



MOVIMIENTOS DE VUELTA IZQUIERDA

(SITUACION ACTUAL)

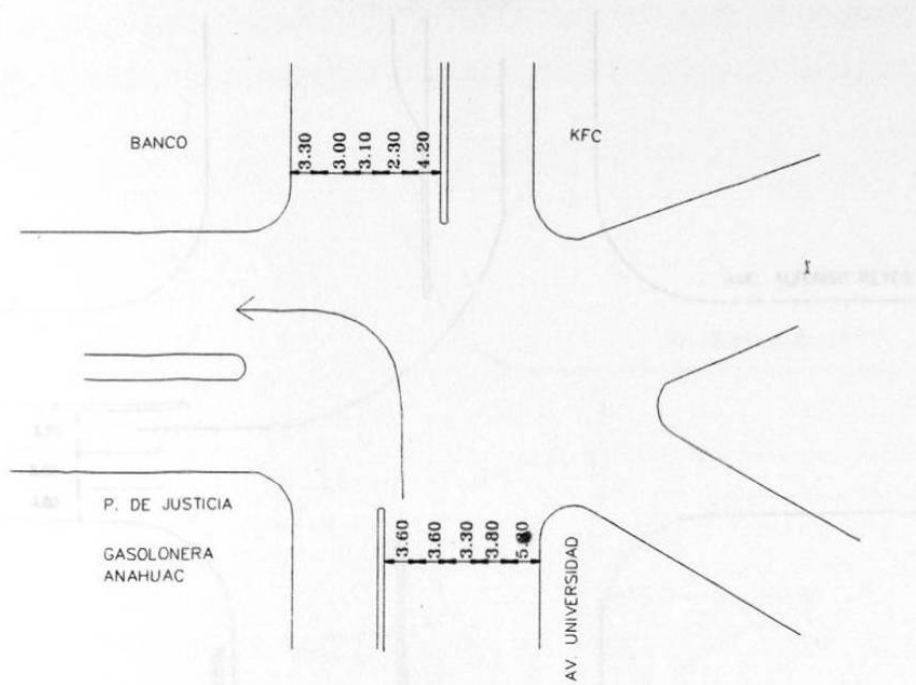


Figura 22. Levantamiento Geométrico:

Av. Universidad con Av. Palacio de Justicia, San Nicolás de los Garza, N.L.

MOVIMIENTOS DE VUELTA IZQUIERDA

(SITUACION ACTUAL)

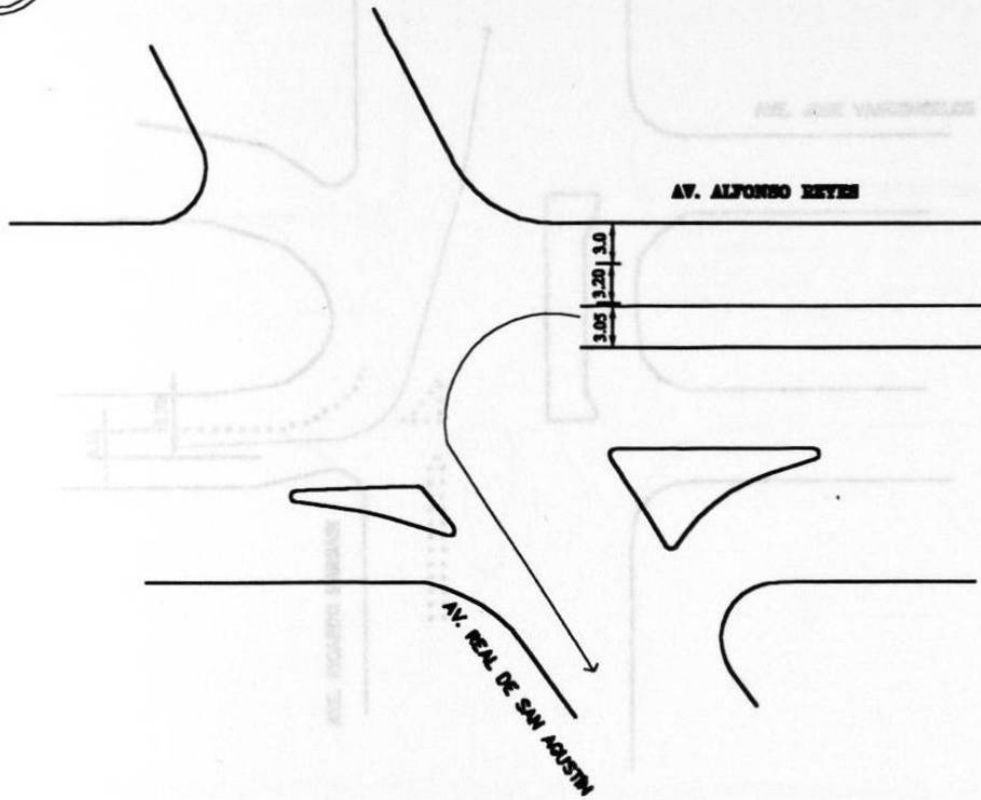


Figura 25. Levantamiento Geométrico

Av. Vencedores con Av. España, San Pedro Garza García, N.L.

Figura 24. Levantamiento Geométrico:

Av. Alfonso Reyes con Av. Real de San Agustín San Pedro Garza García, N.L.

MOVIMIENTOS DE VUELTA IZQUIERDA

(SITUACION ACTUAL)

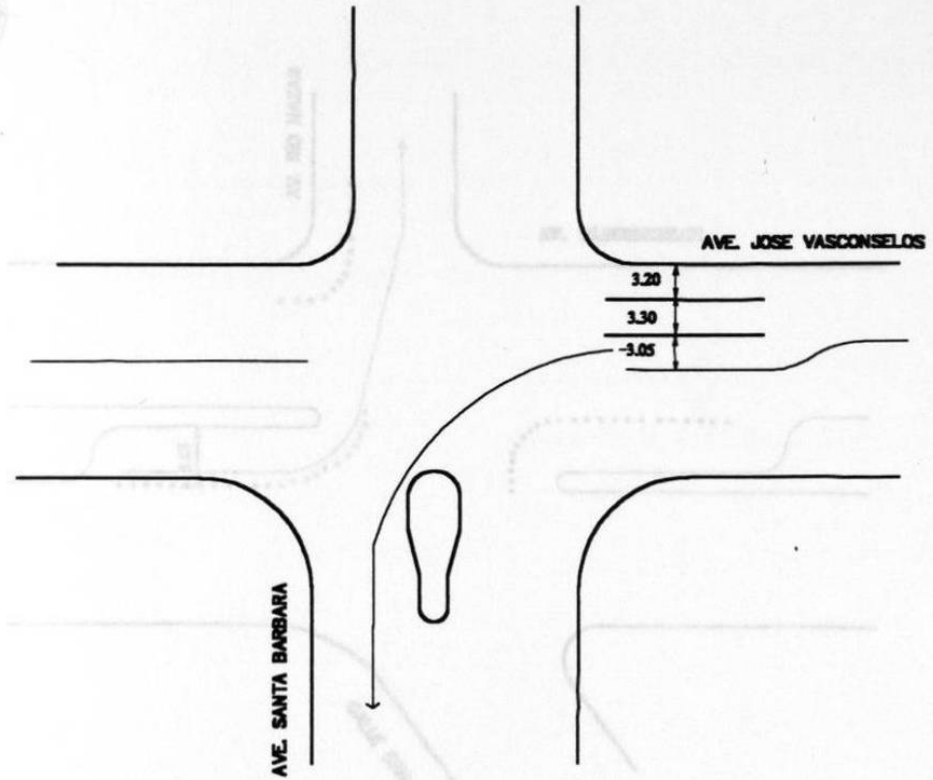


Figura 26. Levantamiento Geométrico:

Av. Vasconcelos con Av. Santa Bárbara, San Pedro Garza García N.L.

Figura 27. Levantamiento Geométrico:

Av. Vasconcelos con Av. San Agustín, San Pedro Garza García, N.L.

MOVIMIENTOS DE VUELTA IZQUIERDA

MOVIMIENTOS DE VUELTA IZQUIERDA

(SITUACION ACTUAL)

