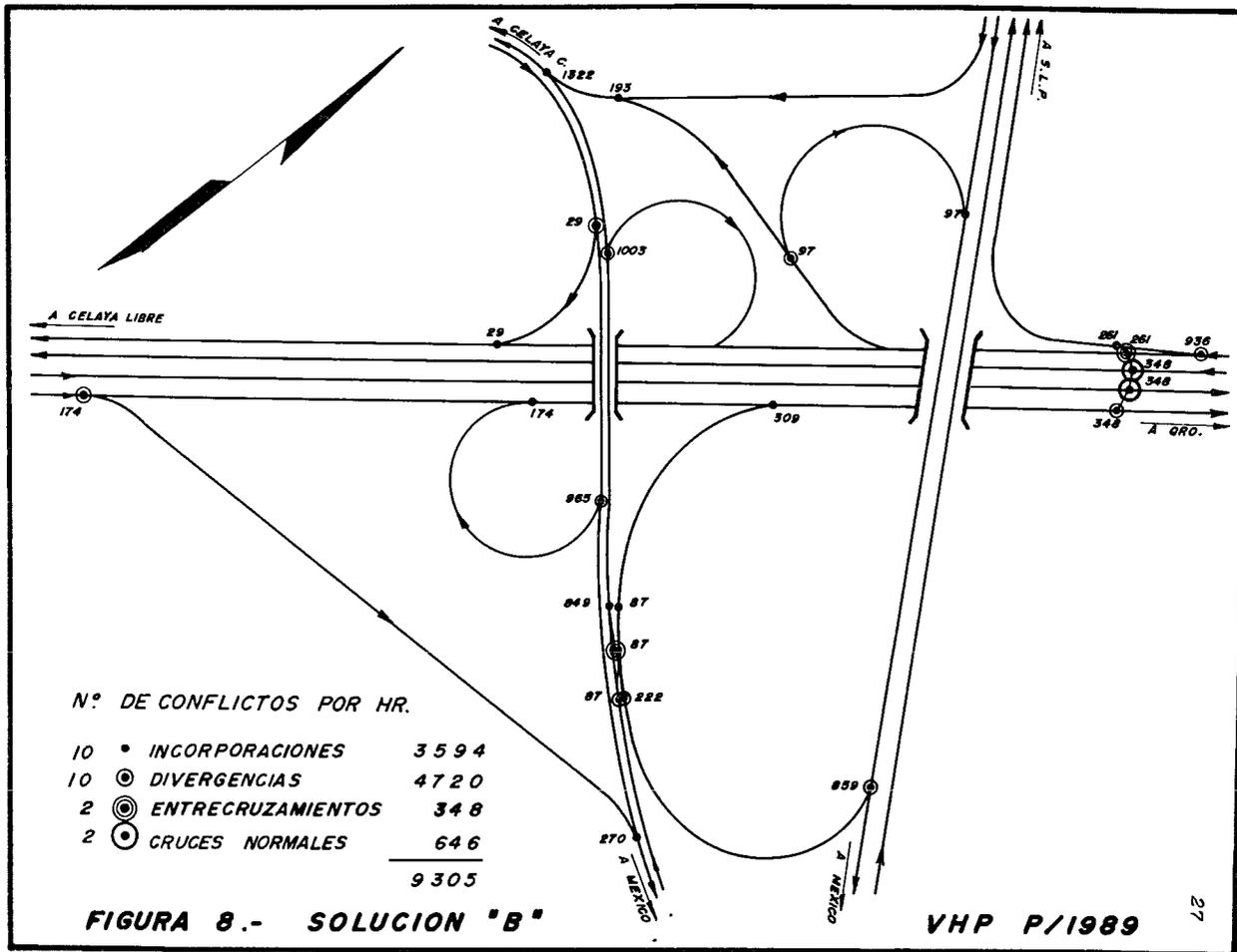


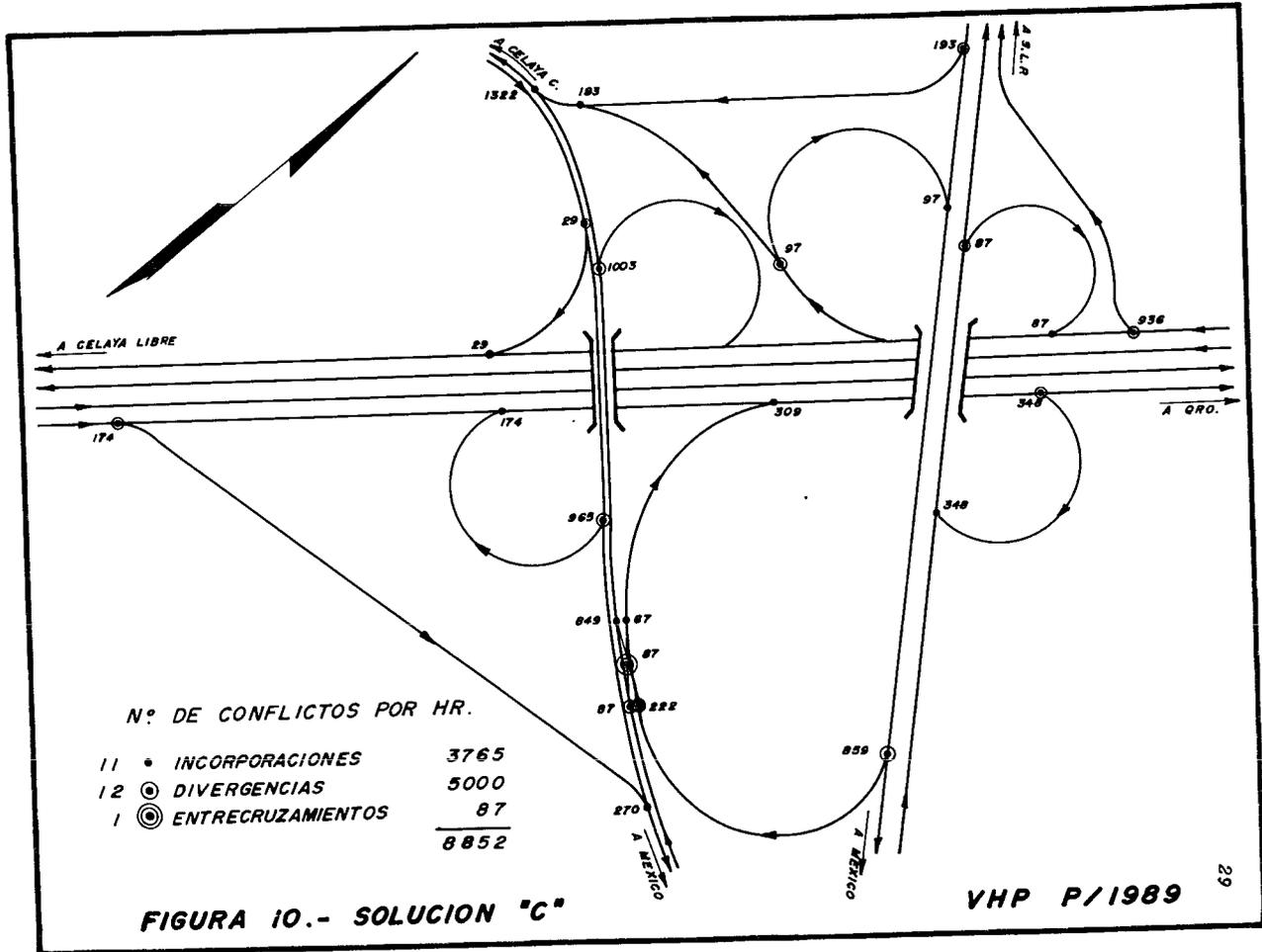
Nº DE CONFLICTOS POR HR.

13 • INCORPORACIONES	2887
13 ⊙ DIVERGENCIAS	3215
4 ⊕ ENTRECruzAMIENTOS	1331
	<u>7433</u>

FIGURA 6.- SOLUCION "A"







C A P I T U L O III

PROYECTO GEOMETRICO INCLUYENDO SEÑALAMIENTO

El proyecto geométrico del entronque, se ha elaborado tomando en consideración todas las características para lograr que sus elementos tengan un funcionamiento ideal, tanto desde el punto de vista de la clase de vehículos que lo usaran, como de las velocidades de operación y volumen de tránsito que se requiere canalizar.

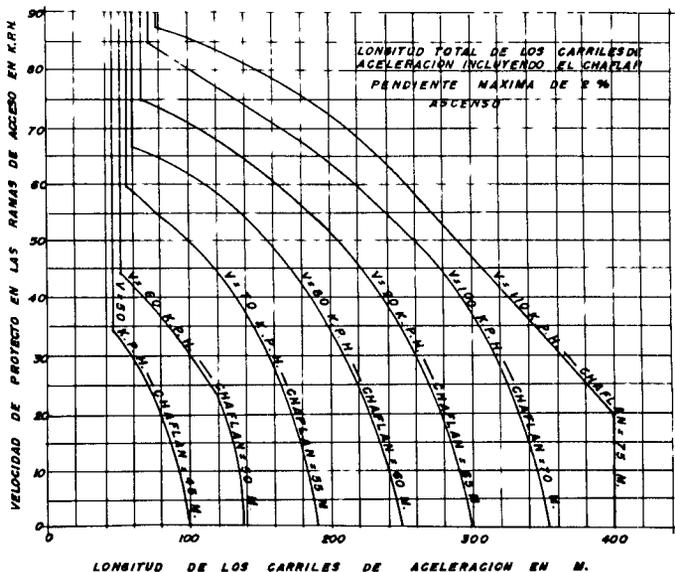
A - ZONAS DE ACELERACION Y DESACELERACION

Por lo general, hay una sensible disminución de velocidad -- cuando se pasa del camino principal a las ramas de enlace y un aumento en el caso opuesto. Estas variaciones deben de ser posibles sin que la corriente de los vehículos que vienen detrás, se retarde o desvía de su trayectoria rectilínea, el vehículo que se desvía del camino principal debe hacerlo a velocidad normal, antes de entrar a las ramas necesita una longitud, que sería la zona de desaceleración, distancia necesaria para poder reducir su velocidad hasta la indicada para circular dentro de las ramas, en el caso opuesto se necesita otro trecho de vía libre o zona de aceleración donde el conductor pueda acelerar hasta la velocidad normal de los que circulan por el camino principal y así poder incorporarse a ellos.

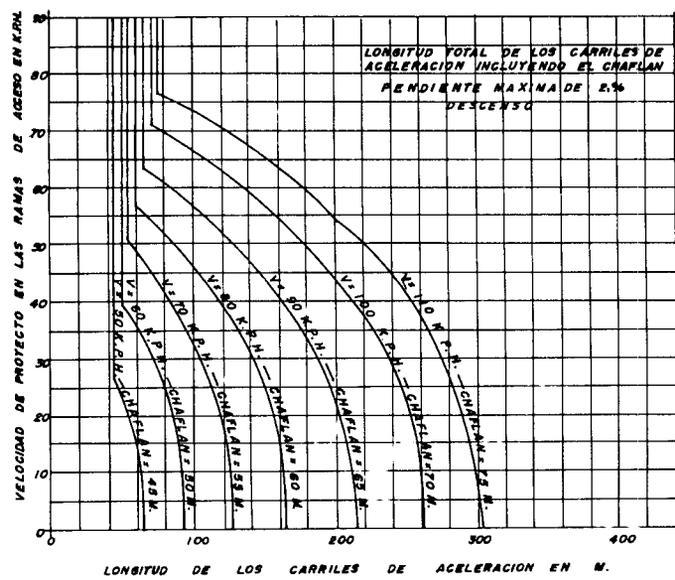
El proyecto de estas zonas tiene por objeto el de conservar dentro de las vías de circulación una velocidad lo más uniforme -- posible, esto es, no solo una exigencia de seguridad sino la manera de lograr un máximo rendimiento de las vías de circulación, esto se consigue evitando que los vehículos que entren o salgan de un ramal o vía principal, cambien su velocidad dentro de la corriente circulatoria de la vía principal.

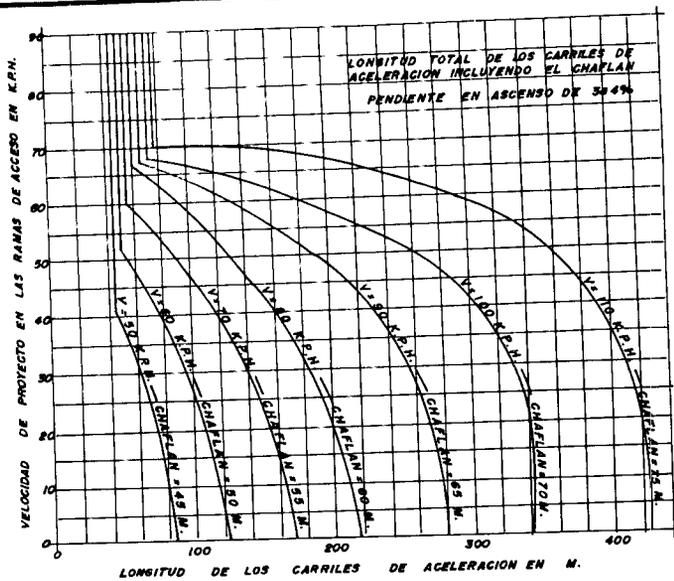
Hay varias formas para proyectar estas zonas, lo recomendable es hacerlo con una transición larga y gradual; una parte de la longitud debe ser en forma de cuña o chaflán hasta tener el ancho total diseñado. El ancho de estas zonas se recomienda sea de 3.35 M. para que se pueda evitar rebases dentro de estas zonas, -- ya que esto podría ocasionar accidentes. Su longitud está en función de los vehículos que circulan por la vía principal y por la vía secundaria. En las figuras 11 a 21, se dan las longitudes de los carriles de aceleración y desaceleración, para diferentes condiciones de pendiente en las ramas de acceso.