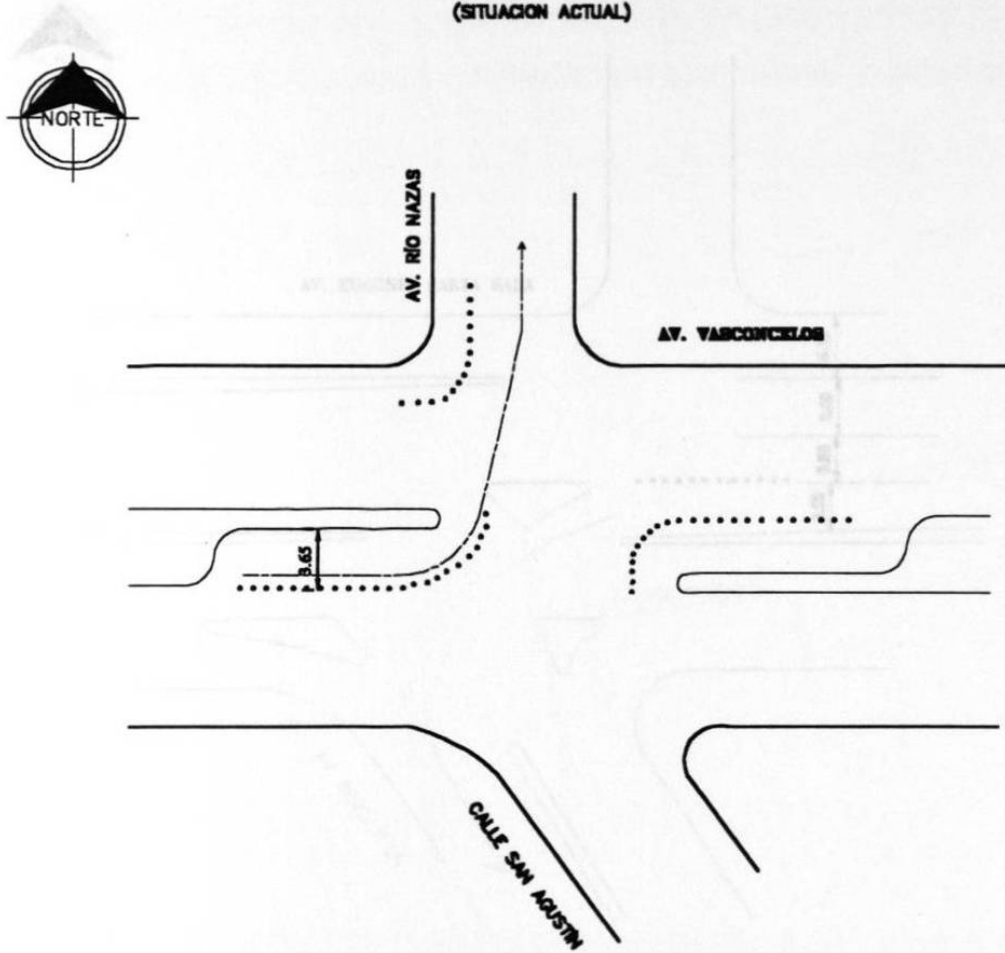


Figura 27. Levantamiento Geométrico

Av. Vasconcelos con Av. San Agustín San Pedro Garza García, N.L.

MOVIMIENTOS DE VUELTA IZQUIERDA
MOVIMIENTOS DE VUELTA IZQUIERDA

(SITUACION ACTUAL)

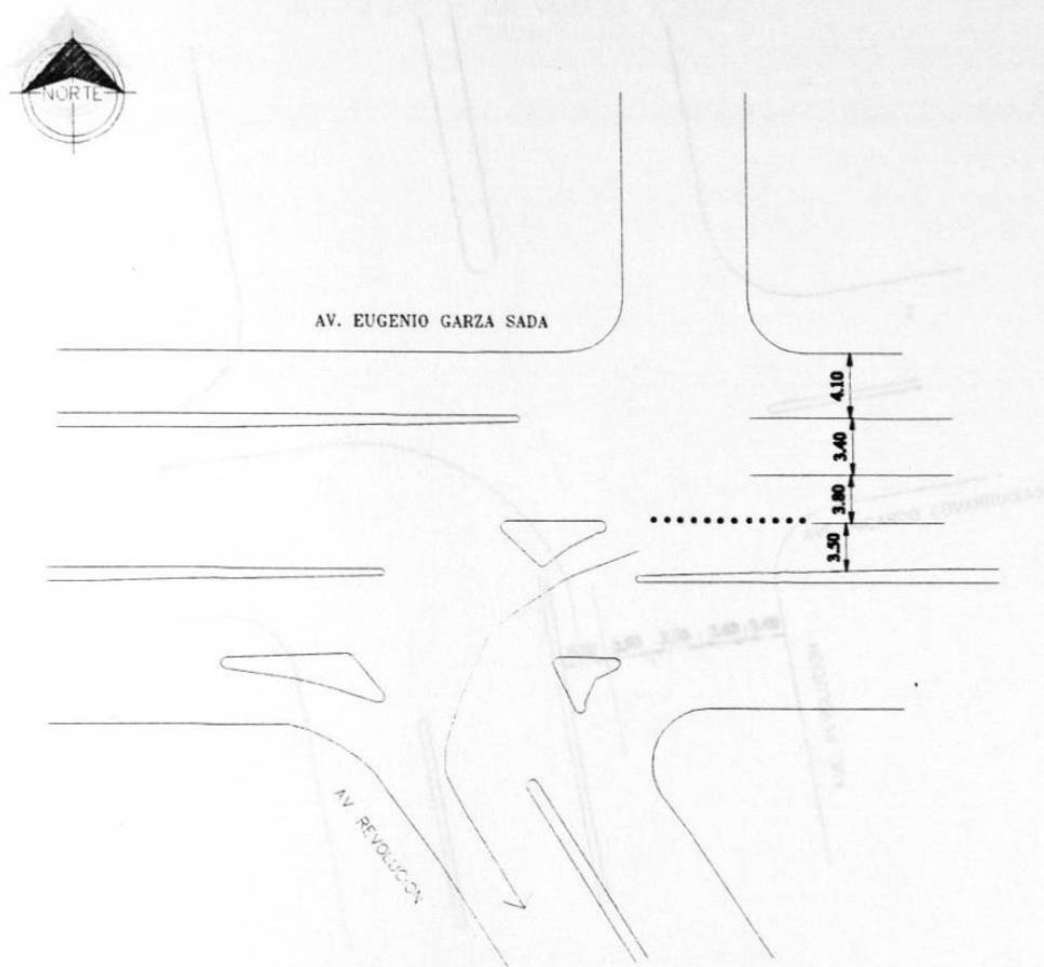


Figura 28. Levantamiento Geométrico:
Av. Eugenio Garza Sada con Av. Revolución. Monterrey, NL.

MOVIMIENTOS DE VUELTA IZQUIERDA

(SITUACION ACTUAL)

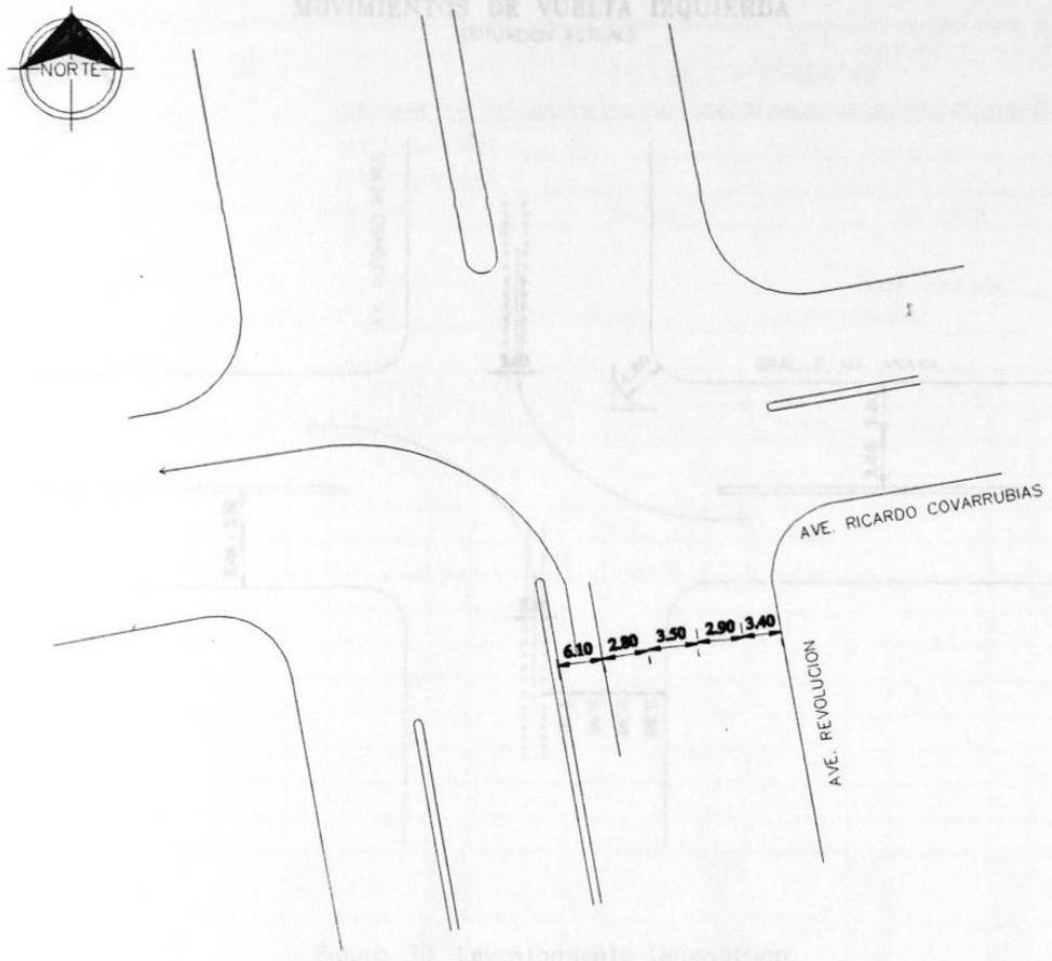
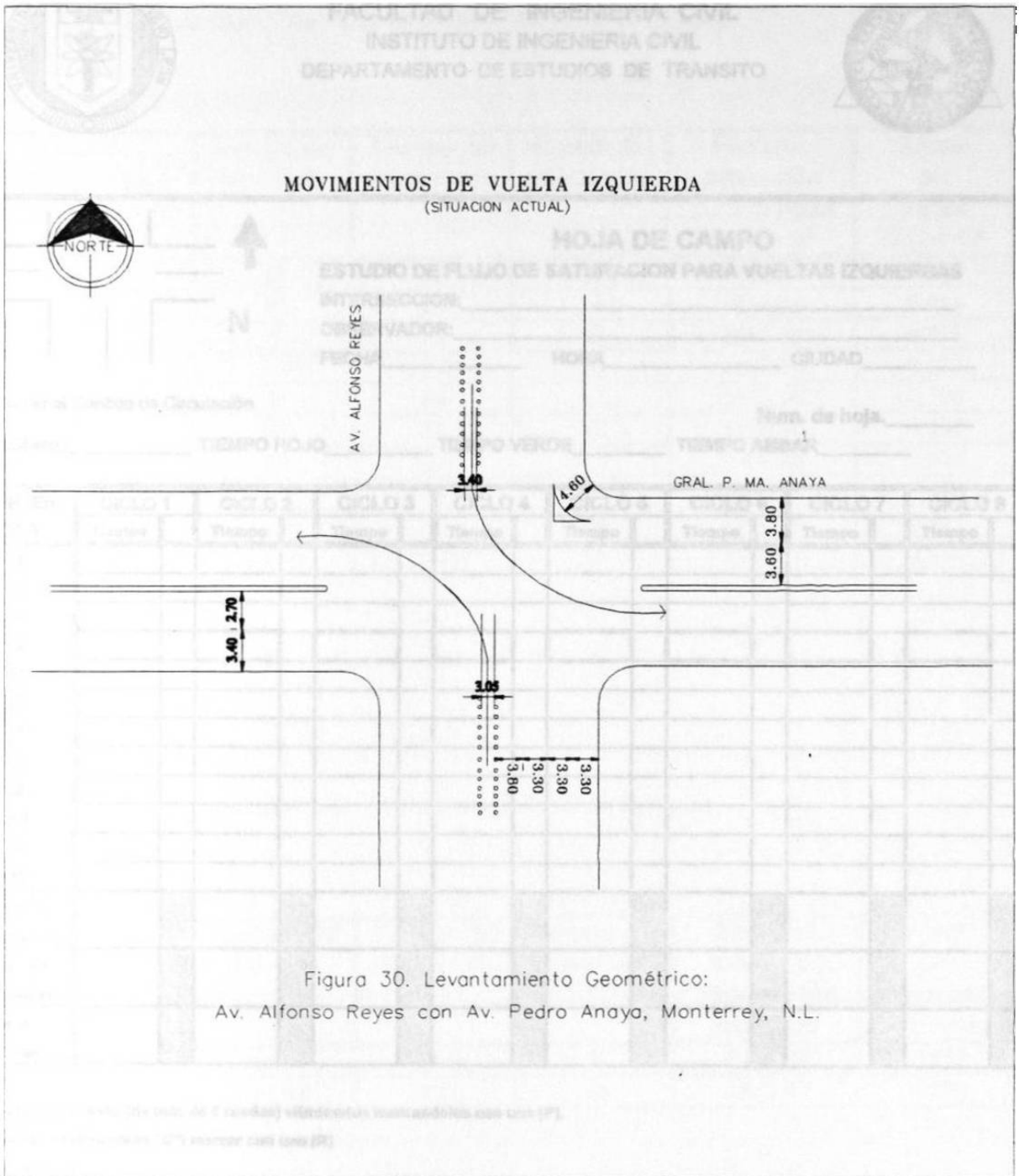
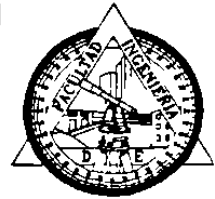


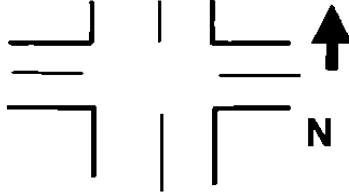
Figura 29. Levantamiento Geométrico:
Av.Revolución con Av. Ricardo Covarrubias, Monterrey N.L.





UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE TRANSITO





HOJA DE CAMPO

ESTUDIO DE FLUJO DE SATURACION PARA VUELTAS IZQUIERDAS

INTERSECCION: _____

OBSERVADOR: _____

FECHA _____ HORA _____ CIUDAD _____

Marcar el Sentido de Circulación Num. de hoja _____

CICLO(seg) _____ TIEMPO ROJO _____ TIEMPO VERDE _____ TIEMPO AMBAR _____

VEH. En FILAS	CICLO 1	CICLO 2	CICLO 3	CICLO 4	CICLO 5	CICLO 6	CICLO 7	CICLO 8
	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
Fin de la Saturación								
# de Veh. en ambar								
Fin del Verde								

Vp= Vehículo pesado (de más de 4 ruedas) eliminarlos marcándolos con una (P).
R= Vueltas en retorno (en "U") marcar con una (R)
Observaciones:

Figura 31. Formato de Campo para Vueltas Izquierdas

TABLA 16

Intersección: Av. Adolfo López Mateos - Av. Casa Blanca

Carril Exclusivo para Vuelta Izquierda	Tiempo del 4to. Veh.	Tiempo del Ultimo Veh.	Numero del Ultimo Veh.	Flujo de Saturación Para el Carril	Ajuste por vuelta izquierda
1	8	18	9	1800.00	0.878
1	7	18	10	1963.64	0.958
1	8	18	9	1800.00	0.878
1	8.05	11.8	6	1920.00	0.937
1	8.33	10.18	5	1945.95	0.949
1	9.56	11.43	5	1925.13	0.939
1	8.68	12.62	6	1827.41	0.891
1	9.71	11.58	5	1925.13	0.939

TABLA 17

Intersección: Av. Adolfo López Mateos - Av. Conductores

Carril Exclusivo para Vuelta Izquierda	Tiempo del 4to. Veh.	Tiempo del Ultimo Veh.	Numero del Ultimo Veh.	Flujo de Saturación Para el Carril	Ajuste por vuelta izquierda
1	9	19	9	1800.00	0.878
1	7	19	10	1800.00	0.878
1	8	19	9	1636.36	0.798
1	8	19	9	1636.36	0.798
1	7	19	10	1800.00	0.878
1	7	19	10	1800.00	0.878
1	8	19	10	1963.64	0.958
1	7	19	10	1800.00	0.878
1	9	19	9	1800.00	0.878
1	7	19	10	1800.00	0.878
1	10	19	9	2000.00	0.976
1	8	19	9	1636.36	0.798

TABLA 18

Intersección: Av. Nogalar - Av. República Mexicana

Carril exclusivo para vuelta izquierda	Tiempo del 4to. veh.	Tiempo del último veh.	Número del último veh.	Flujo de saturación para el carril izquierdo	Ajuste por vuelta izquierda
1	8.2	18.67	9	1719.20	0.839
1	6.5	17.3	9	1666.67	0.813
1	10.28	18	8	1865.28	0.910
1	9.34	17.12	8	1850.90	0.903
1	10.58	18.09	8	1917.44	0.935
1	9.28	17.75	8	1700.12	0.829
1	10.17	18.09	8	1818.18	0.887
1	9.02	16.38	8	1956.52	0.954
1	8.08	15.25	8	2008.37	0.980
1	9	18	9	2000.00	0.976
1	10.12	17.41	8	1975.31	0.964
1	10.12	17.41	8	1975.31	0.964
1	9.49	17.4	8	1820.48	0.888
1	9.15	18.3	9	1967.21	0.960
1	8.95	17.4	8	1704.14	0.831
1	8.68	16.81	8	1771.22	0.864
1	7.68	16	8	1730.77	0.844
1	9.21	17	8	1848.52	0.902
1	10.68	17.72	8	2045.45	0.998
1	10.2	17.84	8	1884.82	0.919
1	9.67	18.9	9	1950.16	0.951
1	9.17	17.72	8	1684.21	0.822
1	10.27	18	8	1862.87	0.909
1	8.62	16.98	8	1722.49	0.840
1	8.77	17.4	8	1668.60	0.814
1	8.71	17.6	8	1619.80	0.790

TABLA 19

Intersección: Av. Lincoln - Jaumave

Carril exclusivo para vuelta izquierda	Tiempo del 4to. veh.	Tiempo del último veh.	Número del último veh.	Flujo de saturación para el carril izquierdo	Ajuste por vuelta izquierda
1	10.41	24.94	11	1734.34	0.846

TABLA 20

Intersección: Av. Lincoln - Patrimonio familiar

Carril exclusivo para vuelta izquierda	Tiempo del 4to. veh.	Tiempo del último veh.	Número del último veh.	Flujo de saturación para el carril izquierdo	Ajuste por vuelta izquierda
1	9.33	13.5	6	1726.62	0.842

TABLA 21

Intersección: Av. Lincoln - Av. Rangel Frías

Carril exclusivo para vuelta izquierda	Tiempo del 4to. veh.	Tiempo del último veh.	Número del último veh.	Flujo de saturación para el carril izquierdo	Ajuste por vuelta izquierda
1	8	17	9	2000.00	0.976
1	7	17	9	1800.00	0.878
1	7	16	9	2000.00	0.976
1	8	17	9	2000.00	0.976
1	7	16	9	2000.00	0.976
1	8	17	9	2000.00	0.976
1	7	16	9	2000.00	0.976
1	7	16	9	2000.00	0.976

TABLA 21 (continuación)

1	7	16	9	2000.00	0.976
1	7	16	9	2000.00	0.976
1	8	16	8	1800.00	0.878
1	8	16	8	1800.00	0.878
1	7	16	9	2000.00	0.976
1	7	16	9	2000.00	0.976
1	8	16	8	1800.00	0.878
1	7	16	9	2000.00	0.976
1	8	16	8	1800.00	0.878
1	8	16	8	1800.00	0.878
1	8	16	8	1800.00	0.878
1	8	16	8	1800.00	0.878
1	7	16	9	2000.00	0.976
1	8	16	8	1800.00	0.878
1	8	16	8	1800.00	0.878
1	8	16	8	1800.00	0.878
1	8	16	8	1800.00	0.878
1	8	16	8	1800.00	0.878
1	8	16	8	1800.00	0.878
1	8	10	5	1800.00	0.878
1	8	10	5	1800.00	0.878
1	6	10	6	1800.00	0.878
1	8	10	5	1800.00	0.878
1	8	10	5	1800.00	0.878
1	8	10	5	1800.00	0.878
1	6	10	6	1800.00	0.878
1	8	10	5	1800.00	0.878
1	6	10	6	1800.00	0.878
1	6	10	6	1800.00	0.878

TABLA 22

Intersección: Av. Universidad - Ave. Central

Carril exclusivo para vuelta izquierda	Tiempo del 4to. veh.	Tiempo del último veh.	Número del último veh.	Flujo de saturación para el carril izquierdo	Ajuste por vuelta izquierda
1	8.5	16.56	8	1786.60	0.872
1	9.58	16.14	7	1646.34	0.803
1	10.02	16.13	7	1767.59	0.862
1	9.43	16.78	8	1959.18	0.956

TABLA 23

Intersección: Av. Universidad - 18 de Diciembre.