Las zonas de aceleración deben ser más largas que las de de-

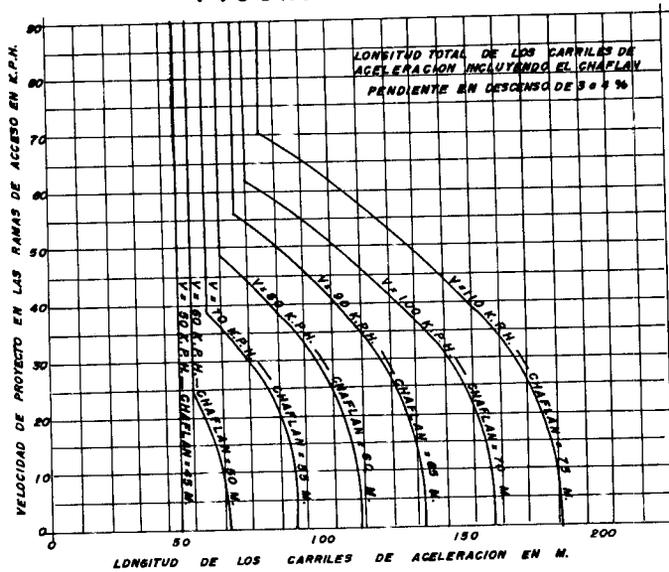


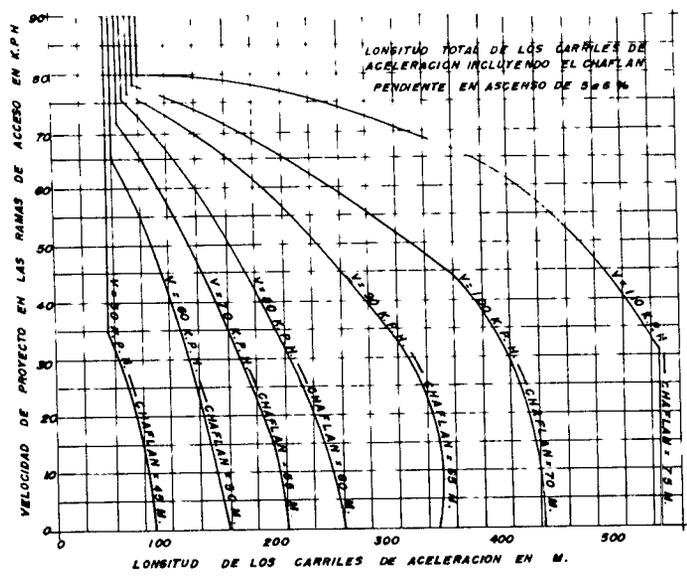
FIGURAS 11 Y 12



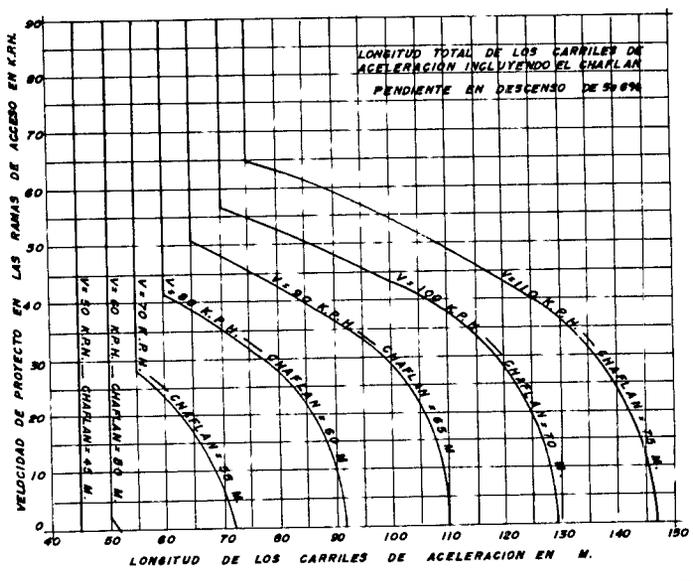


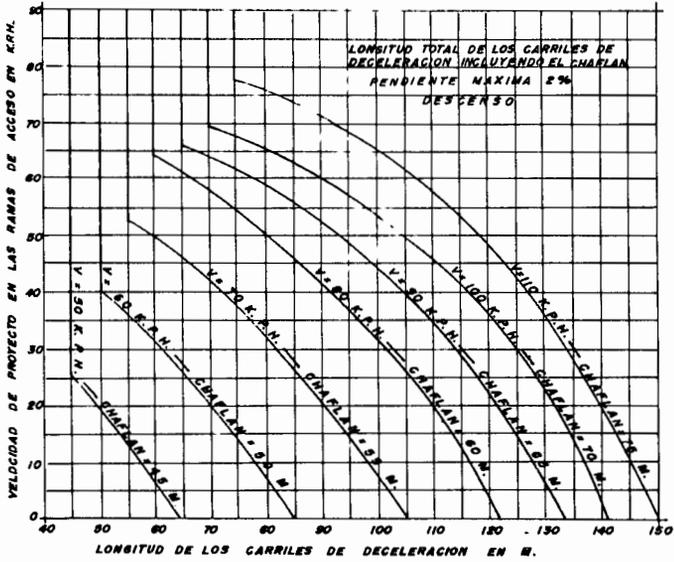
FIGURAS 13 Y 14



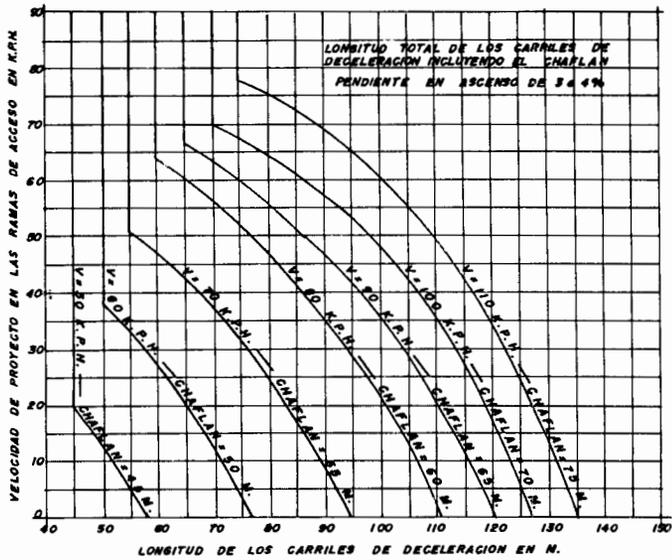


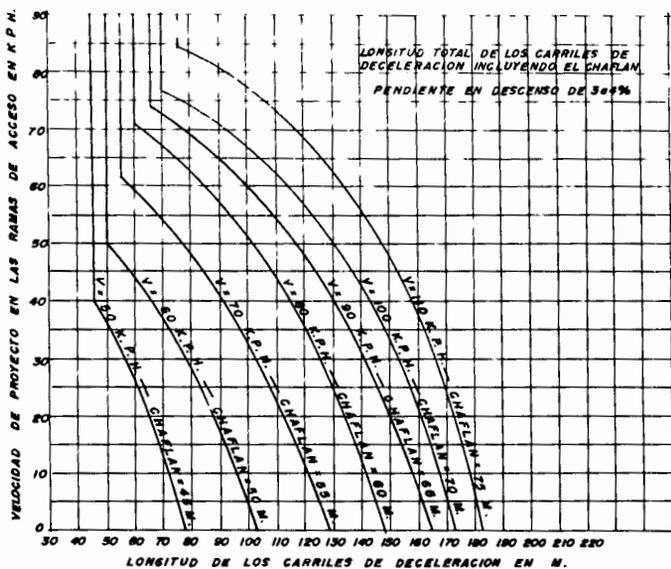
FIGURAS 15 Y 16



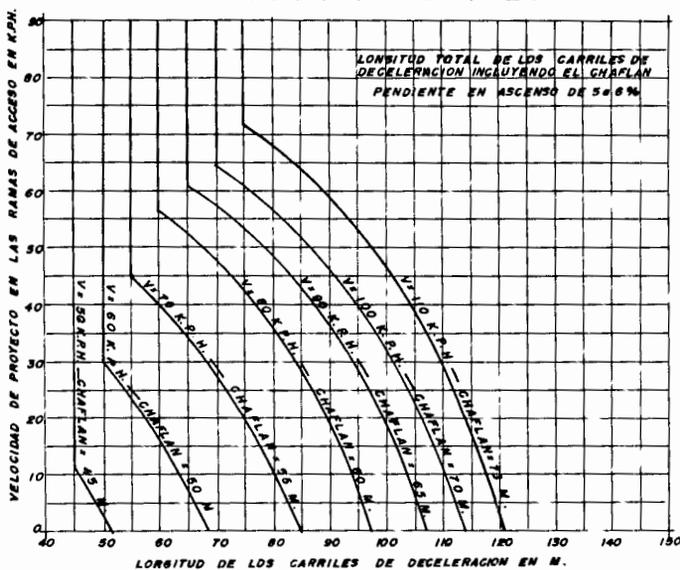


FIGURAS 17 Y 18





FIGURAS 19 Y 20



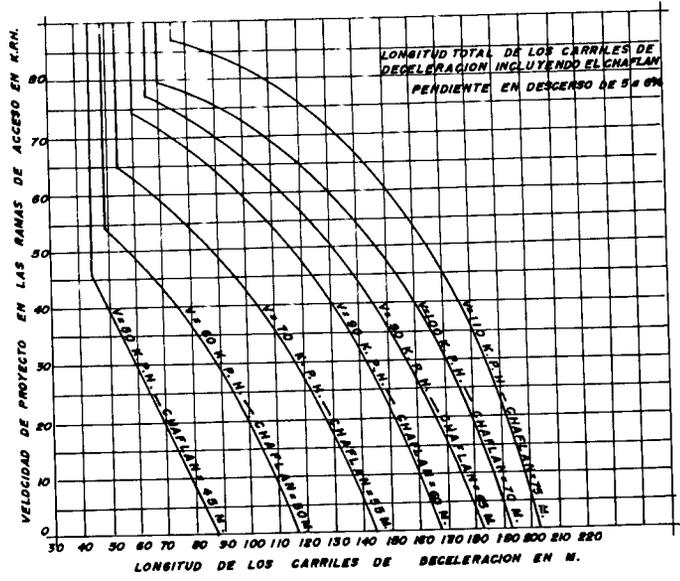


FIGURA 21

TABLA No. 3

VELOCIDAD DE PROYECTO.	Radio mínimo p/proyecto con varios valores de sobreelevación					
	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12
30	26.23	24.42	22.84	21.46	20.70	19.35
45	72.42	66.38	61.28	56.90	53.11	49.79
60	141.62	128.74	118.02	108.94	101.16	94.41
75	245.87	221.28	201.17	184.40	170.00	158.06

b) Angulo de deflexión (Δ), que es el medido directamente en el terreno, entre la prolongación de la tangente anterior y la siguiente, su valor se expresa en grados.

c) Subtangente (St), cuyo valor está dado por la fórmula:

$$St = R \operatorname{tang} \frac{\Delta}{2}$$

d) Longitud de curva (Lc), su valor está dado por la fórmula:

$$Lc = \frac{\Delta \times C}{G}$$

La sobreelevación en curvas circulares queda establecida por la fórmula:

$$S = G \frac{S \text{ máx}}{G \text{ máx}}$$

donde:

- S = sobreelevación en %
- $S \text{ máx}$ = sobreelevación máxima para G máxima admitida de -12%
- G = grado de curvatura, en grados.
- $G \text{ máx}$ = grado máximo admitido para cada velocidad en grados

Los valores de la sobreelevación para una velocidad promedio de 40 Km/hr. estan dados en la siguiente tabla:

TABLA No. 4

V = 40 Km/hr.							
SOBRE ELEVACIONES RECOMENDADAS							
G	R	S%	N	G	R	S%	N
0°30'	2291.83	2.0	8.00	13°30'	84.88	6.2	8.06
1°	1145.92	2.0	8.00	14°	81.85	6.5	8.00
1°30'	763.94	2.0	8.00	14°30'	79.03	6.7	8.06
2°	572.96	2.0	8.00	15°	76.39	6.9	8.12
2°30'	458.37	2.0	8.00	15°30'	73.93	7.2	8.06
3°	381.97	2.0	8.00	16°	71.62	7.4	8.11
3°30'	327.40	2.0	8.00	16°30'	69.45	7.6	8.16
4°	286.48	2.0	8.00	17°	67.41	7.8	8.21
4°30'	254.65	2.1	8.57	17°30'	65.48	8.1	8.15
5°	229.18	2.3	7.82	18°	63.66	8.3	8.19
5°30'	208.35	2.5	8.00	18°30'	61.94	8.5	8.24
6°	190.99	2.8	7.86	19°	60.31	8.8	8.18
6°30'	176.29	3.0	8.00	19°30'	58.77	9.0	8.22
7°	163.70	3.2	8.13	20°	57.30	9.2	8.26
7°30'	152.79	3.5	8.00	20°30'	55.90	9.5	8.21
8°	143.24	3.7	8.11	21°	54.57	9.7	8.04
8°30'	134.81	3.9	8.21	21°30'	53.30	9.9	8.08
9°	127.32	4.2	8.10	22°	52.09	10.2	8.04
9°30'	120.62	4.4	8.18	22°30'	50.93	10.4	8.08
10°	114.59	4.6	8.26	23°	49.82	10.6	8.11
10°30'	109.13	4.8	8.33	23°30'	48.76	10.8	8.15
11°	104.17	5.1	8.24	24°	47.75	11.1	8.11
11°30'	99.64	5.3	8.30	24°30'	46.77	11.3	8.14
12°	95.49	5.5	8.36	25°	45.84	11.5	8.17
12°30'	91.67	5.8	8.28	25°30'	44.94	11.8	8.14
13°	88.15	6.0	8.00	26°	44.07	12.0	8.17

G = grado de la curva circular N = semidistancia del punto
 S = sobre elevación en % donde termina el bombeo
 V = velocidad en Km/hr. al punto donde la S es 2%

Ampliación de curvas circulares.- es el ancho que se agrega al ancho normal de la corona y de la carpeta, en el lado interior de las curvas circulares. Es función de la velocidad de proyecto, del grado de curvatura y del ancho de carpeta. Se calcula con la siguiente tabla:

TABLA No. 5

AMPLIACION EN CURVAS (EN CENTIMETROS)			
GRADO DE CURVA	V = 40 Km/hr. A = 610	GRADO DE CURVA	V = 40 Km/hr. A = 610
0°30'	20	13°30'	100
1°00'	20	14°00'	110
1°30'	20	14°30'	110
2°00'	30	15°00'	110
2°30'	30	15°30'	110
3°00'	40	16°00'	120
3°30'	40	16°30'	120
4°00'	50	17°00'	120
4°30'	50	17°30'	130
5°00'	50	18°00'	130
5°30'	60	18°30'	130
6°00'	60	19°00'	130
6°30'	60	19°30'	140
7°00'	60	20°00'	140
7°30'	70	20°30'	140
8°00'	70	21°00'	150
8°30'	70	21°30'	150
9°00'	80	22°00'	150
9°30'	80	22°30'	150
10°00'	80	23°00'	160
10°30'	90	23°30'	160
11°00'	90	24°00'	160
11°30'	90	24°30'	160
12°00'	100	25°00'	170
12°30'	100	25°30'	170
13°00'	100	26°30'	170

A = ancho de pavimento

DATOS DE CURVAS ENTRONQUE II QUERETARO

RAZA	No.	Pl.	Ac.	Gc.	St.	Lc.	Rc.
A - A'	1	221+484.6	49°56' Der.	3°00'	239.55	210.89	381.97
A - A'	2	221+944.4	38°16' Izq.	6°00'	66.26	127.56	190.99
D - D'	3	000+044.1	269°52' Der.	26°00'	44.17	207.59	44.07
E - E'	4	0+254.39	163°40' Der.	31.389°	254.39	104.28	36.51
E - E'	5	0+196.82	108°00' Der.	29°30'	53.47	73.22	38.84
F - F'	6	0+038.73	72°00' Der.	21°30'	38.73	66.98	53.30
F - F'	7	0+164.68	40°00' Izq.	13.904°	30.00	57.54	82.42
F - F'	8	0+292.06	19°52' Der.	9.571°	20.97	41.52	119.73
G - G'	9	0+019.10	90°00' Der.	60°00'	19.10	30.00	19.10
G - G'	10	0+084.51	90°00' Der.	60°00'	10.10	30.00	19.10
G - G'	11	0+182.81	96°44' Der.	60°00'	21.49	32.24	19.10
H - H'	12	0+041.61	74°39' Der.	21°00'	41.61	71.10	54.57
H - H'	13	0+164.32	40°37' Der.	14°00'	30.29	57.67	81.85
I - I'	14	0+721.44	173°16' Der.	27°00'	721.44	128.35	42.44
I - I'	15	0+190.29	90°00' Der.	95.493°	12.00	12.85	12.00
J - J'	16	0+177.14	204°44' Der.	29°30'	177.14	138.80	38.84
K - K'	17	0+018.41	42°30' Izq.	24.206°	18.41	35.12	47.34
K - K'	18	0+130.77	49°14' Der.	16°30'	31.82	59.68	69.45
L - L'	19	0+039.72	40°00' Der.	10°30'	39.72	76.19	109.13
L - L'	20	0+248.06	33°00' Der.	7.155°	47.49	92.38	160.15
M - M'	21	0+097.48	99°28' Der.	13.878°	97.48	143.34	82.57
N - N'	22	0+087.95	89°52' Der.	13°00'	87.95	138.26	88.15
O - O'	23	0+262.70	156°18' Der.	20.789°	262.70	150.36	55.12

C - ALINEAMIENTO VERTICAL

El proyecto de perfil de un camino está formado por tangentes verticales con diferentes pendientes, unidas entre sí por curvas verticales parabólicas y que tienen como función redondear los quiebres formados, dando como resultado una línea continua de nominada rasante.

La pendiente de un camino depende, dentro de los límites de la economía bien entendida, de la topografía del terreno y de las limitaciones que se le fijan al camino.

En el proyecto de entronques las pendientes recomendables en las ramas de enlace, según la A.A.S.H.O. no deben exceder de los siguientes valores:

Para velocidades de 65 a 80 Km/hr.	del 3 al 5 %
Para velocidades de 55 a 65 Km/hr.	del 4 al 6 %
Para velocidades de 40 a 50 Km/hr.	del 5 al 7 %
Para velocidades de 25 a 40 Km/hr.	del 6 al 8 %

Siempre que se presente un cambio en el valor de la pendiente, es necesario eliminar el quiebre que se presenta en el punto de cambio de una curva vertical. La curva que satisface mejor el cálculo de los puntos intermedios es la parábola, ya que en ésta curva los ángulos de desviación son tan pequeños que cada segmento de arco se considera igual a la cuerda que la subtiende, lo mismo que la longitud total es igual a la cuerda mayor. Por lo regular no se calculan las curvas verticales cuando la diferencia de pendientes es de 0.5% o menor.

La curva en todos los casos debe ser de una longitud tal que sea suficiente para proporcionar la distancia de visibilidad de parada de un vehículo que viaja a la velocidad de proyecto.

1.- Curvas verticales concavas (Columpio)

Para el cálculo de la longitud de la curva vertical en columpio, se tomará en cuenta como factor primordial, la distancia de visibilidad nocturna, dada por la intensidad y ángulo de haz luminoso de los faros del vehículo, para que satisfaga una distancia mínima igual a la de parada.

El cálculo está basado en la fórmula:

$$L = \frac{AS^2}{152 + 3.5 S} \quad \text{para } S \text{ menor que } L$$

$$L = 2 S - \frac{152 + 3.5 S}{A} \quad \text{para } S \text{ mayor igual que } L$$

donde:

L = longitud de la curva vertical en columpio en M.

S = distancia de visibilidad considerando el haz luminoso, igual a la distancia de parada en M .
 A = diferencia algebraica de las pendientes en $\%$

2.- Curvas verticales convexas (Cresta o Cima)

La longitud mínima de este tipo de curva, debe satisfacer la distancia de parada como mínimo, pero podrá emplearse una longitud mayor en caso de que se quiera satisfacer el rebase. La longitud mínima de la curva vertical parabólica en cresta, está en función de la velocidad de proyecto, de la diferencia algebraica de pendientes y de la distancia de velocidad de parada. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$L = \frac{AS^2}{200 (h_1 + h_2)^2}$$

donde:

L = longitud de la curva vertical en cresta en M .
 S = distancia de la visibilidad de parada en M .
 A = diferencia algebraica de las pendientes en $\%$
 h_2 = altura del objeto sobre el pavimento (0.10 M .)
 h_1 = altura del ojo del conductor (1.37 M .)

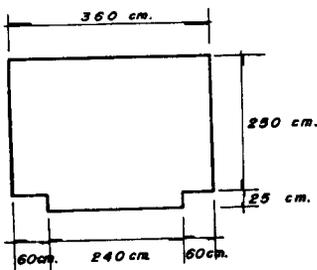
Substituyendo los valores de h_1 y h_2 en la fórmula anterior se obtienen las siguientes fórmulas:

$$L = \frac{S^2}{384} \quad \text{para distancias de visibilidad de parada}$$

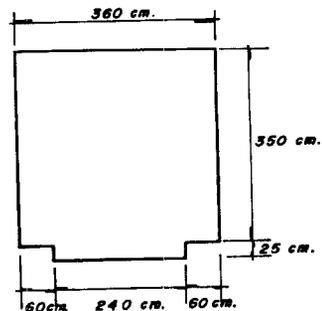
$$L = \frac{S^2}{916} \quad \text{para distancias de visibilidad de rebase}$$

D - GALIBOS

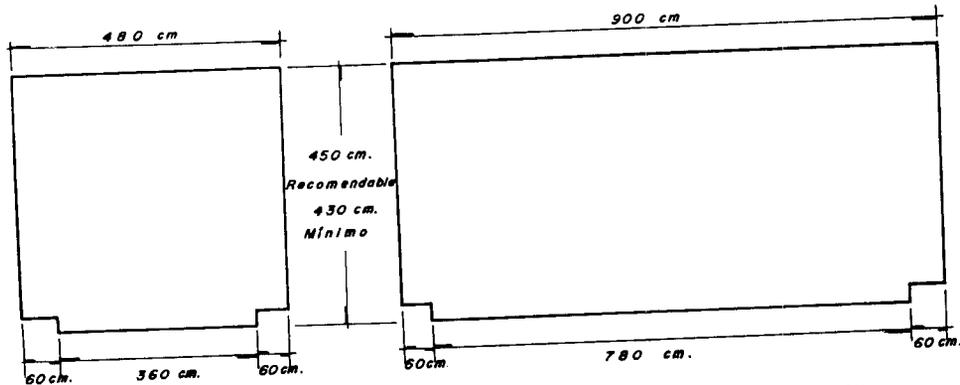
Los espacios libres horizontales y verticales, reciben el nombre de gálidos y son los espacios necesarios para dar cabida o paso al tránsito. En toda estructura de paso a desnivel los gálidos deberán especificarse según el tránsito que lo empleará (peatones, ganado, vehículos agrícolas, vehículos trailers, ferrocarril, etc.).



GALIBOS PARA PEATONES Y GANADO



GALIBOS PARA VEHICULOS AGRICOLAS



GALIBOS PARA VEHICULOS UNA VIA

GALIBOS PARA VEHICULOS DOS VIAS

Para los caminos con 3 o más vías, el gálibo horizontal será de preferencia el ancho de la corona del camino más 60 cm. a cada lado para banquetas y su altura será de 4.50 M., para permitir el paso a trailers cuya altura según la A.A.S.H.O. (Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Carreteras) está limitada, en todos los estados de la Unión Americana a 14 pies = 4.26 M. como máximo y con una tendencia hacia el límite de 13.5 pies = 4.12 M.

En el Entronque II Querétaro, el gálibo horizontal es el ancho de la corona más 3.50 M. a cada lado, el gálibo vertical es de 4.50 M.

E - SECCIONES DE CONSTRUCCION

Proyectar con acierto la sección transversal de un camino es un problema delicado, al cual se le debe dedicar el máximo de atención. De la sección transversal depende la capacidad de tránsito y al mismo tiempo pesa grandemente en el costo total de construcción.

En general la sección transversal de un camino consta de superficie de rodamiento o carpeta, en los que se alojan los carriles o vías de circulación y los acotamientos, destinados a los vehículos que se estacionan a los lados del camino.

En la figura 25 mostramos secciones tipo del Entronque II -- Querétaro.

F - SEÑALAMIENTO

El señalamiento es de suma importancia en cualquier vía de tránsito, pero en un entronque es vital, está íntimamente ligado

al buen funcionamiento de dicha obra.

El señalamiento debe proyectarse de una manera impecable, de tal manera que provoque reacciones adecuadas al usuario, para esto el señalamiento debe ser uniforme, visible al conductor, entendible y no superabundante. Se debe evitar al máximo anuncios comerciales que desvían la atención del conductor en las zonas que ofrecen peligros o requieran máxima seguridad en las maniobras.

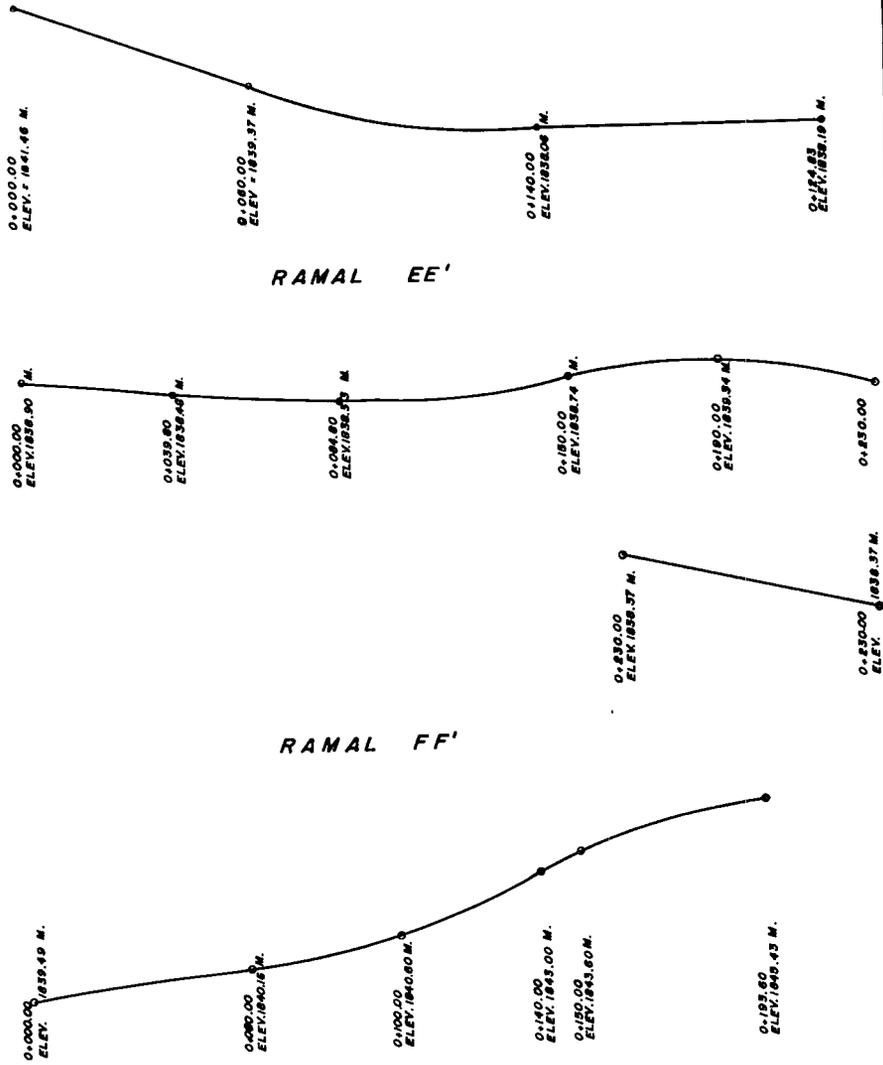
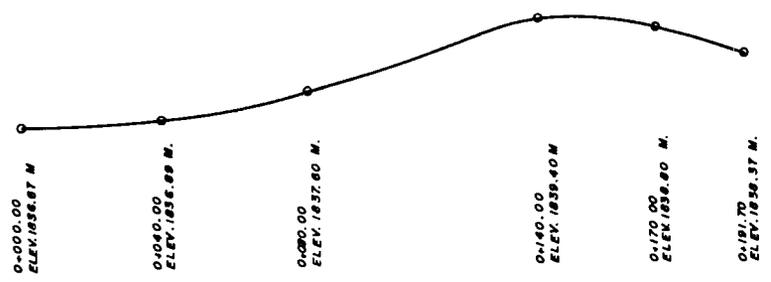


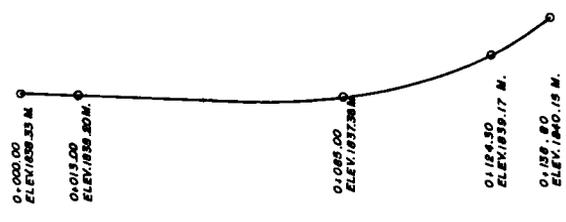
FIGURA 22.- PERFILES DE LOS RAMALES



RAMAL HH'

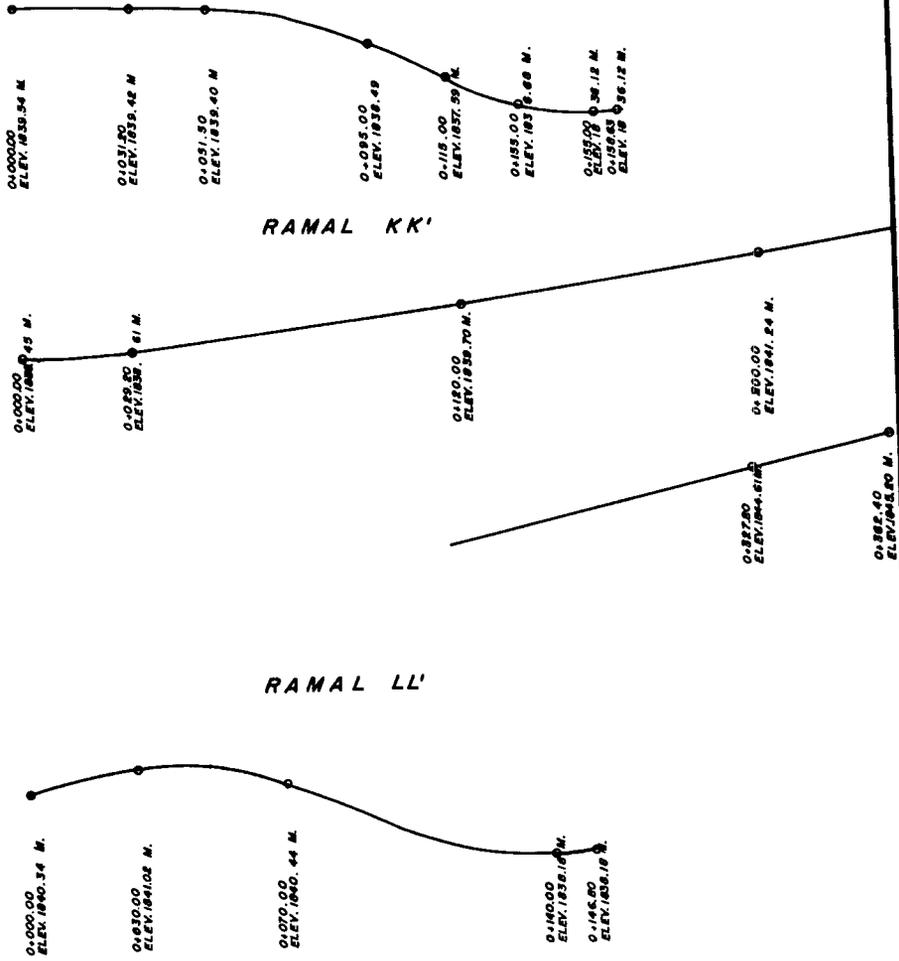


RAMAL II'

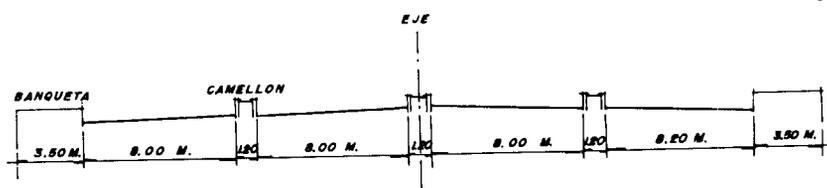


RAMAL JJ'

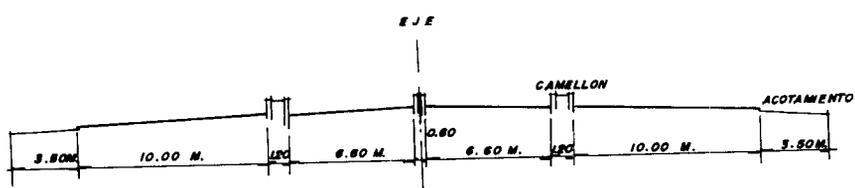
FIGURA 23.- PERFILES DE LOS RAMALES



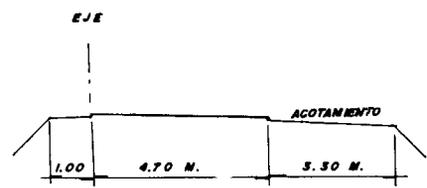
RAMAL MM'
FIGURA 24.- PERFILES DE LOS RAMALES