Carril exclusivo para vuelta izquierda	Tiempo del 4to. veh.	Tiempo del último veh.	Número del último veh.	Flujo de saturación para el carril izquierdo	Ajuste por vuelta izquierda
1	11.58	17.28	7	1894.74	0.924

TABLA 24

Intersección: Av. Universidad - Fray Bartolomé de las Casas.

Carril exclusivo para vuelta izquierda	Tiempo del 4to. veh.	Tiempo del último veh.	Número del último veh.	Flujo de saturación para el carril izquierdo	Ajuste por vuelta izquierda
1	10.58	16	7	1992.62	0.972
1	7.18	16	9	2040.82	0.996

TABLA 25

Intersección: Av. Universidad - Av. Palacio de Justicia

Carril exclusivo para vuelta izquierda	Tiempo del 4to. veh.	Tiempo del último veh.	Número del último veh.	Flujo de saturación para el carril izquierdo	Ajuste por vuelta izquierda
1	8.55	22	11	1873.61	0.914
1	10.33	22	10	1850.90	0.903
1	12.23	22.12	9	1820.02	0.888
1	6.5	22	12	1858.06	0.906
1	9.58	22.59	10	1660.26	0.810
1	10.17	22.02	10	1822.78	0.889
1	10.92	22	9	1624.55	0.792

TABLA 26

Intersección: Av. Gómez Morín - Av. Alfonso Reyes

Carril exclusivo para vuelta izquierda	Tiempo del 4to. veh.	Tiempo del último veh.	Número del último veh.	Flujo de saturación para el carril izquierdo	Ajuste por vuelta izquierda
1	7.59	28.97	16	2020.58	0.986
1	6.39	33	16	1623.45	0.792
1	6.4	33.58	17	1721.85	0.840
1	8.31	34	17	1821.72	0.889
1	8.29	19.2	9	1649.86	0.805
1	7.29	24.87	14	2047.78	0.999
1	8.77	20.54	10	1835.17	0.895
1	10.27	24.87	11	1726.03	0.842

TABLA 27

Intersección: Av. Alfonso Reyes - Av. Real de San Agustín

Carril exclusivo para vuelta izquierda	Tiempo del 4to. veh.	Tiempo del último veh.	Número del último veh.	Flujo de saturación para el carril izquierdo	Ajuste por vuelta izquierda
1	12	35	15	1721.74	0.840
1	8	40	19	1687.50	0.823
1	10	44	20	1694.12	0.826
1	9	44	20	1645.71	0.803

TABLA 28

Intersección: Av. Vasconcelos - Dr. Ricardo Margáin

Carril exclusivo para vuelta izquierda	Tiempo del 4to. veh.	Tiempo del último veh.	Número del último veh.	Flujo de saturación para el carril izquierdo	Ajuste por vuelta izquierda
1	11	29	13	1800.00	0.878

TABLA 29

Intersección: Av. Vasconcelos - Av. Santa Bárbara

Carril exclusivo para vuelta izquierda	Tiempo del 4to. veh.	Tiempo del último veh.	Número del último veh.	Flujo de saturación para el carril izquierdo	Ajuste por vuelta izquierda
1	11	24	11	1938.46	0.946
1	11	24	11	1938.46	0.946
1	8	24	12	1800.00	0.878
1	8	24	12	1800.00	0.878
1	11	24	11	1938.46	0.946
1	12	24	10	1800.00	0.878
1	10	24	11	1800.00	0.878
1	10	24	11	1800.00	0.878
1	10	24	11	1800.00	0.878

TABLA 30

Intersección: Av. Vasconcelos - Av. San Agustín

Carril exclusivo para vuelta izquierda	Tiempo del 4to. veh.	Tiempo del último veh.	Número del último veh.	Flujo de saturación para el carril izquierdo	Ajuste por vuelta izquierda
1	11	28	13	1905.88	0.930
1	11	32	15	1885.71	0.920
1	9	36	19	2000.00	0.976
1	11	13	5	1800.00	0.878
1	10	14	6	1800.00	0.878
1	10	20	9	1800.00	0.878
1	7	20	10	1661.54	0.811
1	9	30	14	1714.29	0.836
1	8	34	16	1661.54	0.811
1	8	34	17	1800.00	0.878
1	9	24	11	1680.00	0.820
1	9	34	16	1728.00	0.843
1	9	30	14	1714.29	0.836
1	10	34	16	1800.00	0.878
1	8	38	19	1800.00	0.878
1	9	40	19	1741.94	0.850

TABLA 31

Intersección: Av. Eugenio Garza Sada - Av. Revolución

Carril exclusivo para vuelta izquierda	Tiempo del 4to. veh.	Tiempo del último veh.	Número del último veh.	Flujo de saturación para el carril izquierdo	Ajuste por vuelta izquierda
1	12.74	46.36	20	1713.27	0.836
1	11.93	52.48	24	1775.59	0.866
1	10.58	51.27	26	1946.42	0.949
1	11.68	52.5	23	1675.65	0.817
1	9.16	43.3	20	1687.17	0.823
1	8.48	47.39	26	2035.47	0.993
1	9.67	39.17	19	1830.51	0.893
1	12.4	39.68	17	1715.54	0.837
1	11.39	39.5	17	1664.89	0.812

TABLA 32

Intersección: Av. Revolución - Ricardo Covarrubias

Carril exclusivo para vuelta izquierda	Tiempo del 4to. veh.	Tiempo del último veh.	Número del último veh.	Flujo de saturación para el carril izquierdo	Ajuste por vuelta izquierda
1	7	41	21	1800.00	0.878
1	9	41	22	2025.00	0.988
1	9	41	19	1687.50	0.823
1	8	41	20	1745.45	0.851
1	9	41	20	1800.00	0.878
1	8	41	21	1854.55	0.905
1	8	41	20	1745.45	0.851
1	7	41	21	1800.00	0.878
1	10	41	19	1741.94	0.850
1	9	41	20	1800.00	0.878
1	9	32	17	2034.78	0.993
1	7	41	21	1800.00	0.878
1	11	41	20	1920.00	0.937
1	7	20	11	1938.46	0.946

TABLA 33

Intersección: Av. Revolución - Puente Solidaridad

Carril exclusivo para vuelta izquierda	Tiempo del 4to. veh.	Tiempo del último veh.	Número del último veh.	Flujo de saturación para el carril izquierdo	Ajuste por vuelta izquierda
1	9	31	16	1963.64	0.958
1	9	31	16	1963.64	0.958
1	8.35	31	15	1748.34	0.853
1	8.77	31	16	1943.32	0.948
1	9.3	31	16	1990.78	0.971
1	8.27	31	16	1900.57	0.927
1	7.28	31	16	1821.25	0.888
1	6.95	31	16	1796.26	0.876
1	11.43	31	15	2023.51	0.987
1	7.46	31	16	1835.17	0.895
1	7.9	31	16	1870.13	0.912

TABLA 33 (Continuación)

1	9.27	31	16	1988.03	0.970
1	8.99	31	14	1635.62	0.798
1	9.2	31	15	1816.51	0.886
1	10.57	31	14	1762.11	0.860
1	9.32	31	14	1660.52	0.810

TABLA 34

Intersección: Av. Eugenio Garza Sada - 2 de Abril.