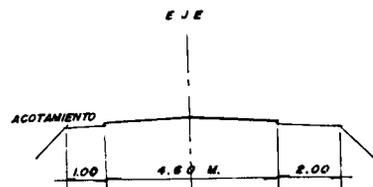
SECCION R-CC' EST. 0+000



SECCION R-CC' EST. 0+660

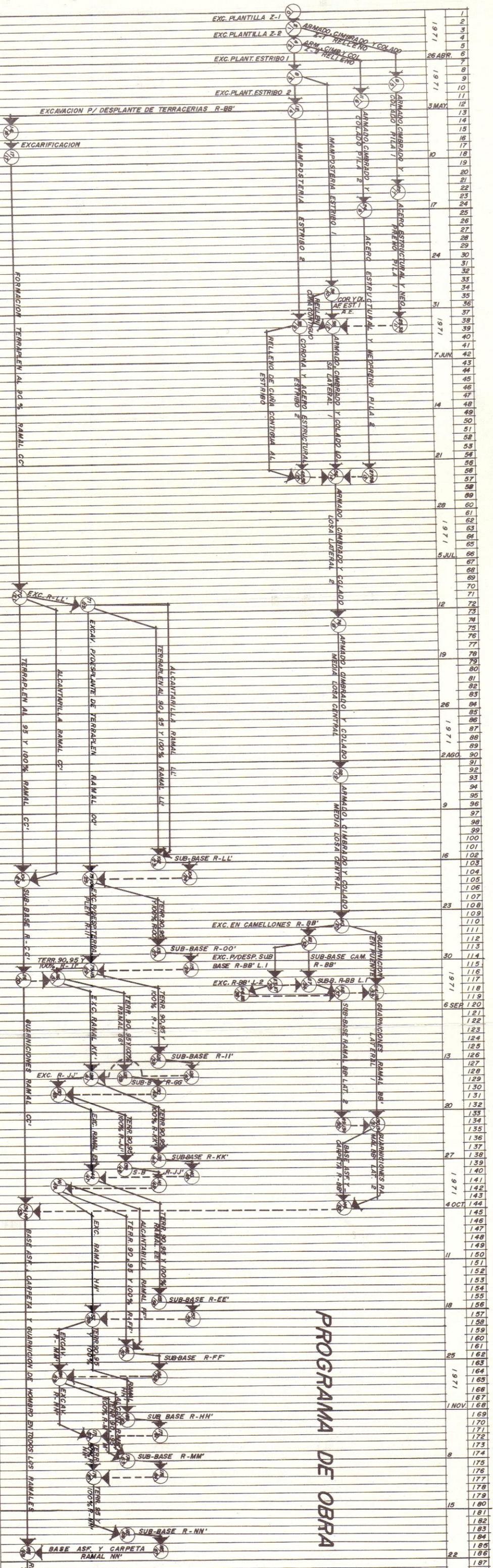


SECCION R-JJ' EST. 0+120



SECCION R-LL' EST. 0+180

FIGURA 25.- SECCIONES DE CONSTRUCCION TIPO



PROGRAMA DE OBRA

1	1971	26 ABR.
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8	1971	
9		
10		
11	3 MAY.	
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18	10	
19		
20		
21		
22		
23	17	
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30	24	
31		
32		
33		
34		
35		
36	31	
37		
38	1971	
39		
40		
41		
42	7 JUN.	
43		
44		
45		
46		
47		
48	14	
49		
50		
51		
52		
53		
54	21	
55		
56		
57		
58		
59		
60	28	
61	1971	
62		
63		
64		
65		
66	5 JUL.	
67		
68		
69		
70		
71		
72	12	
73		
74		
75		
76		
77		
78	19	
79		
80		
81		
82		
83		
84	26	
85	1971	
86		
87		
88		
89		
90	2 AGO.	
91		
92		
93		
94		
95		
96	9	
97		
98		
99		
100		
101	16	
102		
103		
104		
105		
106		
107		
108	23	
109		
110		
111		
112		
113		
114	30	
115	1971	
116		
117		
118		
119		
120	6 SEP.	
121		
122		
123		
124		
125		
126	13	
127		
128		
129		
130		
131		
132	20	
133		
134		
135		
136		
137		
138	27	
139	1971	
140		
141		
142		
143		
144	4 OCT.	
145		
146		
147		
148		
149		
150	11	
151		
152		
153		
154		
155		
156	18	
157		
158		
159		
160		
161		
162	25	
163	1971	
164		
165		
166		
167		
168	1 NOV.	
169		
170		
171		
172		
173		
174	8	
175		
176		
177		
178		
179		
180	15	
181		
182		
183		
184		
185	22	
186		
187		
188		
189		
190		
191		

CAPITULO IV

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS

A - ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA CALZADA

El diseño de carreteras y el diseño de estructuras, son en cierta forma semejantes. Un puente que soporta a un determinado número de vehículos, transmite su carga a través de miembros sucesivos al cimiento. De igual forma un camino que soporta a un determinado número de vehículos, transmite su carga a través de capas sucesivas de pavimento y terracerías al suelo no alterado sobre el cual descansa. Los elementos que forman la estructura tipo de los caminos en el Entronque II Querétaro, se muestran en la siguiente figura (26).

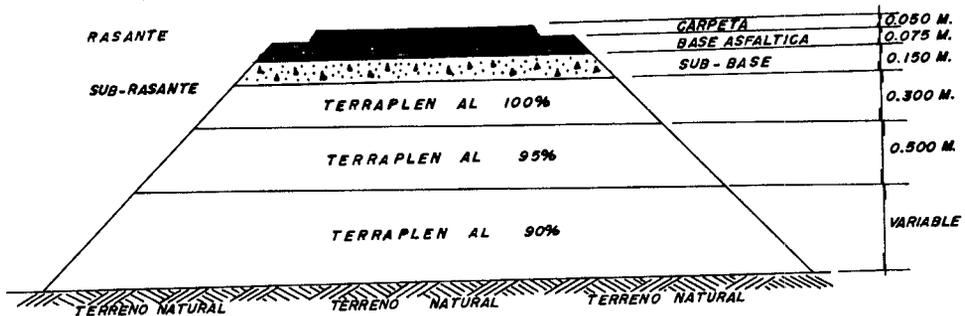


FIGURA.- 26 ELEMENTOS ESTRUCTURALES, TIPO.

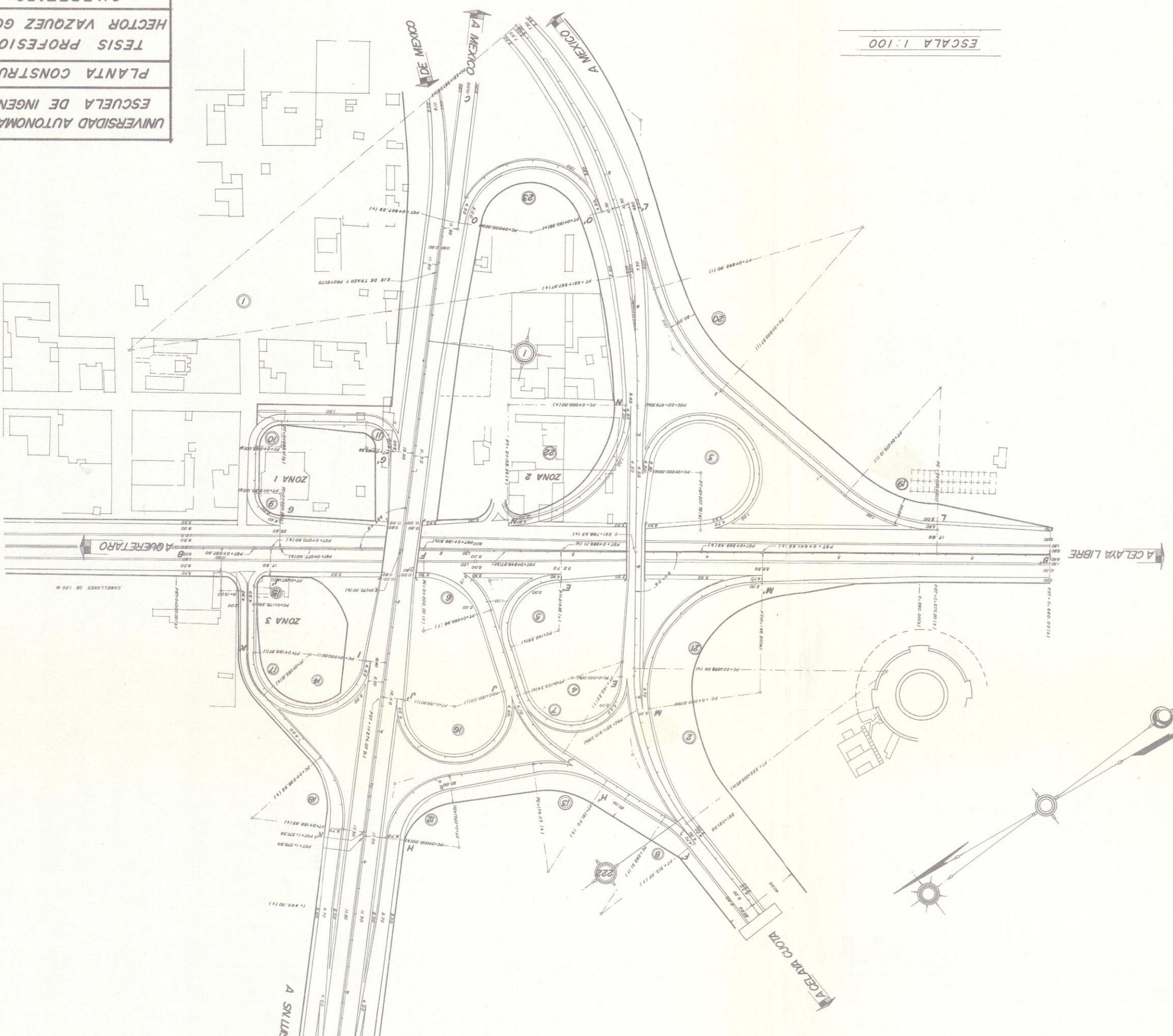
A la estructura del camino se aplican las cargas de las ruedas y cada vez que una carga pasa, ocurre alguna deformación de la superficie y de las capas inferiores. Si la carga es excesiva, sus aplicaciones repetidas ocasionaran asperezas y agrietamientos que finalmente conducen a un asentamiento relativo.

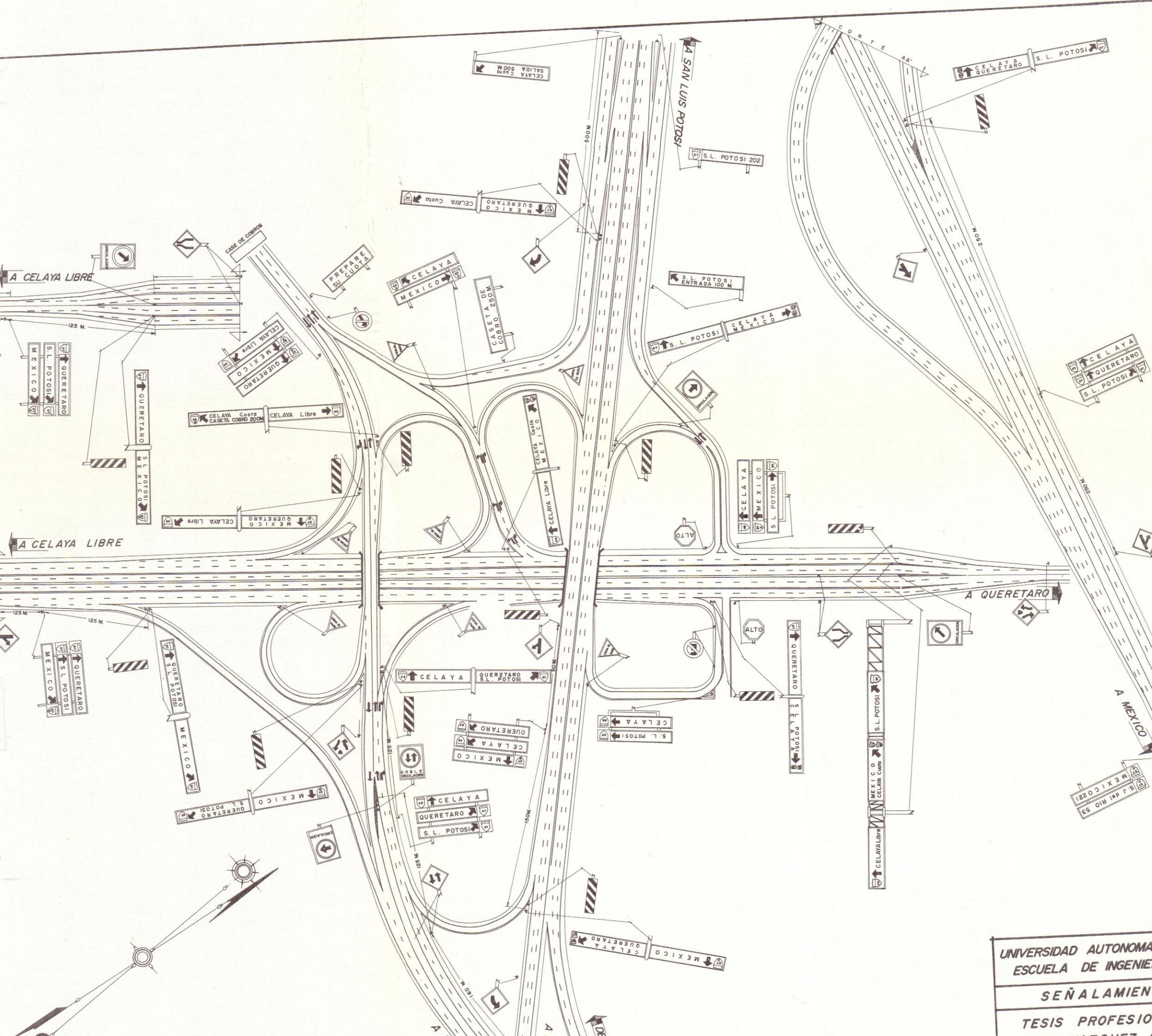
La deformación en un pavimento puede ser causa de una deformación elástica, por consolidación del pavimento y de las terracerías, o por una combinación de deformación elástica y plástica.

La deformación elástica ocurre cuando la carga viva de las ruedas deforma temporalmente los materiales del pavimento comprimiendo el aire que llena los huecos de la base y la sub-base. Mientras estas deformaciones sean pequeñas, no causaran daño al

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
 ESCUELA DE INGENIERIA
 PLANTA CONSTRUCTIVA
 TESIS PROFESIONAL
 HECTOR VAZQUEZ GONZ
 QUERETARO, QRO

ESCALA 1:100





UNIVERSIDAD AUTONOMA
 ESCUELA DE INGENIERIA
 SEÑALAMIENTO
 TESIS PROFESIONAL

camino, ya que la superficie regresa a su posición original después de que la carga pasa.

La deformación por consolidación ocurre cuando la carga viva produce una presión elevada en los poros del suelo, expulsando parte del aire y del agua, consolidándose el material. La deformación por consolidación es permanente y se va incrementando con la repetición de carga.

La deformación plástica ocurre cuando la presión del aire y del agua, dentro de los poros de las terracerías, se combina con fuerzas producidas por la carga para desplazar el material del camino. La deformación plástica es la causa principal del asentamiento de la superficie del camino y es progresiva bajo la repetición de carga.

Para evitar al máximo las fallas anteriores, es necesario hacer un estudio detallado de los suelos donde se vaya a desplantar las terracerías y un adecuado diseño de espesores.

Básicamente el diseño de un pavimento consiste en medir la resistencia y las propiedades físicas de los suelos que lo formarán, fijando los espesores de acuerdo a la resistencia de la subrasante y al volumen de tránsito. El método más empleado para la determinación de los espesores de un pavimento es el del Valor Relativo Soporte.

Valor Relativo Soporte

Este método combina una prueba de deformación por carga, realizada en el laboratorio, con una gráfica empírica de diseño para determinar el espesor del pavimento. Los pasos a seguir en la prueba de Valor Relativo Soporte, son los siguientes:

a) Las muestras de suelo (cada una de 4 Kg. aproximadamente) con diferente contenido de humedad, se compactan por medio de una carga unitaria de 140.6 Kg., en cilindros de acero de 15.75 cm. de diámetro y 20.32 cm. de altura.

b) Se traza la curva de humedad en función de la densidad, y la muestra con la mayor densidad seca se selecciona.

c) La muestra en el molde se sumerge en agua, el período de saturación varía de 3 a 5 días. La diferencia de lecturas final e inicial del extensómetro, expresada en milímetros, se divide entre la altura en milímetros del espécimen, antes de sujetarlo a la saturación y este cociente multiplicado por 100 expresa el valor de la expansión.

d) Un pequeño émbolo cilíndrico de sección en su extremo de 19.35 cm², se introduce en la muestra todavía confinada. Inicialmente se aplica una carga no mayor de 10 Kg. e inmediatamente se ajusta el extensómetro de carátula para registrar el desplazamiento vertical del cilindro. Se procederá a la aplicación de cargas

en pequeños incrementos continuos, procurando que la velocidad de desplazamiento del cilindro sea de 1.25 mm. sobre minuto, anotando el valor de las cargas correspondientes a cada una de las siete penetraciones. Una vez terminada la prueba deberá observarse el aspecto que presenta el material, en el sitio en que se hizo la penetración y medirse el espesor del material afectado por el agua durante la saturación, para tener una idea del peligro que puede representar la presencia de agua en exceso en el material una vez colocado en la obra.

La carga registrada para la penetración de 2.54 mm. se deberá expresar como un porcentaje de la carga estándar de 1,360 Kg. y el porcentaje así obtenido es el Valor Relativo Soporte correspondiente de esa muestra.

La curva de carga en función de la deformación para una variedad de suelos, se muestra en la figura 27.

B - CLASIFICACION DE LOS PAVIMENTOS

Podemos clasificar los pavimentos en dos grupos: pavimentos rígidos y pavimentos flexibles.

Los pavimentos rígidos consisten en una mezcla relativamente rica de cemento Portland, arena y agregado grueso tendida en una sola capa. Cuando se construyen y se diseñan apropiadamente, tienen una larga vida y un costo de mantenimiento relativamente bajo.

Los pavimentos flexibles consisten en una superficie de desgaste construída sobre la base, sub-base y que descansa sobre la subrasante compacta. Generalmente esta superficie es una combinación de agregados minerales y material asfáltico, de varios espesores y tipos, denominandosele mezcla asfáltica.

Las mezclas asfálticas, a su vez, pueden dividirse en dos grupos:

Mezclas en planta:

- a) Mezcla asfáltica en caliente
- b) Mezcla asfáltica en frío

Sistemas por penetración o estratificados:

- a) Tratamiento asfáltico superficial
- b) Tratamiento multicapa
- c) Macádam asfáltico

La mezcla utilizada en el Entronque II Querétaro, fué la mezcla asfáltica en caliente, la razón por la que se utilizó dicha mezcla fué, que por tratarse de una obra importante debería de utilizarse la mezcla de mejor calidad, además que el volumen total utilizado justificaba la instalación de una planta, ya que para obras pequeñas el costo de transporte de una planta influye en

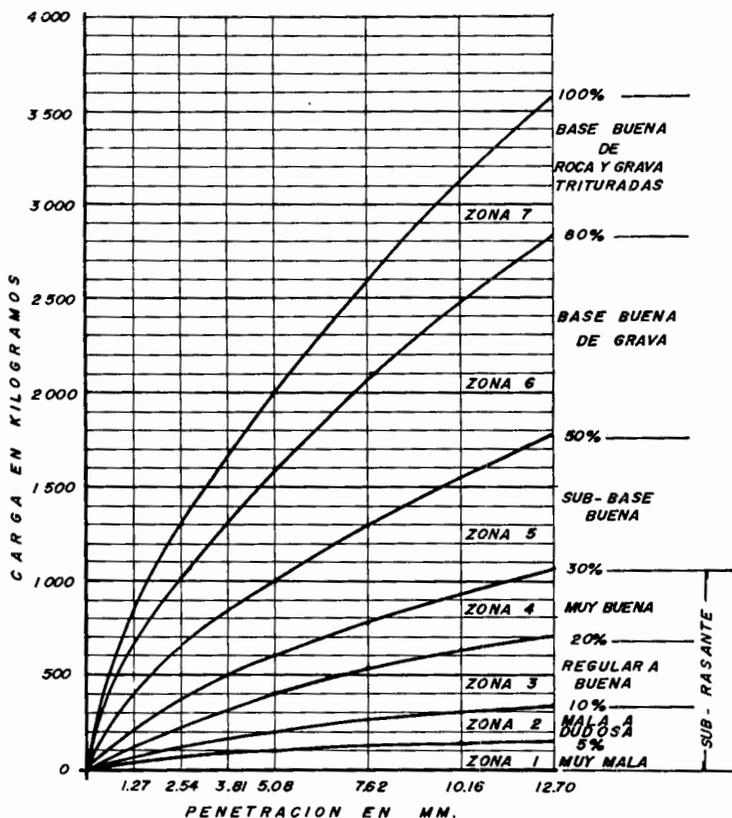
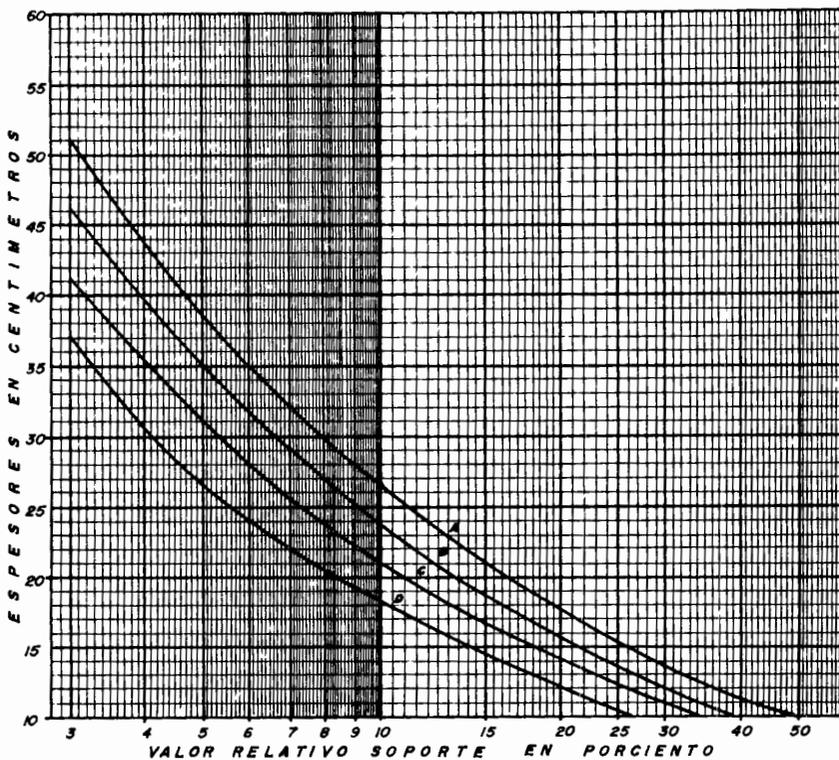


FIG. 27.- CURVAS DE CARGA EN FUNCION DE LA PENETRACION PARA SUELOS TIPICOS, PROBADOS POR LA PRUEBA DEL VALOR RELATIVO SOPORTE.

FIG. 28.- GRAFICA PARA EL CALCULO DE ESPESOR MINIMO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, EN FUNCION DEL V. R. S. DE LA SUBRASANTE.



INTENSIDAD DE TRANSITO DE - VEHICULOS CON CAPACIDAD DE CARGA IGUAL O SUPERIOR A 3 TONELADAS METRICAS, CONSI- DERANDO UN SOLO SENTIDO .	CURVA APLI- CABLE PARA PROYECTO DE ESPESORES	TIPO RECOMENDABLE DE CARPETA ASFALTICA
MAYOR DE 1000 VEHICS. AL DIA	A	MEZCLA EN PLANTA
DE 600 a 1000 VEHICS. AL DIA	B	MEZCLAS EN EL LUGAR A MEZCLAS EN PLANTA
DE 200 a 600 VEHICS. AL DIA	C	TRATAMIENTO SUPERFICIAL TRIPLE O MEZCLA EN EL LUGAR
MENOR DE 200 VEHICS AL DIA	D	TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE O DOBLE

el costo del pavimento.

Mezcla asfáltica en caliente. - es una combinación de materia les pétreos bien graduados, secados a temperaturas relativamente elevadas y mezclados en caliente con el asfalto.

C - ANCHO Y ESPESOR DEL PAVIMENTO

Ancho del pavimento

La finalidad que debe alcanzar el proyecto del ancho del pavimento, es permitir el paso simultáneo en cualquier sección del camino de uno o varios vehículos, según sea el volumen de tránsito tomado para el proyecto.

Si en un camino las vías existentes están saturadas, el aumento del ancho deberá hacerse siempre por vías completas, a todo lo largo del tramo en donde exista la saturación, pues hacerlo en menor proporción o en tramos pequeños, nada resuelve en la práctica.

Es necesario que las ramas de enlace del entronque tengan un ancho de pavimento necesario para que puedan transitar los diferentes tipos de vehículos. Se anexan dos gráficas, figura 29, que permiten determinar rápidamente el ancho del pavimento de una rama en curva circular, tomando en consideración el camión unidad - como vehículo tipo y según transite en uno o dos carriles.

Espesor del pavimento

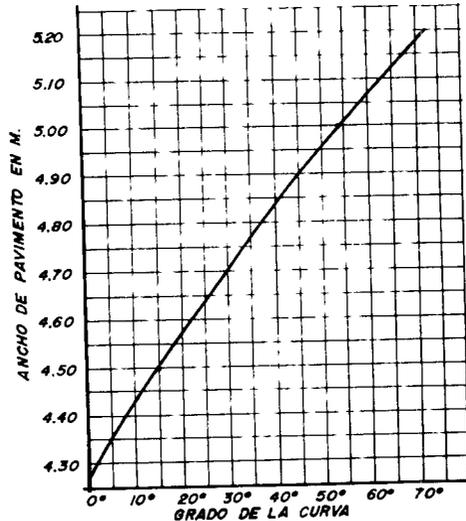
Los pavimentos delgados, para tráfico ligero, no añaden resistencia a la estructura del pavimento en conjunto, proporcionan una superficie que permite la circulación en todo tiempo, y protege las capas inferiores de la destrucción del tráfico y los agentes atmosféricos. Los pavimentos de espesor igual o mayor de 7.5 cm., para tránsito pesado, además de tener la función de los pavimentos delgados, contribuyen grandemente a la resistencia y poder portante de la estructura del pavimento en conjunto, ya que el incremento de resistencia es proporcional al incremento en espesor del pavimento.

Para obtener el espesor de un pavimento nos basamos en el Valor Relativo Soporte, con este dato entramos a la gráfica de la figura 28.

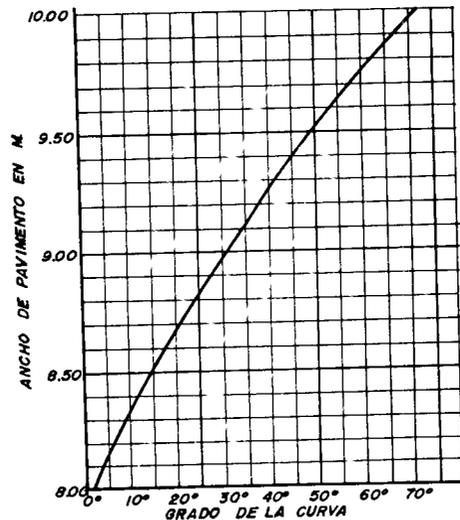
D - PROYECTO DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

1.- Selección del material pétreo y de su granulometría

La selección adecuada del material pétreo y de su granulometría, son factores importantes que influyen grandemente en la es-



ANCHO DE PAVIMENTO EN CURVAS CIRCULARES - P/ENTRONQUES, CAMION UNIDAD EN UN CARRIL SIN POSIBILIDAD DE REBASE.



ANCHO DE PAVIMENTO EN CURVA CIRCULARES - P/ENTRONQUES, CAMION UNIDAD EN DOS CARRILES.

FIG. 29. - ANCHO DE PAVIMENTO CAMION UNIDAD

tabilidad de los pavimentos flexibles.

Lo más usual en las mezclas asfálticas en caliente es el uso de granulometrías cerradas; entendiéndose por granulometría cerrada, una amplia distribución de tamaños de material pétreo, de los más gruesos a los más finos, siendo el tamaño mayor mucho más grande que el más pequeño. Las organizaciones ingenieriles tienen especificaciones que definen una serie de mezclas de granulometría cerrada con diversos tamaños de material pétreo.

El material pétreo debe ser de buena calidad, entendiéndose por esto que deberá tener ciertas propiedades, tales como: limpieza y pureza, estabilidad, resistencia al desgaste, rozamiento interno y afinidad con el asfalto.

El costo del transporte del material pétreo a la obra, es mayor que el propio precio de éste, por lo que es conveniente buscar bancos de material cercanos a la obra. Cuando el volumen de material a usar sea grande, sale más económico instalar en el banco de piedra o en el lugar donde este instalada la planta de asfalto, un equipo de trituración y producir el material en el sitio.

En la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente para el Entronque II Querétaro, se utilizó roca basáltica triturada del banco de Macoyde, por especificación su tamaño máximo fué de $3/4"$.

2.- Proporción del material pétreo de cada tipo, necesario para producir la granulometría deseada.

Un solo tipo de material pétreo, generalmente no cumple con las especificaciones de granulometría, por lo que es necesario mezclarse con otro u otros tipos de materiales, para producir la granulometría deseada.

La proporción en que deben mezclarse los materiales, puede hacerse en forma matemática o por medio de tanteos en laboratorio de diferentes mezclados.

El problema fundamental en la elaboración de la mezcla asfáltica en el Entronque II Querétaro, fué en cuanto a la especificación de granulometría fijada, ya que el material de Macoyde no traía los suficientes finos, el problema se resolvió mezclando el material de Macoyde (Km. 4+050 de la carretera Querétaro-Celaya Libre, con desviación derecha de 1,500 M.) con arena de Galindo (Km. 8+150 de la carretera Noria del Fresno-Acámbaro, con desviación derecha de 100 M.). La proporción fué: 85% material de Macoyde y 15% de material de Galindo.

3.- Preparar muestras con diverso contenido de asfalto

El fin primordial de preparar muestras con diverso contenido de asfalto, es el de determinar el contenido óptimo de asfalto pa

ra obtener una mezcla estable. El contenido de asfalto varía con la clase y calidad del material pétreo y de su granulometría.

Existen varios metodos de laboratorio para la preparación y compactación de las muestras, el más usado por ser el que mejores resultados a dado, es el método Marshal.

Los ensayos han de realizarse sobre la base de incrementos - de contenido de asfalto de 0.5%, debiendose emplear dos contenidos de asfalto por encima y dos por debajo del valor óptimo, hay que empezar por estimar aproximadamente el contenido de asfalto. Para obtener resultados adecuados se triplican las probetas para cada contenido de asfalto. Cada probeta debe llevar aproximadamente 1,200 gr. de material pétreo.

4.- Determinar el peso específico y la estabilidad de las -- muestras

Los porcentajes volumétricos de los diversos componentes de la mezcla asfáltica tienen un marcado efecto en su comportamiento.

El peso específico del asfalto es proporcionado por el fabricante; el peso específico del material pétreo se determina en el laboratorio. El peso específico del asfalto y del material pétreo en conjunto tienen un marcado efecto en el comportamiento de la mezcla, ya que mediante los pesos específicos se determinan los porcentajes volumétricos de los componentes de la mezcla.

La estabilidad de las muestras se determina en el laboratorio, como el número total de kilogramos necesarios para producir la rotura de una muestra, sujeta a una carga que produzca una deformación con una velocidad constante de 2" por minuto.