Carril exclusivo para vuelta izquierda	Tiempo del 4to. veh.	Tiempo del último veh.	Número del último veh.	Flujo de saturación para el carril izquierdo	Ajuste por vuelta izquierda
1	11	25	11	1800.00	0.878
1	10	25	11	1680.00	0.820
1	9	25	12	1800.00	0.878
1	11	25	11	1800.00	0.878
1	8	25	12	1694.12	0.826
1	9	25	13	2025.00	0.988

TABLA 35

Intersección: Av. Fidel Velázquez - Bernardo Reyes

Carril exclusivo para vuelta izquierda	Tiempo del 4to. veh.	Tiempo del último veh.	Número del último veh.	Flujo de saturación para el carril izquierdo	Ajuste por vuelta izquierda
1	8	46.5	23	1776.62	0.867
1	7	26	14	1894.74	0.924

TABLA 36

Intersección: Av. Alfonso Reyes - General Pedro Anaya

Carril exclusivo para vuelta izquierda	Tiempo del 4to. veh.	Tiempo del último veh.	Número del último veh.	Flujo de saturación para el carril izquierdo	Ajuste por vuelta izquierda
1	9.34	17	8	1879.90	0.917
1	8.6	17	8	1714.29	0.836
1	8.61	17	8	1716.33	0.837
1	8.05	17	9	2011.17	0.981
1	9.55	17	8	1932.89	0.943
1	9.02	17	8	1804.51	0.880
1	9	17	8	1800.00	0.878
1	11	17	7	1800.00	0.878
1	11	17	7	1800.00	0.878
1	13	17	6	1800.00	0.878
1	11	17	7	1800.00	0.878
1	13	17	6	1800.00	0.878
1	9	17	8	1800.00	0.878
1	9	17	8	1800.00	0.878

VIII.3 Análisis de la Información

El valor de los estudios sobre los datos de tránsito depende del sentido en que vayan a ser usados. Para un uso más ventajoso, es necesario que los datos sean depurados y estudiados cuidadosamente. El analista dispone de medios para revelar tendencias y características que no son necesariamente aparentes en los datos sin tratamiento y confirman la existencia de características y tendencias sospechosas. Si los datos son manejados pobremente, pueden dar lugar fácilmente a interpretaciones erróneas de características y tendencias. Por esta razón es importante que el analista tenga una apreciación de la importancia de los métodos estadísticos y esté familiarizado con ellos.

Ordenamiento de los datos

Cuando el arreglo está dispuesto con respecto al tiempo de ocurrencia, el ordenamiento se denomina serie cronológica.

Las distribuciones de frecuencias están generalmente puestas en forma tabular desde el principio y son frecuentemente graficadas. Después de que se han realizado las observaciones, se dividen en un número conveniente de grupos o clases, los grupos se anotan en una columna con la clase más pequeña en la parte superior y el resto de la clase a continuación de acuerdo con su tamaño. Los datos se registran por recuento o anotando el número de observaciones en cada clase.

Se pueden construir rectángulos usando el tamaño de clase como el ancho y la frecuencia de esa clase como la altura, obteniéndose un histograma o diagrama de barras.

En casi en todos los estudios de tránsito, uno de los objetivos importantes es la búsqueda hasta donde sea posible, de pocos valores para representar un grupo de datos.

Un promedio es una medida de la tendencia central y está generalmente cercano al punto donde se encuentra la mayoría de las observaciones.

Clases de promedios

Las más importantes clases de promedios usados en el análisis de estudios de la ingeniería de tránsito son:

1. La media aritmética
2. La mediana
3. La media geométrica
4. La media armónica.

El término promedio es usado comúnmente en lugar del término media aritmética. Sin embargo el promedio es un término amplio que incluye todas las medidas de tendencia central.

La Media Aritmética (\bar{x})

Es el promedio más conocido y más comúnmente usado de todos los promedios, pero no es el mejor para ser usado en cada caso. La media es representativa cuando los polígonos de frecuencia son de forma acampanada y se identifica con el punto de mayor concentración.

Para datos agrupados en serie de frecuencias, se considera que la marca de clase representa a todos los datos del intervalo es decir, se repite (f_i) veces por lo que la formula es la siguiente:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i M c_i}{\sum f_i}$$

La Mediana (Md)

Es el valor del término colocado a la mitad de la serie cuando los datos han sido ordenados de acuerdo con su magnitud, por lo que el 50% de los datos será mayor o igual que la mediana y el 50% menor o igual que la mediana.

La Media Geométrica (MG)

Este promedio es la "enésima" raíz del producto de N números. Se aplican para casos muy particulares y básicamente cuando hay variaciones a la normal.

$$\log G = \frac{f_i \log M_{c_i}}{F_i}$$

La Media Armónica (H)

Este promedio es el recíproco de la media aritmética de los recíprocos de los valores.

$$\frac{1}{H} = \frac{f_i \frac{1}{M_{c_i}}}{F_i}$$

Parámetros de Dispersión

La variación o separación en el intervalo de valores con los que puede ser trazada una curva de frecuencias, se conoce como "Dispersión".

El grado de dispersión podría ser medido en términos de un valor normal. Este valor, conocido como la desviación normal, es una medida de la dispersión de los valores individuales alrededor del valor promedio de la muestra. Cuanto mayor sea la desviación de los valores individuales, en comparación con el promedio, mayor será la desviación normal. Estas desviaciones normales

podrían también ser expresadas como límites a cada lado de la media, entre los cuales está un cierto porcentaje del total de valores de la muestra.

Existen una serie de parámetros que representan la dispersión de las series de frecuencia, tomando como base el parámetro de tendencia central, dichos parámetros son los siguientes:

- Varianza
- Desviación estándar
- Coeficiente de asimetría

La Varianza

Es la medida de dispersión más importante

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1} (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Desviación estándar

Es la medida fundamental de dispersión y se obtiene como la media cuadrática de las desviaciones de los términos de una serie con respecto al parámetro central elegido que generalmente es la media aritmética.

$$s = \sqrt{\frac{\sum f_i (x - Mc_i)^2}{\sum f_i}}$$

Coefficiente de Asimetría

Esta función caracteriza el grado de asimetría de una distribución con respecto a su media. La asimetría positiva significa una distribución unilateral que se extiende hacia valores más positivos. La asimetría negativa indica una distribución unilateral que se extiende hacia valores más negativos. La ecuación para la asimetría se define como:

$$\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left[\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right]^3$$

TABLA 37

Intervalos, Marca de clase, Frecuencias de las muestras de campo.

Rango de: 0.790 a 0.999						
Número de intervalos	Intervalos		fr	Mci	%fi	%Fi Acumulado
1	0.775	0.805	11	0.790	0.053	0.053
2	0.805	0.835	22	0.820	0.106	0.159
3	0.835	0.865	23	0.850	0.111	0.270
4	0.865	0.895	77	0.880	0.372	0.642
5	0.895	0.925	16	0.910	0.077	0.720
6	0.925	0.955	20	0.940	0.097	0.816
7	0.955	0.985	29	0.970	0.140	0.956
8	0.985	1.015	9	1.000	0.043	1.000
			207			

HISTOGRAMA

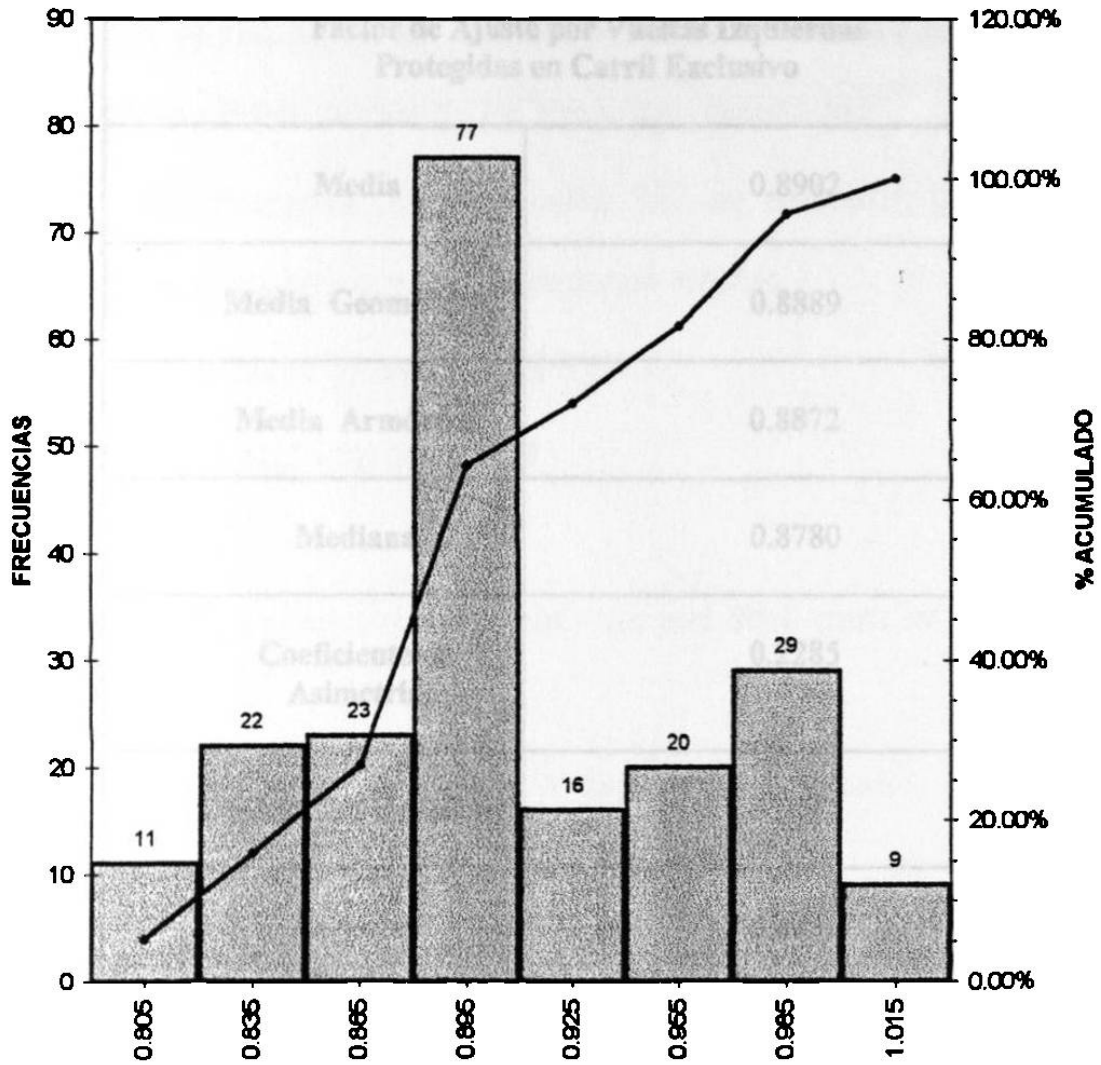


Figura. 32 Histograma de los factores de ajuste para vueltas izquierdas protegidas en carril exclusivo.

TABLA 38

Resultados estadísticos del estudio de vueltas izquierdas protegidas en carril exclusivo.

Factor de Ajuste por Vueltas Izquierdas Protegidas en Carril Exclusivo	
Media	0.8902
Media Geométrica	0.8889
Media Armónica	0.8872
Mediana	0.8780
Coefficiente de Asimetría	0.2285
Desviación Estándar	0.0547
Varianza	0.0030

VIII.4 Justificación del Factor de Ajuste por Medio de una Distribución Muestral.

En esta investigación se efectuaron estudios de campo para determinar el factor de ajuste para vueltas izquierdas en carril exclusivo con fase protegida.

Estos estudios se realizaron en 25 intersecciones semaforizadas de Monterrey y su Area Metropolitana, arrojando los siguientes resultados:

- 522 muestras tomadas, de las cuales 207 se utilizaron para el análisis, debido a que cumplían con las condiciones ideales.
- Se obtuvo una media (promedio) de 0.8900
- Una desviación estándar de 0.0547

Se propuso tener un intervalo de confianza del 95% para la media, de esta forma se tiene:

$$\begin{array}{l} N_p = \text{Número de población} \quad \left. \vphantom{N_p} \right\} \text{datos poblacionales} \\ n = \text{número de muestras en condiciones ideales} \\ \bar{x} = \text{Media (promedio)} \\ s = \text{Desviación estándar} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} N_p \\ n \\ \bar{x} \\ s \end{array}} \right\} \text{datos muestrales}$$

entonces se tiene:

$$n = 207 > 30 \Rightarrow \text{la distribución muestral es de tipo normal}$$

$$\bar{x} = 0.8900$$

$$s = 0.0547$$

Entonces se estima que $s = \sigma = 0.0547$

*Intervalo de confianza del 95% $\Rightarrow Z_c = 1.96$ (valor crítico)

aplicando la siguiente formula se tiene:

$$\bar{x} \pm \frac{Z_c}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{Np - n}{Np - 1}}$$

$$0.8900 \pm \frac{(1.96)(0.0547)}{\sqrt{207}} \sqrt{\frac{522 - 207}{521}}$$

$$0.8900 \pm 0.00579$$

$$0.8844 \leq \mu \leq 0.8959$$

Se estima que en el 95% la μ poblacional se encuentra en el intervalo 0.8844 a 0.8959.

Por lo tanto, se llega a la conclusión de que con los datos obtenidos en los estudios, el factor de ajuste para vueltas izquierdas protegidas, en carril exclusivo en intersecciones semaforizadas de Monterrey y su Area Metropolitana, se debe establecer en **0.90**, pues es el que representa a la gran mayoría de casos que ocurren en estas áreas ya mencionadas.

IX CÁLCULO COMPARATIVO EN EL ANALISIS DE CAPACIDAD

En estos cálculos comparativos se analizará la intersección de la Av. Alfonso Reyes con la calle General Pedro Anaya, situada en la zona norte de la ciudad de Monterrey, NL.

Los datos requeridos para el análisis de capacidad están tomados en las horas de máxima demanda. Es una intersección con un sistema de semáforo de tres fases de tiempo fijo con un ciclo de 90 segundos

IX.1 Cálculo de la Capacidad Utilizando el Factor de Ajuste por Vuelta Izquierda Recomendado en el Manual de Capacidad Vial de los E.E.U.U.

En el cálculo del ejemplo 1 se hace el análisis de la intersección Av. Alfonso Reyes con la calle General Pedro Anaya, en las condiciones actuales. En este análisis se considera el factor de ajuste para vuelta izquierda recomendado por el manual de capacidad vial de los Estados Unidos de Norte América, este factor es de 0.95 para vueltas izquierdas protegidas en carril exclusivo.

En el cálculo del ejemplo 1 se puede observar los diferentes módulos para la obtención de la capacidad y de los niveles de servicio.

Los datos necesarios para el módulo de entrada se muestran en la figura 33, que son los volúmenes direccionales (situación actual) en hora de máxima demanda, ahí también se muestran los porcentajes de vehículos pesados por acceso. En la figura 35, también es necesario para los anchos de carriles y para cualquier tipo de situación especial que se presente la intersección. Para la determinación de las fases fue necesario hacer un inventario de semáforos de la intersección que se muestra en la figura 36.

a) El Módulo de Entrada se muestra en la figura 37, en él se describe el croquis de la intersección, los volúmenes vehiculares y las condiciones geométricas de la intersección en estudio. En la parte central de este módulo se describen características importantes como: porcentaje de vehículos pesados, las pendientes de los accesos, las paradas de los autobuses, los estacionamientos, el tipo de llegada, los tiempos de luz verde mínimos para el cruce de peatones.

En la parte inferior de este módulo se representan los diagramas de las fases del semáforo, así como sus tiempos de luces verdes y ámbar; además de establecer el tipo de control del semáforo.

b) El Módulo de Ajuste de Volúmenes se muestra en la figura 38. Aquí se escriben los volúmenes de cada movimiento, obtenidos en el módulo de entrada. Se establecen los grupos de carriles y se determina el factor de utilización de los mismos.

- c) En el Módulo de Intensidad de Saturación, se muestra en la figura 39 en esta sección se asume como intensidad de saturación ideal el valor de 2050 veh/hr/carril. En este módulo se hacen los ajustes necesarios para los anchos de carril, para vehículos pesados, por pendiente, por estacionamiento, por bloqueos de autobuses, por el tipo de área de la intersección, por los movimientos de vuelta derecha e izquierda. Existe el caso que en la intersección analizada, las vueltas izquierdas para el sentido Este – Oeste son vueltas izquierdas permitidas, lo cual para determinar el factor de ajuste para vuelta izquierda, es necesario utilizar la hoja de trabajo suplementaria que se muestra en la figura 40. En ésta se hace el cálculo, según las formulas y las recomendaciones.
- d) Módulo de Análisis de Capacidad, se muestra en la figura 41 en este módulo se obtiene la relación v/s , de las cuales se establecen los grupos de carriles críticos, es decir los de mayor relación v/s en cada acceso. La relación de la suma de carriles críticos (X_1) evalúa la intersección de manera general y a la duración del ciclo.
- e) El Módulo de Nivel de Servicio se muestra en la figura 42. Lo más importante de este módulo son las demoras d_1 (demora uniforme por tipo de llegada) y la d_2 (demora por las demoras uniformes de llegada y por demoras por la falla del ciclo). De estas dos demoras se obtiene la demora por grupo de carriles y con ella se establecen los niveles de servicio por acceso y para toda la intersección.

IX.1.2 Interpretación de los resultados del ejemplo 1

Ahora se aprecia cuales son los grupos de carriles críticos, es decir los de mayor relación v/s en cada acceso. La relación de la suma de carriles críticos 0.833, es decir:

$$\Sigma (v/s)_{\text{críticos}} = 0.121+0.159+0.553 = 0.833$$

La relación v/c crítica (X_c) para la intersección considera sólo los grupos de carriles o accesos que tienen el mayor valor de flujo (v/s) para una fase dada, esta relación se define con la siguiente formula:

$$X_c = \frac{\Sigma(v/s)C}{C-L} \quad X_c = \frac{0.833 (90)}{90 - 9} \quad X_c = 0.926$$

En esta ecuación se evalúa la intersección en forma general en relación con su geometría y a la duración del ciclo.

$$X_c = 0.926 < 1.00$$

Una relación de $X_c < 1.00$ indica que todos los movimientos pueden ser acomodados dentro del ciclo y las secuencia de sus fases, distribuyendo adecuadamente los tiempos de verde.

Los niveles de servicio están definidos en términos de la demora, siendo ésta una medida que refleja la molestia y la frustración del conductor, el consumo extra de combustible y la pérdida de tiempo del viaje.

La demora uniforme d_1 , cuantifica la demora que ocurre si la demanda de llegada en el grupo de carriles en estudio está uniformemente distribuida en el tiempo.

$$d_1 = \frac{0.38C(1-g/C)^2}{[1-(g/C)X]} \quad (13)$$

$$d_1 (RE_{IFD}) = 0.38(90)(1-0.267)^2 / [1-(0.267)0.427] = 20.8 \text{ seg/veh}$$

$$d_1 (RO_{IFD}) = 0.38(90)(1-0.267)^2 / [1-(0.267)0.454] = 20.9 \text{ seg/veh}$$

$$d_1 (RN_i) = 0.38(90)(1-0.189)^2 / [1-(0.189)0.841] = 26.8 \text{ seg/veh}$$

$$d_1 (RN_{FD}) = 0.38(90)(1-0.444)^2 / [1-(0.444)1.245] = *$$

$$d_1 (RS_i) = 0.38(90)(1-0.189)^2 / [1-(0.189)0.715] = 26.0 \text{ seg/veh}$$

$$d_1 (RS_{FD}) = 0.38(90)(1-0.444)^2 / [1-(0.444)0.951] = 18.3 \text{ seg/veh}$$

En estas ecuaciones permiten resultados para los valores de X entre 0.00 y 1.00. Cuando ocurre una sobresaturación por grandes períodos (mayores de 15 minutos), es difícil estimar la demora exacta.