5.- Calcular el % de huecos, % de material pétreo y % de asfalto

Los huecos o vacios entre las partículas del material pétreo se llenan parcialmente de asfalto, dejando burbujas de aire, la importancia de estos espacios en la mezcla asfáltica es vital. Deben constituir del 2 al 6% del volumen total de la mezcla. En un pavimento excedido de asfalto se producen surcos u ondulaciones, como causa del exceso de asfalto. El caso extremo es el elevado volumen de vacios que conducen al endurecimiento del asfalto por acción de los agentes atmosféricos, acortando la vida del pavimento. Entre más pequeña sea la porción de vacios dentro de los límites anteriores, tendremos un pavimento muy flexible o vivo, lo ideal sería tener un 2% de vacios, sin embargo una mezcla proyectada para obtener el 2% de vacios requeriría en su construcción de un control de precisión, por lo que las mezclas se proyectan con un volumen de vacios entre 2.5 y 3%.

El volumen de vacios se expresa como porcentaje de densidad teórica, esta expresión dá el volumen de solidos; por ejemplo una

mezcla de densidad teórica de 96%, contiene un 4% de vacíos. Por consiguiente las densidades deseables en las mezclas asfálticas varían entre el 94 y 98%.

Para obtener el porcentaje de vacíos es necesario primero de terminar el peso específico máximo que es posible obtener con un contenido de asfalto determinado. Esta cantidad se denomina peso específico teórico máximo; se calcula por medio de la fórmula:

$$G_o = \frac{100}{(100 - W_b) / g_a + W_b / g_b}$$

donde:

$$\begin{aligned} G_o &= \text{peso específico máximo teórico a } 25^{\circ} \text{ C} \\ W_b &= \text{contenido de asfalto, porcentaje en peso} \\ g_b &= \text{peso específico del asfalto a } 25^{\circ} \text{ C} \\ g_a &= \text{peso específico del material pétreo a } 25^{\circ} \text{ C} \end{aligned}$$

El porcentaje teórico de densidad (porcentaje de sólidos en volumen) se calcula por medio de la fórmula:

$$\frac{G}{G_o} \times 100 = R$$

donde:

$$\begin{aligned} G &= \text{peso específico real de la probeta a } 25^{\circ} \text{ C} \\ R &= \text{porcentaje de la densidad máxima a } 25^{\circ} \text{ C} \end{aligned}$$

El porcentaje de vacíos se obtiene:

$$\text{Porcentaje de vacíos} = 100 - R$$

La suma del porcentaje de vacíos en la mezcla y el volumen ocupado por el asfalto, expresado en porcentaje, es el contenido de vacíos del material pétreo (HA). El material pétreo con buena granulometría tiene un valor de HA inferior a 20. Es deseable reducir lo más posible este valor mediante la adecuada distribución de tamaños.

Los vacíos de los áridos o sea el material pétreo (HA) se obtienen por medio de la fórmula:

$$HA = 100 - \frac{G}{g_a} W_a$$

donde:

$$W_a = \text{peso específico real de la muestra a } 25^{\circ} \text{ C}$$

El porcentaje de asfalto lo obtenemos por la fórmula:

$$\text{Porcentaje de asfalto} = \frac{HA - (100 - R)}{HA}$$

6.- Seleccionar el contenido óptimo de asfalto

La cantidad de asfalto necesaria para producir un determinado porcentaje de vacíos en la mezcla, es función principal del área superficial por unidad de peso del material pétreo, que a su vez depende del tamaño de las partículas. El contenido óptimo de asfalto es mayor para mezclas con un pequeño tamaño máximo de material pétreo que para las que tienen tamaños máximos de material pétreo mayores.

El contenido óptimo de asfalto de la mezcla asfáltica se determina a partir de los datos que se obtienen de la preparación de las muestras con diferente contenido de asfalto. Se escoge la muestra con el contenido de asfalto que dé la máxima estabilidad y el máximo peso unitario.

NCTA: En las gráficas de las figuras 29, 30 y 31, mostramos las curvas granulométricas del triturado de Macoyde, de la arena de Galindo y de la combinación de estos dos materiales, respectivamente, utilizados en la elaboración de la mezcla asfáltica para el Entronque II Querétaro. En la gráfica de la figura 32, mostramos las curvas de los datos obtenidos de las diferentes muestras preparadas, para determinar: el peso volumétrico, flujo, % de vacíos, % de material pétreo, % de asfalto y la estabilidad.

E - CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO ASFALTICO

La construcción del pavimento asfáltico, tiene su comienzo desde su elaboración, continuando con el tendido y terminando con la compactación. Vamos hablar específicamente de la construcción del pavimento en el Entronque II Querétaro.

En la elaboración de la mezcla asfáltica se utilizó una planta marca Cedar Rapid, del tipo discontinuo, con capacidad de 2000 Lbs/hr. Las partes componentes de dicha planta son: una tolva de frios con una división en el centro, un elevador de frios, un secador, un elevador de calientes, 3 tolvas de calientes, 2 básculas y un mezclador.

Hemos visto que para obtener la granulometría deseada, ha sido necesario mezclar el 85% del material triturado de Macoyde y el 15% de arena de Galindo, estos materiales son depositados a la tolva de frios, separadamente, por medio de un cargador frontal John Deere, cuya capacidad de bote es de 1 1/4 yarda cúbica. De la tolva de frios y por medio de una banda en delantal, el material pasa al elevador de frios que lo conduce al secador, donde los materiales son secados por calentamiento a una temperatura de 150° C. El material ya seco es transportado por medio del elevador de calientes a unas cribas vibratorias, que lo separan en diferentes tamaños y lo depositan en su correspondiente tolva de --

almacenamiento. En la tolva 1 se deposita el material que pasa -- por la malla de $1/4''$, en la tolva 2 se deposita el material que -- pasa por la malla de $1/2''$ y es retenido en la de $1/4''$ y en la tolva 3 se deposita el material que pasa por la malla de $3/4''$ y es -- retenido en la de $1/2''$. Después que se llenan las tolvas de ca-- lientes de material pétreo, se hacen pesar en la báscula corres-- pondiente: 400 Lbs. del material de la tolva No. 3, 600 Lbs. del material de la tolva No. 2 y 800 Lbs. del material de la tolva No. 1. Al mismo tiempo que se pesa el material pétreo, es pesado en -- la otra báscula, 100 Lbs. aproximadamente de asfalto, a una tempe-- ratura de 135° C. Tanto el material pétreo como el asfalto son de-- positados en el mezclador, donde se combinan por espacio de 1.5 -- minutos aproximadamente. La mezcla sale de la planta a una tempe-- ratura comprendida entre 120° C y 150° C; por lo general a 135° C.

La mezcla ya hecha es depositada en camiones de volteo, los que la transportan al lugar de tendido. El camión se acerca en -- marcha atrás a una máquina extendedora o terminadora, que en este caso es una Blow Knox Pf-65, y deposita el material en una tolva de la máquina, desde donde se transporta a la parte posterior de la máquina y es colocado sobre el camino en capas de espesor uni-- forme.

Después de extender el material sobre el camino, a una tempe-- ratura aproximada de 120° C, en su ancho y espesor deseado, se -- procede inmediatamente a su compactación. Entra primero el equipo de compactación de rodillos (Plancha Austin 10-12T y Plancha Tandem Compacto, en este caso) que sirve para armar la mezcla y evi-- tar desplazamientos y corrimientos, dándole una compactación acep-- table, después de este paso, entra el equipo de compactación a ba-- se de neumáticos (Duo Pactor Minneapolis-Moline 9-27T) sin las -- trar y generalmente es el que nos dá la compactación especificada. Posteriormente vuelve a entrar el equipo de compactación de rodi-- llos, que borra las rodadas del equipo neumático y dá el acabado final, dejando una superficie uniforme y lisa.

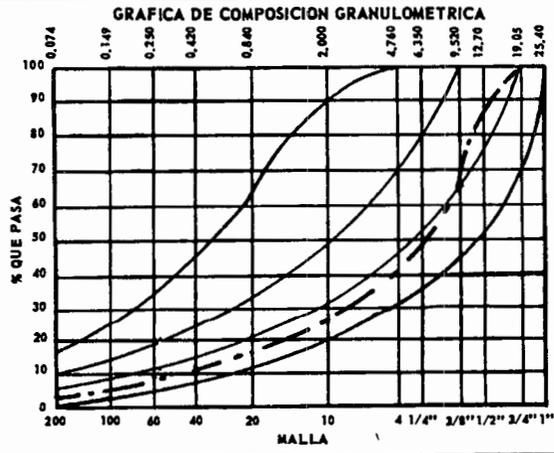
OBRA: _____

UBICACION: _____

MATERIAL <u>TRITURADO P/MEZCLA ASFALTICA</u>	EXPEDIENTE _____
ENSAYE N° _____	MUESTRA N° _____
ENVIADA POR _____	FECHA RECIBO _____
PROCEDENCIA <u>Muestra tomada del producto de trituración del banco "Lacoy de", Km. 4+050, desv. der. 1+500 de la carr. Querétaro-Celava Libre</u>	FECHA INFORME _____

PRUEBAS SOBRE MATERIAL PETREO

CLASIFICACION PETROGRAFICA <u>Basalto triturado</u>
PESO VOL. SUELTO _____
% QUE PASA MALLA _____
1" _____
3/4" <u>100</u>
1/2" <u>81</u>
3/8" <u>67</u>
1/4" <u>50</u>
N° 4 <u>42</u>
" 10 <u>27</u>
" 20 <u>17</u>
" 40 <u>12</u>
" 60 <u>10</u>
" 100 <u>6</u>
" 200 <u>4</u>
DENSIDAD _____
ABSORCION _____
% DESGASTE _____
% MAT. SUAVE _____



CARACTERISTICAS DEL ASFALTO

PRUEBAS EN LA MEZCLA ASFALTICA

Tipo _____ Viscosidad _____ Cont. de asfalto _____ Penetración _____	Cont. opt. de asfalto (%) _____ (*) Peso vol. máx. en mezcla compacta (Kg/cm3) _____ Adherencia _____	Grado de compactación en carpeta % _____ Cont. asfalto en mezcla _____ (*) Permeabilidad de la carpeta _____
---	---	--

(*) NOTA: EL CONTENIDO DE ASFALTO SE REFIERE AL RESIDUO ASFALTICO DEL PRODUCTO UTILIZADO, EXPRESADO COMO % EN PESO DEL MATERIAL PETREO.

RECOMENDACIONES

Composición granulométrica, tal y como la produce la trituradora.

EL LABORATORISTA	EL JEFE DE _____	EL JEFE DE LA OFICINA
_____	_____	_____

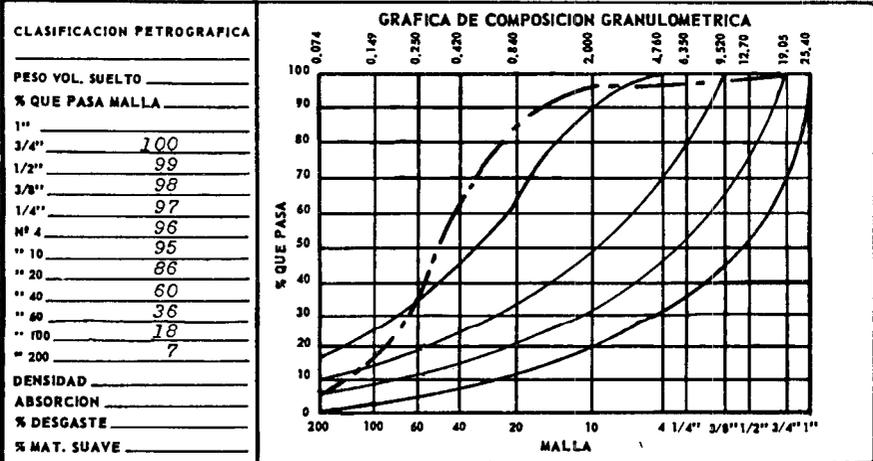
FIGURA 30

OBRA _____

UBICACION: _____

MATERIAL <u>ARENA DE MINA</u>	EXPEDIENTE _____
ENSAYE N° _____	MUESTRA N° _____
ENVIADA POR _____	FECHA RECIBO _____
FECHA INFORME _____	
PROCEDENCIA <u>Muestra tomada del banco "San Miguel Galindo", Km. 8+150, -</u> <u>desviación der. 100 M., del camino Noria del Fresno-Acámbaro</u>	

PRUEBAS SOBRE MATERIAL PETREO



CARACTERISTICAS DEL ASFALTO	PRUEBAS EN LA MEZCLA ASFALTICA	
Tipo _____	Cont. opt. de asfalto (%) _____ (*)	Grado de compactación en campo % _____
Viscosidad _____	Peso vol. máx. en mezcla compacta (Kg/cm3) _____	Cont. asfalto en mezcla _____ (*)
Cont. de asfalto _____	Adherencia _____	Permeabilidad de la carpeta _____
Penetración _____		

(*) NOTA : EL CONTENIDO DE ASFALTO SE REFIERE AL RESIDUO ASFALTICO DEL PRODUCTO UTILIZADO, EXPRESADO COMO % EN PESO DEL MATERIAL PETREO.

RECOMENDACIONES

Arena de mina, utilizara para mezclarse con el triturado del banco "Kacoyde", para mezcla asfáltica.

<p>EL LABORATORISTA</p> <p>_____</p>	<p>EL JEFE DE : _____</p> <p>_____</p>	<p>EL JEFE DE LA OFICINA</p> <p>_____</p>
--------------------------------------	--	---

OBRA: _____

UBICACION: _____

MATERIAL <u>MEZCLA DE ARENA Y BALSA</u>	EXPEDIENTE _____
ENSAYE N° _____	MUESTRA N° _____
ENVIADA POR _____	FECHA RECIBO _____
PROCEDENCIA <u>MEZCLA USADA EN EL LABORATORIO CCH: 85% TRITURADO DE "MACOY DE" Y 15% DE ARENA DE "SAN FIGUUEL GALINDO"</u>	FECHA INFORME _____

PRUEBAS SOBRE MATERIAL PETREO

CLASIFICACION PETROGRAFICA

PESO VOL. SUELTO _____

% QUE PASA MALLA

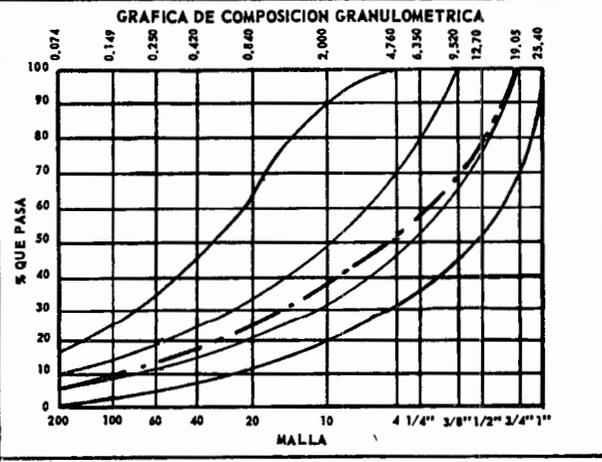
1"	_____
3/4"	100
1/2"	83
3/8"	71
1/4"	56
N° 4	49
" 10	36
" 20	26
" 40	18
" 60	13
" 100	9
" 200	5

DENSIDAD _____

ABSORCION _____

% DESGASTE _____

% MAT. SUAVE _____



CARACTERISTICAS DEL ASFALTO

Tipo _____	Cont. opt. de asfalto (%) _____ (*)	Grado de compactación en campo % _____
Viscosidad _____	Peso vol. máx. en mezcla compacta (Kg/cm3) _____	Cont. asfalto en mezcla _____ (*)
Cont. de asfalto _____	Adherencia _____	Permeabilidad de la carpeta _____
Penetración _____		

PRUEBAS EN LA MEZCLA ASFALTICA

(*) NOTA: EL CONTENIDO DE ASFALTO SE REFIERE AL RESIDUO ASFALTICO DEL PRODUCTO UTILIZADO, EXPRESADO COMO % EN PESO DEL MATERIAL PETREO.