Tal como se muestra (*) en la demora $d_1 (RN_{FD})$ donde la relación $v/c(X)=1.245$ es mayor; que 1.2 o mayor que $1/FHMD (1.03)$ cuando ocurre este tipo de situaciones no es recomendable calcular la demora.

La demora d_2 cuantifica el incremento de la demora de las llegadas aleatorias sobre las llegadas uniformes y por la demora adicional debido a las fallas del ciclo, la ecuación es la siguiente:

$$d_2 = 173X^2 \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + (16X_c)} \right] \quad (14)$$

$$d_2 (RE_{IFD}) = 0.30 \text{ seg/veh}$$

$$d_2 (RO_{IFD}) = 0.30 \text{ seg/veh}$$

$$d_2 (RN_i) = 13.1 \text{ seg/veh}$$

$$d_2 (RN_{FD}) = *$$

$$d_2 (RS_i) = 5.0 \text{ seg/veh}$$

$$d_2 (RS_{FD}) = 6.1 \text{ seg/veh}$$

Tal como se muestra (*) demora $d_2 (RN_{FD})$ donde la relación $v/c(X)=1.245$ es mayor; que 1.2 o mayor que $1/FHMD (1.03)$ cuando ocurre este tipo de situaciones no es recomendable calcular la demora.

La demora promedio por parada por vehículo para el grupo de carriles en seg/veh. Se encuentra mediante:

$$d = d_1 + d_2$$

$$d (RE_{IFD}) = 20.8 + 0.30 = 21.1 \text{ seg/veh} \Rightarrow \text{Nivel de Servicio "C"}$$

$$d (RO_{IFD}) = 20.9 + 0.30 = 21.2 \text{ seg/veh} \Rightarrow \text{Nivel de Servicio "C"}$$

$$d (RN_i) = 26.9 + 13.1 = 39.9 \text{ seg/veh} \Rightarrow \text{Nivel de Servicio "D"}$$

$$d (RN_{FD}) = *$$

$$d (RS_i) = 26.0 + 5.0 = 31.0 \text{ seg/veh} \Rightarrow \text{Nivel de Servicio "D"}$$

$$d (RS_{FD}) = 18.3 + 6.1 = 24.4 \text{ seg/veh} \Rightarrow \text{Nivel de Servicio "C"}$$

Tal como se muestra (*) demora $d (RN_{FD})$ donde la relación $v/c(X)=1.245$ es mayor; que 1.2 o mayor que $1/FHMD (1.03)$ cuando ocurre este tipo de situaciones no es recomendable calcular la demora y el nivel de servicio.

La estimación de la demora promedio por conjunto (acceso):

$$Dem.Acceso = \frac{\sum (Demora)(Vol.Ajustado)}{\sum (Vol.Ajustado)}$$

$$d (RE_{IFD}) = 21.1 \text{ seg/veh} \Rightarrow \text{Nivel de Servicio "C"}$$

$$d (RO_{IFD}) = 21.2 \text{ seg/veh} \Rightarrow \text{Nivel de Servicio "C"}$$

$$d (RN_{IFD}) = *$$

$$d (RS_{IFD}) = 24.4 \text{ seg/veh} \Rightarrow \text{Nivel de Servicio "C"}$$

Tal como se muestra (*) demora d (RN_{IFD}) donde la relación $v/c(X)=1.245$ es mayor; que 1.2 o mayor que $1/FHMD$ (1.03) cuando ocurre este tipo de situaciones no es recomendable calcular la demora y el nivel de servicio.

La demora media por vehículo en toda la intersección se calcula, como la media ponderada de los valores de cada acceso:

$$\text{Dem. Media Intersección} = \frac{\sum(d_A * v_A)}{\sum v_A}$$

Las ecuaciones 13 y 14, proporcionan resultados razonables para los valores X entre 0.00 y 1.00. Cuando se produce la sobresaturación, durante largos periodos (mayores de 15 minutos), es difícil estimar la demora con exactitud, pues las filas pueden excederse hasta alcanzar las intersecciones adyacentes.

Las ecuaciones pueden utilizarse para valores de $v/c(X)$ de hasta 1.2 o $1/FHMD$, pero no se recomienda para valores superiores a lo establecido anteriormente.

Al no recomendarse valores mayores de 1.2 o $1/FHMD$, para la intersección le corresponde a esta un nivel de servicio "F", podemos observar que el acceso crítico es el que va Rumbo al Norte (RN) ya que su relación $v/c(X)= 1.245$, es decir sobre pasa la capacidad.

De esta manera la demora y el nivel de servicio de la Intersección no se recomienda (*) y por lo tanto le corresponde un nivel de servicio "F".

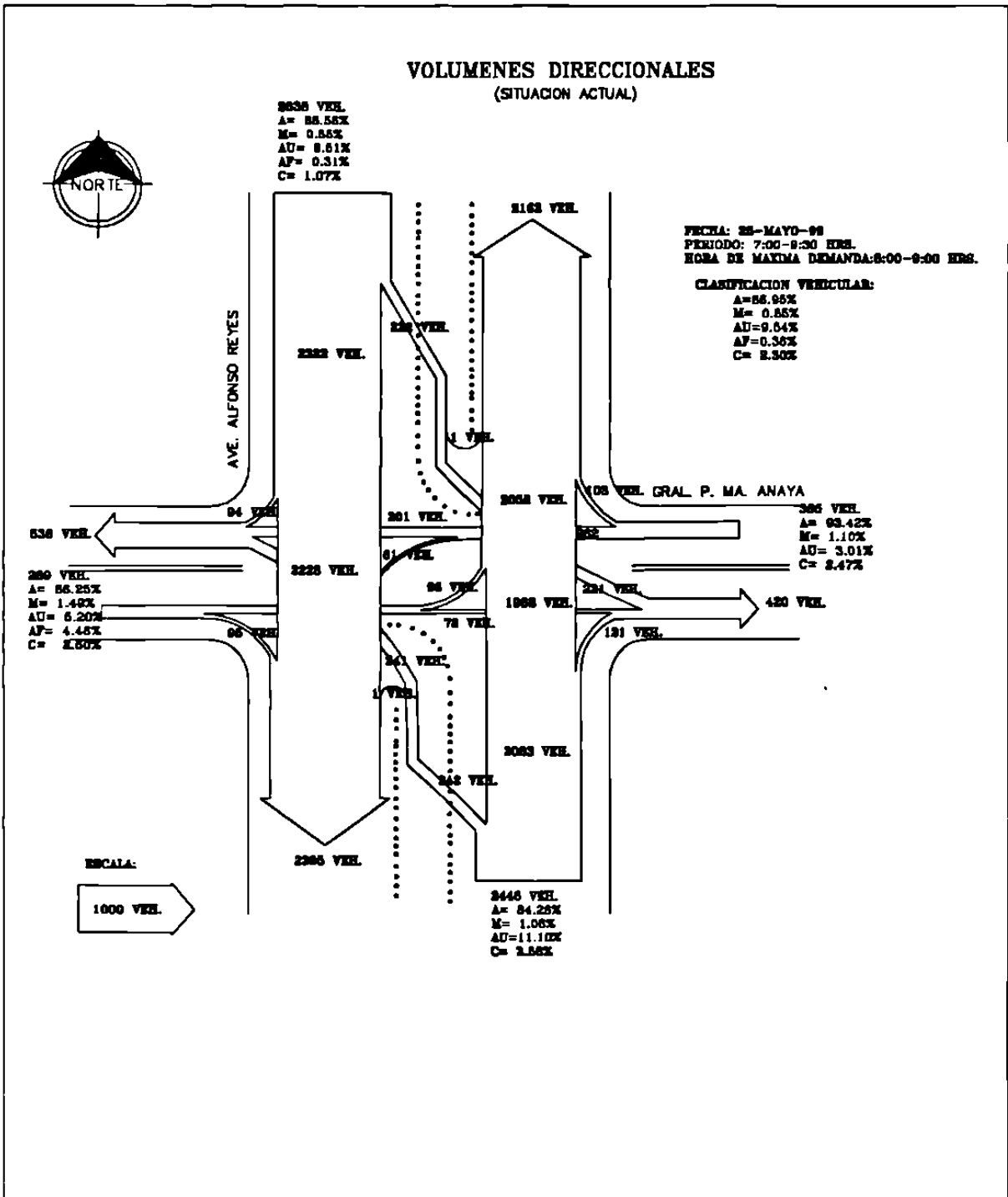


Figura 33. Volumenes Direccionales
 Av. Alfonso Reyes con General Pedro Anaya, Monterrey, NL

Intervenciones: Av. Alfonso Reyes con General Pedro Anaya
 Periodo: 7:00 A: 9:30 Hrs
 Intervalos de: 0:15 Horas Fecha: 7/03/99

LEVANTAMIENTO GEOMETRICO
(SITUACION ACTUAL)