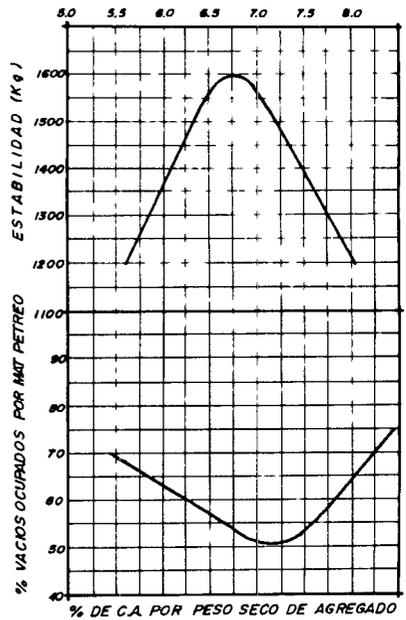
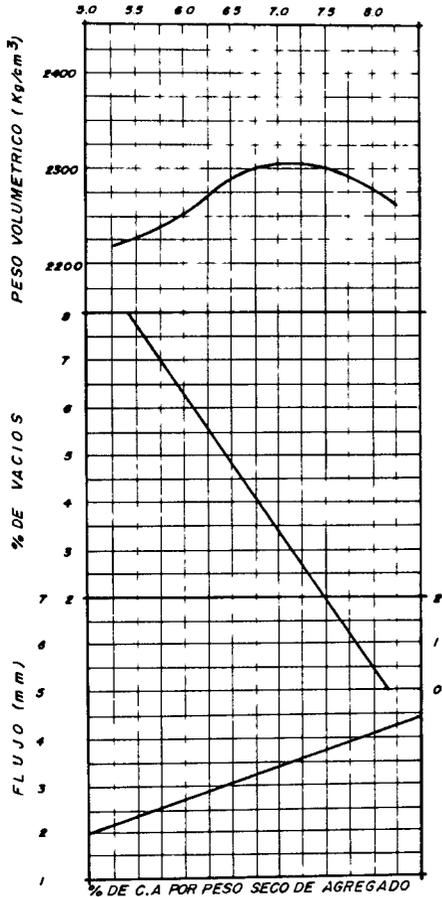
RECOMENDACIONES

Composición granulométrica, de la mezcla de materiales en proporción de: 85%, en peso, del material triturado del banco "Macoyde" y 15%, en peso, de arena de mina de "San Figuel Galindo".

EL LABORATORISTA _____ _____	EL JEFE DE : _____ _____ _____	EL JEFE DE LA OFICINA _____ _____
------------------------------------	--------------------------------------	---

FIG. 32.- PROYECTO DE LA MEZCLA ASFALTICA. DATOS OBTENIDO POR LA:

PRUEBA MARSHAL



	ESPECIF	
Nº DE GOLPES	75	75
CONTENIDO OPTIMO DE ASF. C.A. % EN PESO	7.0	
PESO VOLUMETRICO (Kg/cm ³)	2100	
% DE VACIOS	3.3	3 - 5
FLUJO (mm.)	3.4	2 - 4
ESTABILIDAD (Kg.)	1160	450 min
% VACIOS OCUPADOS POR MAT. PETREO	16	14 min.
% VACIOS OCUPADOS POR ASFALTO	80.7	75 - 85

C A P I T U L O V

ANALISIS DE COSTOS Y PROGRAMA DE OBRA

I.- EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA,
CUALQUIERA QUE SEA SU CLASIFICACION Y PROFUNDIDAD

Clasificación: 0 - 100 - 0

Precios destajo: 0 - 2 M. Prof. 2 - 4 M. Prof.

Mat. A	\$10.00	Mat. A	\$12.00
Mat. B	\$20.00	Mat. B	\$23.00
Mat. C	\$60.00	Mat. C	\$65.00

Excavación 0 - 2 M. = 80%

Excavación 2 - 4 M. = 20%

Cargo:

0 - 2 M.	0.8 x 1 x 20.00 = \$ 16.00	<u>\$ 16.00/M³</u>
2 - 4 M.	0.2 x 1 x 23.00 = \$ 4.60	<u>\$ 4.60/M³</u>
	COSTO DIRECTO = \$ 20.60/M ³	
	INDIRECTOS 20% = \$ 4.12/M ³	
		<u>\$ 24.72/M³</u>
	UTILIDAD 10% = \$ 2.47/M ³	
		<u>\$ 27.19/M³</u>
	O. B. S. 0.5% = \$ 0.14/M ³	
		<u>\$ 27.33/M³</u>
	P R E C I O U N I T A R I O = \$ 27.33/M ³	

II.- MAMPOSTERIA DE 3a. CLASE POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA, A CUALQUIER ALTURA CON MORTERO DE CEMENTO-ARENA

1.- MAMPOSTERIA

Material es:

a) Piedra, precio de adquisición	\$ 30.00/M ³	\$ 69.00/M ³
b) Arena, 0.3 M ³ /M ³		\$ 15.00/M ³
Extracción, cribado y carga	\$ 13.00/M ³	
Acarreo 45 Km. T = 1.80-0.80	\$ 37.00/M ³	
c) Cemento, 0.100 Ton/M ³	\$280.00/Ton	\$ 28.00/M ³
d) Agua, 0.20/M ³	\$ 4.20/M ³	\$ 0.84/M ³
		<hr/>
		\$ 73.84/M ³

2.- PLANTILLA, CONSIDERANDO UN ESPESOR DE PIEDRA DE 0.05 M., CON MORTERO

Mortero 1 : 5

Con esta relación el consumo por M³ de arena es de 1.116 y el consumo por M³ de mortero es de 0.294 Kg

a) 1.116 M ³ x \$ 50.00/M ³	\$ 55.80/M ³
b) 0.294 Ton. x \$280.00/Ton	\$ 82.32/M ³
c) Agua 0.15/M ³ x \$ 4.30/M ³	\$ 0.65/M ³
d) Mezcla destajo	\$ 20.00/M ³
e) Desperdicio 5% arena y cemento 0.05(55.80 + 82.32)	\$ 6.91/M ³
	<hr/>
	\$165.68/M ³

Relación de plantilla

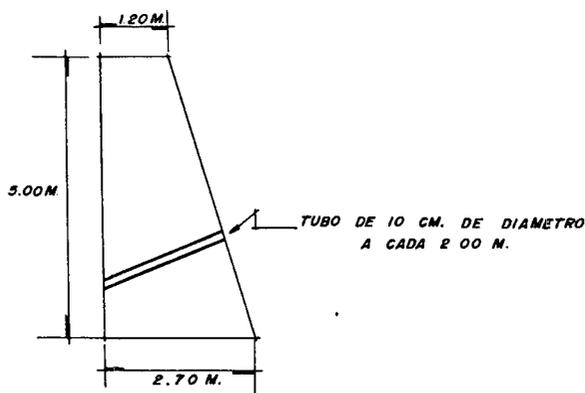
$$\text{Plantilla } 2.70 \times 1.00 \times 0.05 = 0.13 \text{ M}^3/\text{M}$$

$$\text{Mampostería } 1.20 + 2.70 \times 1 \times 5 = 9.75 \text{ M}^3/\text{M}$$

$$\frac{0.13}{9.75} = 0.013 ; 165.68 \times 0.013 = \$ 2.15/\text{M}^3$$

$$\underline{\$ 2.15/\text{M}^3}$$

Sección del estribo



3.- TUBO DE CONCRETO DE 10 CM. DE DIAMETRO, PARA DRENES

Costo \$ 7.51/M.

Consideramos 2.70 M. de tubo para 19.50 M³

$$\text{Mampostería } \frac{2.70 \times 7.51}{19.50} = \$ 1.04$$

$$\underline{\$ 1.04/M^3}$$

4.- DREN DE PIEDRA EN EL RESPALDO

Si consideramos para un dren en respaldo
 $4.65 \times 0.50 \times 1.00 = 2.33/M^3$ de piedra
 quebrada para un volumen de 9.75 M³/M.

$$\frac{2.33 \times 30.00}{9.75} = \$7.17/M^3$$

Colocación 5M³ por peón

$$\frac{24.50 \times 2.33}{5.00 \times 9.75} = \$1.17/M^3$$

$$\underline{\$8.34/M^3}$$

$$\underline{\$ 8.34/M^3}$$

5.- GUSANEO

Materiales: 60 Lts/M² a \$ 0.10 = \$ 6.00/M²Mano de obra = \$ 2.00/M²

Considerando que para un volumen de
 9.75 M³ hay que gusanear 2.35 M²

$$\frac{2.35 \times 8.00}{9.75} = \$ 1.93/\text{M}^3$$

$$\underline{\$ 1.93/\text{M}^3}$$

6.- ANDAMIOS

$$\underline{\$ 0.50/\text{M}^3}$$

7.- MANO DE OBRA

Cuadrilla: 1 Albañil	\$ 50.00	\$ 50.00
2 Peones	\$ 24.50	\$ 49.00
		<u>\$ 99.00</u>

Por 7o. día $\frac{99.00 \times 365}{300} = \120.45

S.S. 16% $120.00 \times 0.16 = \underline{\$ 19.27}$
 \$139.72

Rendimiento: 4 M³

$$\frac{139.72}{4} = \$ 34.93/\text{M}^3$$

$$\underline{\$ 34.93/\text{M}^3}$$

R E S U M E N

1.- MAPOSTERIA	\$ 73.84/M ³
2.- PLANTILLA, CONSIDERANDO UN ESPESOR DE PIEDRA DE 0.05 M., CON MORTERO	\$ 2.15/M ³
3.- TUBO DE CONCRETO DE 10 CM. DE DIAMETRO, PARA -- DRENESES	\$ 1.04/M ³
4.- DREN DE PIEDRA EN EL RESPALDO	\$ 8.34/M ³
5.- GUSANEO	\$ 1.93/M ³
6.- ANDAMIOS	\$ 0.50/M ³
7.- MANO DE OBRA	\$ 34.93/M ³
	<hr/>
COSTO DIRECTO	= \$122.73/M ³
INDIRECTOS 20%	= \$ 24.55/M ³
	<hr/>
	\$147.28/M ³
UTILIDAD 10%	= \$ 14.73/M ³
	<hr/>
	\$162.01/M ³
O. B. S. 0.5%	= \$ 0.81/M ³
	<hr/>
P R E C I O U N I T A R I O	= \$162.82/M ³

III.- TERRAPLEN POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA, COMPACTADO AL - 90%, DEL BANCO DE PRESTAMO UBICADO A 1,000 M. A LA IZQUIERDA DE LA ESTACION 221+000, DE LA AUTOPISTA MEXICO-QUERETARO.

1.- POR DERECHO DE EXPLOTACION DE BANCO \$ 1.20/M³

2.- DESMONTE Y DESPALME

Equipo:

Tractor D-7 s/ripper C.H. \$187.62
Rendimiento 75 M³/hr.

Cargo:
 $\frac{187.62}{75} = \$ 2.50/M^3$

La relación entre el despalmg y el volumen del terraplen es - de 0.15 M³ de despalmg por M³ de terraplen
 $2.50 \times 0.15 = \$ 0.38/M^3$ \$ 0.38/M³

3.- EXTRACCION, ALMACENAMIENTO, CARGA, ACARREO LIBRE Y DESCARGA

Equipo:

Tractor D-8 c/ripper C.H. \$268.00
Rendimiento 80 M³/hr.

Traxcavo 955K C.H. \$118.00
Rendimiento 70 M³/hr.

A) Extracción y almacenamiento

Cargo:
 $\frac{268.00}{80} = \$ 3.35/M^3$

B) Carga con traxcavo a camiones

Cargo:
 $\frac{118.00}{70} = \$ 1.69$

C) Acarreo libre y descarga

Tarifa \$ 1.00/M³
Abundamiento 30%

Cargo: $1.00 \times 1.30 = \$ 1.30$

\$ 6.34/M³

4.- PROPORCIONAMIENTO DE HUMEDAD

Equipo:

Pipa de 6 M³
 C.H. parada \$ 30.00
 C.H. operando \$ 62.00
 Rendimiento volumétrico 90 %

A) Tiempo de carga

Llenado 12'
 Espera y acomodo 3'
 $\frac{15'}{15'} = 0.25$ de Hr.

Cargo: $\frac{0.25 \times 30.00}{6 \times 0.90} = \$ 1.39/M^3$

B) Tiempo de espera

Espera para regar 3' = 0.05 de Hr.

Cargo: $\frac{0.05 \times 30.00}{6 \times 0.90} = \$ 0.28/M^3$

C) Tiempo de descarga de la pipa

Descarga 5' = 0.083 de Hr.

Cargo: $\frac{0.083 \times 62.00}{6 \times 0.90} = \$ 0.95/M^3$

D) Acarreo

Acarreo medio 1 Km.
 Distancia del circuito 3 Km.
 Velocidad media 30 KPH
 Tiempo 7' = 0.12 de Hr.

Cargo: $\frac{0.12 \times 62.00}{6 \times 0.90} = \$ 1.38/M^3$

E) Adquisición

Mensualmente \$600.00

Cargo: $\frac{600.00}{3000} = \$ 0.20/M^3$

La suma de cargos es igual a $\$ 4.20/M^3$

Considerando que se requieren $0.13/M^3$ de agua por M^3 de terraplen: $4.20 \times 0.13 = \$ 0.55/M^3$ $\$ 0.55/M^3$

5.- TENDIDO Y AFINAMIENTO

Es necesario hacer un camellón e incorporar agua para tender la capa de terraplen

Equipo:

Motoconformadora 12-E C.H. \$125.00
Rendimiento 60 $M^3/hr.$

Cargo: $\frac{125.00}{60} = \$ 2.08$ $\$ 2.08/M^3$

6.- COMPACTACION AL 90%

Equipo:
Duo-Factor 10-30 C.H. \$ 92.00
Rendimiento 80%

Cargo: $\frac{92.00}{80} = \$ 1.15$ $\$ 1.15/M^3$

7.- RECORTE DE CUÑAS

$\$ 0.05/M^3$

R E S U M E N

1.- POR DERECHO DE EXPLOTACION DE BANCO	\$ 1.20/M ³
2.- DESMORTE Y DESFALLE	\$ 0.38/M ³
3.- EXTRACCION, ALMACENAMIENTO, CARGA, ACARREO LIBRE Y DESCARGA	\$ 6.34/M ³
4.- PROPORCIONAMIENTO DE HUMEDAD	\$ 0.55/M ³
5.- TENDIDO Y AFINAMIENTO	\$ 2.08/M ³
6.- COMPACTACION AL 90%	\$ 1.15/M ³
7.- RECORTE DE CUÑAS	\$ 0.05/M ³
	<hr/>
COSTO DIRECTO	= \$ 11.75/M ³
INDIRECTOS 20%	= \$ 2.35/M ³
	<hr/>
	\$ 14.10/M ³
UTILIDAD 10%	= \$ 1.41/M ³
	<hr/>
	\$ 15.51/M ³
O. B. S. 0.5%	= \$ 0.08/M ³
	<hr/>
P R E C I O U N I T A R I O	= \$ 15.59/M ³

IV.- EXPLOTACION DE BANCO, ELABORACION DE TRITURADOS Y MEZCLA ASFALTICA, PARA CARPETA CON AGREGADO MAXIMO DE 3/4", INCLUYENDO SU TENDIDO Y COMPACTACION AL 95%

1.- EXPLOTACION DE BANCO

Equipo:

Tractor HD-16 c/gipper C.H. \$206.00
Rendimiento 75 M³/hr.

Compresor PT-800 C.H. \$182.00

7 Perforadoras BBC-24 C.H. \$ 30.00
Rendimiento 5 M-1/hr.

A) Desmote y despalme

Cargo:
 $\frac{206.00}{75} = \$ 2.75$

La relación entre el despalme y el volumen de piedra es de 0.05 M³ de despalme por M³ de --
piedra: $2.75 \times 0.05 = \$ 0.13$

\$ 0.13/M³

B) Barrenación

Cargo:
 $\frac{182.00 + (7 \times 30.00)}{7 \times 5} = \$ 11.20$

Acero de barrenación:

Longitud promedio	1.50 M.
Costo	\$250.00
Vida útil	150 M-1
Reparaciones	30%

Cargo:
 $\frac{250.00 \times 1.30}{150.00} = \$ 2.17$

Se considera una plantilla en tresbolillo, dando una separación entre barrenos de 2.00 x 2.00 M. y el 80% de eficiencia por tratarse de material lajeado.

$11.20 + 2.17 = \$ 13.37$

Cargo:

$$\frac{13.37}{2.00 \times 2.00 \times 1.00 \times 0.80} = \$ 4.18/M^3 \quad \underline{\$ 4.18/M^3}$$

C) Explosivos

0.3 Kg/M³ a \$ 8.00/M³

Cargo: $0.3 \times 8.00 = \$ 8.00/M^3$ \$ 2.40/M³

D) Estopines

Estopín \$ 7.00

Alambre \$ 0.20

\$ 7.20

Profundidad 4.00 M.

$$2.00 \times 2.00 \times 1.00 \times 0.80 = 3.20$$

Cargo: $\frac{7.20}{3.20 \times 4} = \$ 0.56/M^3$ \$ 0.56/M³

E) Mano de obra

Cuadrilla: 1 cabo \$ 80.00 \$ 80.00

7 perforistas \$ 70.00 \$ 490.00

7 ayudantes \$ 24.50 \$ 171.50

\$ 741.50

Por 70. día $\frac{741.50 \times 365}{300} = \$ 902.16$

S.S. 16% $902.16 \times 0.16 = \$ 144.35$

\$ 1046.51

Rendimiento: 7 perforadoras x 5 M. = 35 M/hr.
8 Hs. x 0.8 Efec. = 6.4 hr.

En una sección (2.00 x 2.00 x 1.00) 0.8 = 3.20

$$35 \times 6.40 \times 3.20 = 716.80 \text{ M}^3/\text{jornada}$$

Cargo: $\frac{1046.51}{716.80} = \$ 1.46/M^3$ \$ 1.46/M³

F) Limpieza de material y selección

Cuadrilla: 1 cabo \$ 50.00 \$ 50.00

4 peones \$ 24.50 \$ 98.00

\$ 148.00

$$\text{Por 7\% dfa } \frac{148.00 \times 365}{300} = \$180.06$$

$$\text{S.S. 16\% } 180.06 \times 0.16 = \underline{\$ 28.81}$$

$$\underline{\$208.87}$$

Rendimiento: 72 M³/jornada

$$\text{Carga: } \frac{208.87}{72} = \$ 2.90/\text{M}^3 \quad \underline{\$ 2.90/\text{M}^3}$$

G) Carga material

Equipo:

Traxcavo 955K C.H. \$118.00
Rendimiento 40M³/hr.

$$\text{Carga: } \frac{118.00}{40.00} = \$2.95/\text{M}^3 \quad \underline{\$ 2.95/\text{M}^3}$$

H) Por derecho de explotación de banco

Abundamiento del material de banco a suelto 45%
Tarifa \$ 5.00/M³ medido en camión

$$\text{Carga: } 5.00 \times 1.45 = \$ 7.25/\text{M}^3 \quad \underline{\$ 7.25/\text{M}^3}$$

I) Acarreo libre planta

Tarifa 180-0.80M³/km.

$$\text{Carga: } \begin{array}{l} 1.80 \times 1.45 = \$ 2.61 \\ 0.80 \times 6 \times 1.45 = \$ 6.96 \\ \hline \end{array} \quad \underline{\$ 9.57/\text{M}^3} \quad \underline{\$ 9.57/\text{M}^3}$$

2.- TRITURACION

A) Trituración a 3/4" máximo

Equipo:

Quijada Pioneer 10" x 36"

2 Bandas transportadoras de 18" x 40'

Criba 4' x 12' marca Pioneer

Cono de 2' marca Simons

C.H. \$430.00

Rendimiento 28 M³/hr.

Cargo:
 $\frac{430.00}{28} = \$ 15.36/M^3$

\$ 15.36/M³

3.- MEZCLA ASFALTICA

A) Equipo:

Paylorider John Deere JD-500 1 1/4 y³ \$105.00

Planta de energía GM 250 HP \$ 75.00

Planta de asfalto Cedar Rapid \$400.00

\$580.00

Rendimiento: 20 M³/hr.

Cargo:
 $\frac{580.00}{20} = \$ 29.00/M^3$

\$ 29.00/M³

B) Cemento asfáltico No. 6 P/mezcla en planta

Material en obra \$260.00

Almacenamiento $\frac{20000}{1000}$ \$ 20.00

Calentamiento \$ 20.00

Petróleo 20 Lts. x 0.50 \$ 10.00

Tuberías en planta \$ 30.00

Desperdicio \$ 6.00

\$346.00/M³/Kg.

$\frac{346.00}{1000} = \$ 0.35/Kg$

Por cada M³ de mezcla, se lleva 154.00 Kg. de asfalto del No. 6

Cargo:
 $154.00 \times 0.35 = \$ 53.90/M^3$

\$ 53.90/M³

4.- TENDIDO Y COMPACTACION

Equipo:

Pavimentadora Blaw-Knox PF-65
C.H. \$154.00

Plancha Austin 10-12T
C.H. \$ 69.00

Plancha Compacto Tandem
C.H. \$ 50.00

Duo-Pactor Mineapolis-Moline 9-27T
C.H. \$ 87.00

A) Tiempo carga de camión

Tarifa 1.80-0.80

Relación de abundamiento de mezcla compacta
a suelta:

P vol. compacto 2,100 Kg/M³
P vol. suelto 1,700 Kg/M³

$$\frac{2,100}{1,700} = 1.24$$

Cargo: 1.80 x 1.24 = \$ 2.23/M³ \$ 2.23/M³

B) Tiempo empleado por los vehículos P/su descarga

Tarifa \$ 1.00

Cargo: 1.00 x 1.24 = \$ 1.24/M³ \$ 1.24/M³

C) Tendido

A la pavimentadora se le considera 80% de su eficiencia. El rendimiento lo consideramos - en relación a la producción de mezcla, que es de 20 M³/hr.

Cargo: $\frac{154.00}{20 \times 0.8} = \$ 9.63/M^3$ \$ 9.63/M³

D) Compactación

El rendimiento esta en función de la producción de mezcla y la eficiencia de operación

Producción 20M³/hr. x eficiencia 0.8 = 16M³/hr.

Duo-Factor \$ 87.00
 Plancha Tandem \$ 50.00
 Plancha 10-12T \$ 69.00

 \$206.00

Cargo:
 $\frac{206.00}{16} = \$ 12.88/M^3$

\$ 12.88/M³

E) Acabado

Cuadrilla: 1 cabo	\$ 70.00	\$ 70.00
2 rastrilleros	\$ 65.00	\$130.00
6 peones	\$ 24.50	\$147.00
		<hr/>
		\$347.00

Por 70. dfa $\frac{347.00 \times 365}{300} = \422.18

S.S. 16% $422.18 \times 0.16 = \$ 67.55$
\$489.73

Rendimiento: 16 M³/hr. $\frac{\$489.72}{8} = \$ 61.22/Hr.$

Cargo:
 $\frac{61.22}{16} = \$ 3.83/M^3$

\$ 3.83/M³

RESUMEN

1.- EXPLOTACION DE BANCO

A)	\$ 0.13/M ³
B)	\$ 4.18 "
C)	\$ 2.40 "
D)	\$ 0.56 "
E)	\$ 1.46 "
F)	\$ 2.90 "
G)	\$ 2.95 "
H)	\$ 7.25 "
I)	\$ 9.57 "

\$ 31.40/M³

\$ 31.40/M³

2.- TRITUACION

A)	\$ 15.36/M ³
----	-------------------------

\$ 15.36/M³

3.- MEZCLA ASFALTICA

A)	\$ 29.00/M ³
B)	\$ 53.90 "

\$ 82.90/M³

\$ 82.90/M³

4.- TENDIDO Y COMPACTACION

A)	\$ 2.23/M ³
B)	\$ 1.24 "
C)	\$ 9.63 "
D)	\$ 12.88 "
E)	\$ 3.83 "

\$ 29.81/M³

\$ 29.81/M³

COSTO DIRECTO = \$159.47/M³

INDIRECTOS 20% = \$ 31.89/M³

\$191.36/M³

UTILIDAD 10% = \$ 19.14/M³

\$210.50/M³

PRESUPUESTO

No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
CORTES					
1	Para desplante de terrap.	15,410	M ³	3.67	56,554.70
2	Cuando el material se use p/ formar terraplenes	10,100	M ³	4.55	45,955.00
PRESTAMOS					
3	Excavación de préstamos	23,870	M ³	10.50	250,635.00
TERRAPLENES					
4	Formación y compactación al 90% incluyendo excavación de préstamo	94,930	M ³	15.59	1,479,958.70
5	Al 95%	24,700	M ³	15.96	394,212.00
6	Al 100%	14,820	M ³	17.60	260,832.00
7	De cuñas de terrap. continuas a los estribos al 95%	580	M ³	23.12	13,409.60
8	De ampliación de coronas p/ el 90%	12,540	M ³	5.46	68,468.40
9	Al 95%	2,630	M ³	5.92	15,569.60
10	Al 100%	1,620	M ³	7.69	12,457.80
ACARREOS PARA TERRACERIAS					
11	En distancia hasta 5 est.	1,980	M ³ /Est	2.48	4,910.40
12	En distancia hasta 5 hect.	488,000	M ³ /Est	1.75	854,000.00
EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS					
13	En obras de drenaje, canales, pilas	4,130	M ³	27.33	112,872.90
MAPOSTERIAS DE 3a. CLASE					
14	En alcantarillas, lavaderos, estribos	2,450	M ³	162.82	398,909.00
CONCRETO HIDRAULICO					
15	De Fc'=150 Kg/cm ² en alcantarillas	150	M ³	514.75	77,212.50
16	De Fc'=200 Kg/cm ² en guarniciones	630	M ³	408.10	257,103.00
17	De Fc'=200 Kg/cm ² en coronas y diafragmas	32	M ³	547.42	17,517.44

No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
18	De $Fc'=200 \text{ Kg/cm}^2$ en zapatas y pilas	63	M^3	410.73	25,875.99
19	De $Fc'=200 \text{ Kg/cm}^2$ en cuerdos de pilas	119	M^3	691.67	82,308.73
20	De $Fc'=250 \text{ Kg/cm}^2$ en losa plana aligerada	560	M^3	501.59	280,890.40
<i>ACERO PARA CONCRETO</i>					
21	De límite elástico de --- $2,300 \text{ Kg/cm}^2$	2,550	Kg.	3.84	9,792.00
22	De límite elástico de --- $4,000 \text{ Kg/cm}^2$	100,300	Kg.	4.62	463,386.00
<i>ACERO ESTRUCTURAL EN APOYOS</i>					
23	Acero estructural	599	Kg.	4.21	2,521.79
<i>NEOPRENO EN APOYOS</i>					
24	Neopreno	75	Dm^3	74.15	5,561.25
<i>JUNTAS DE DILATACION</i>					
25	No metálica, asfáltica de 4 cm. de espesor	33	M^2	58.34	1,925.22
<i>TUBOS DE CARTON COMPRIMIDO</i>					
26	Para losa de 47 cm. diam.	1,056	M.	46.25	48,840.00
<i>DRENES EN ESTRUCTURAS</i>					
27	Tubo de asbesto-cemento - de 10 cm. de diámetro	46	Pza	44.58	2,050.68
<i>DEHOLICIONES</i>					
28	De concreto en guarniciones	330	M^3	37.35	12,325.50
29	En obras de drenaje, cimientos y muros de tabique	150	M^3	63.18	9,477.00
<i>PARAFETOS</i>					
30	De concreto en estructura	125	M.	218.10	27,262.50
<i>ALCANTARILLAS TUBULARES DE CONCRETO</i>					
31	Tubería macho y hembra de 75 cm. de diámetro	180	M.	226.25	40,725.00
<i>TRABAJOS PREVIOS A LA SUB-BASE</i>					

No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
32	Escarificación y remoción de carpeta	10,300	M ²	0.90	9,270.00
33	Excavación y remoción de material de camellones	1,460	M ³	7.35	10,731.00
34	Compactación de la superficie descubierta al 95%	4,900	M ²	1.02	4,998.00
SUB-BASE EN CAMELONES Y TERRAPLENES COMP. AL 100%					
35	Triturado	6,900	M ³	75.62	521,778.00
36	Cementante	1,230	M ³	23.39	28,769.70
ACARREO DE SUB-BASE					
37	Triturado	51,900	M ³ /Km.	1.62	84,078.00
38	Cementante	5,300	M ³ /Km.	1.30	6,890.00
RIEGO DE IMPREGNACION Y DE LIGA					
39	Barrido previo a la impregnación	11	Ha	781.11	8,592.21
40	Asfalto FM-1 en riego de impregnación	77,400	Lts.	0.54	41,796.00
41	Asfalto FR-3 en riego de liga	52,100	Lts.	0.51	26,571.00
MEZCLA DE CONCRETO ASFALTICO					
42	Pavimento de concreto asfáltico por el sistema de mezcla en planta estacionaria, incluyendo su tendido y compactación al 95%	8,500	M ³	211.55	1,798,175.00
43	Acarreo de concreto asfáltico	25,500	M ³ /Km.	1.42	36,210.00
RIEGO DE SELLO					
44	Asfalto FR-3 p/ riego de sello	111,900	Lts.	0.54	60,426.00
45	Por unidad de obra terminada utilizando material 3-E	850	M ³	120.23	102,195.50
PROTECCIONES Y BARRERAS					
46	Protecciones y barreras	1	Lote		470,000.00
PINTURA					
47	Pintura en el pavimento				53,000.00
SEÑALAMIENTO					
48	Señales	1	Lote		199,000.00

<i>No.</i>	<i>DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>PRECIO UNITARIO</i>	<i>TOTAL</i>
	<i>JARDINERIA</i>				
<i>49</i>	<i>Jardinería</i>				<i>55,000.00</i>
	<i>RED DE AGUA</i>				
<i>50</i>	<i>Red de agua p/ jardinería</i>				<i>34,500.00</i>
					<hr/>
					<i>T O T A L = \$ 8,885,500.51</i>

PROGRAMA

El programa o calendario de obras, tiene por objeto determinar el tiempo que vá a tardar en realizarse todos y cada uno de los trabajos por ejecutar para determinar la obra en el plazo establecido.

La forma más racional de determinar estos tiempos es utilizando el método de la Ruta Crítica, ya que con este sistema se determinan en una forma bastante objetiva, los trabajos que se pueden ir realizando simultaneamente en los cuales hay holgura de tiempo y en los que no tenemos holgura, motivo por el cual no deben descuidarse para realizarlos y de ésta manera no tener atraso en el programa general de la obra.

El programa de obra debe ser lo más cercano a la realidad, son varios los elementos que hay que tomar en cuenta para su correcta formulación, mencionaremos los siguientes:

- a) Conocimiento del lugar de la obra
- b) Especificaciones de la obra
- c) Técnica de construcción de los diferentes conceptos que componen la obra
- d) Rendimiento de la maquinaria
- e) Volúmenes de obra por ejecutar
- f) Secuela constructiva de los diferentes conceptos
- g) Estimación aproximada de imprevistos
- h) Tiempo fijado para la construcción

C A P I T U L O VI

CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFIA

Con este sistema de vías de comunicación, se viene a solucionar un conflicto vial de carreteras, debido al peligro que existía por el cruce a nivel y zonas de semáforos en vías de alta velocidad.

Esta solución a diferentes niveles es la más adecuada, ya -- que evita los frecuentes accidentes y las demoras al tránsito con la anulación de las zonas de semáforos y hace que los vehículos -- conserven una velocidad uniforme y continua.

PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS MODERNAS

John Hugh

INGENIERIA DE CARRETERAS

Hewes y Oglesby

INGENIERIA DE TRANSITO

Rafael Cal y Mayor

TOPOGRAFIA

Niguel Montes de Oca

PAVIMENTOS ASFALTICOS

J. R. Martin y H. A. Wallace

ESPECIFICACIONES GENERALES DE S.O.P. (PARTE NOVENA)

COSTO Y TIEMPO EN EDIFICACION

Carlos Suárez Salazar

APUNTES DE CONSTRUCCION

Rodolfo Magnus Galán