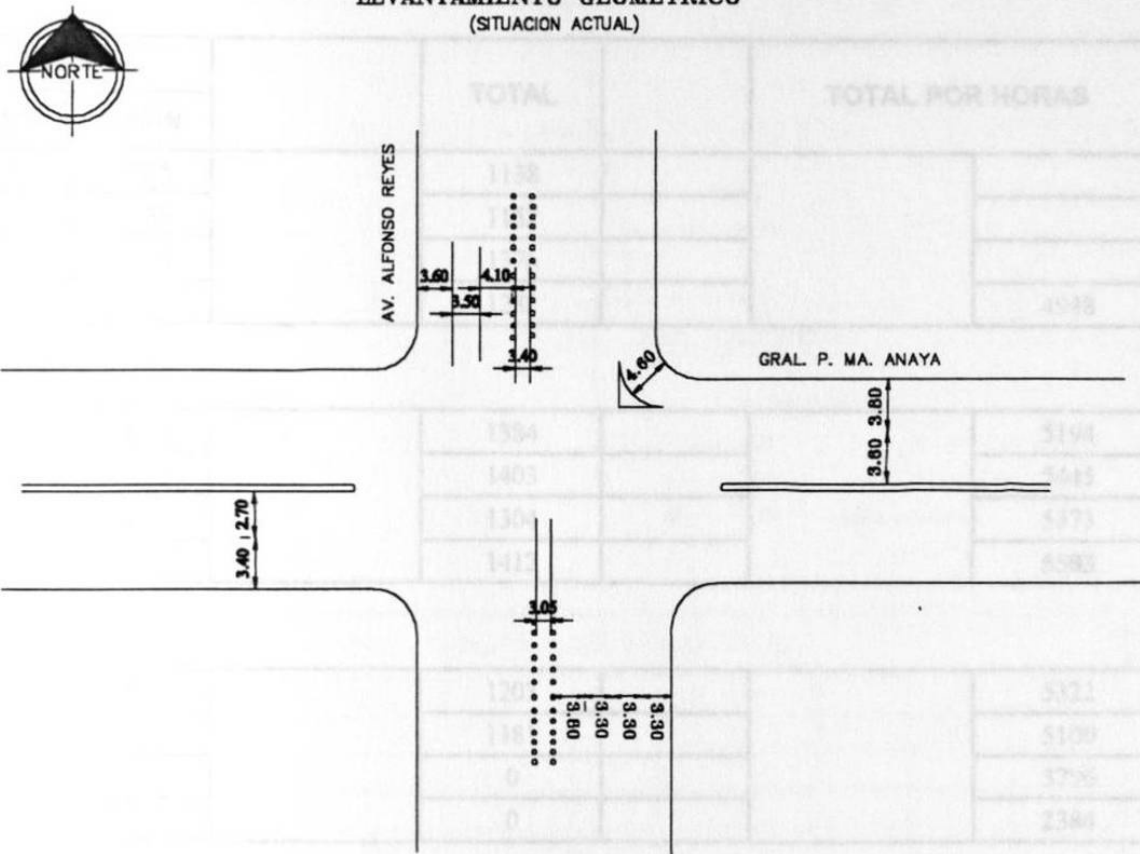


Figura 34. Levantamiento Geométrico:
 Av. Alfonso Reyes con Av. Gral Pedro Anaya, Monterrey, N.L.

TOTAL DE VEHICULOS: 9803

FACTOR HORA DE MAX. DEMANDA (FHMD): 0.97

HORA DE MAXIMA DEMANDA

Municipio: Monterrey
Intersección: Av. Alfonso Reyes con General Pedro Anava
Periodo: 7:00 **A:** 9:30 **Hrs**
Intervalos de: 0:15 **Horas** **Fecha:** 25/05/99

LAPSO			TOTAL		TOTAL POR HORAS	
H:MIN	H:MIN					
07:00	07:15		1138			
07:15	07:30		1152			
07:30	07:45		1376			
07:45	08:00		1282			4948

08:00	08:15		1384			5194
08:15	08:30		1403			5445
08:30	08:45		1304			5373
08:45	09:00		1412			5503

09:00	09:15		1203			5322
09:15	09:30		1181			5100
			0			3796
			0			2384

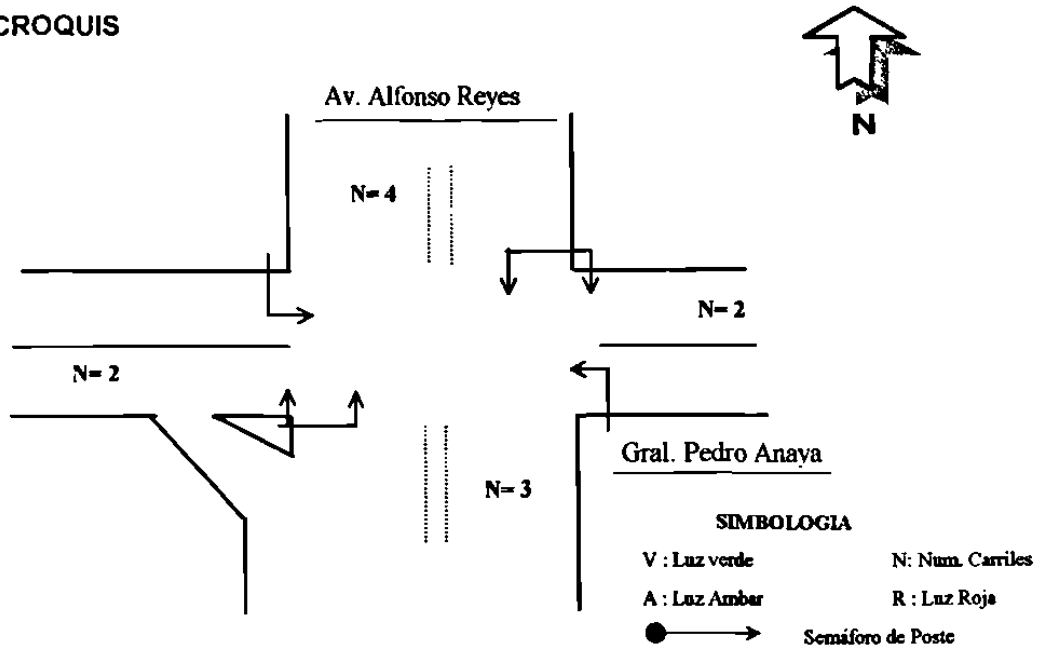
HORA DE MAX:	8:00	A	9:00
TOTAL DE VEHICULOS:	5503		
FACTOR HORA DE MAX. DEMANDA (FHMD):	0.97		

Figura 35. Resumen de Hora de Máxima Demanda

INVENTARIO DE SEMAFOROS

Intersección: Av. Alfonso Reyes con Gral. Anava **Fecha:** 23/07/99
Calle: General Pedro Anava **Y Hora de:** 8:00 a 9:00

CROQUIS



PROGRAMACION DE SEMAFOROS							
FASE 1	S-1	V	A	R			
		40	3				47
FASE 2	S-2	V	A	R			
		17	3				70
FASE 3	S-3	V	A	R			
		24	3				63
FASE 4	S-4	V	A	R			
TRASLAPE DE FASE		CICLO : 90 SEG					
TRASLAPE DE FASE							

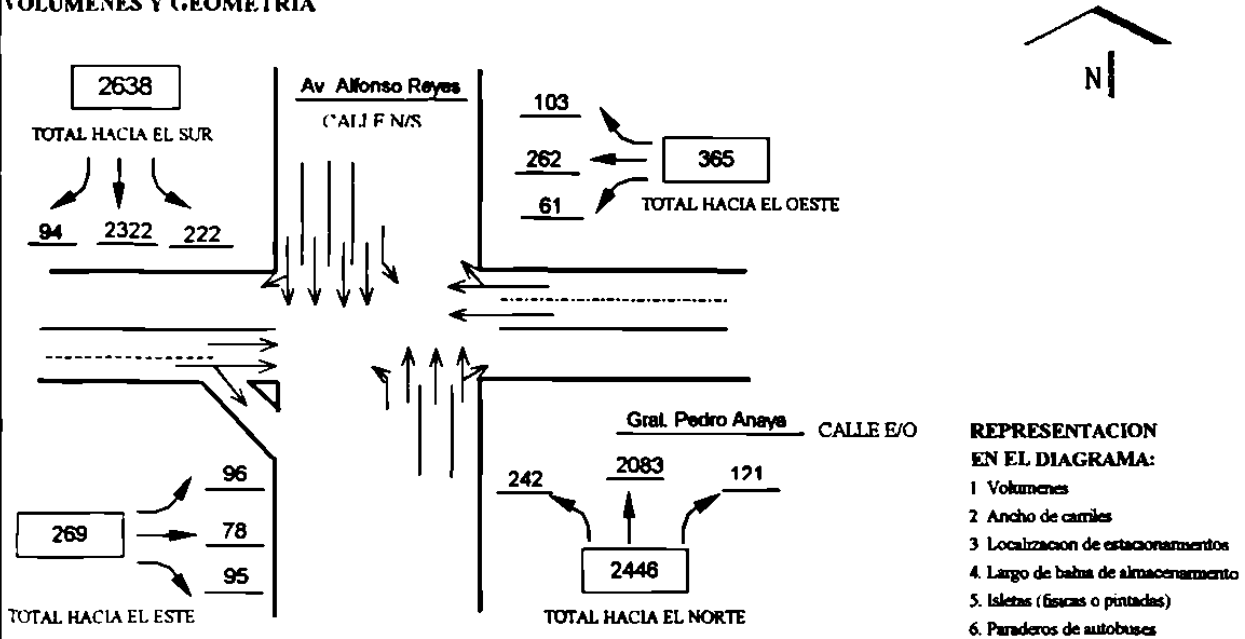
Figura 36. Inventario de Semáforos para Ejemplo 1 y 2.

HOJA DE TRABAJO

MODULO DE ENTRADA

Intersección : Av. Alfonso Reyes con Gral. Pedro Anaya Fecha : 05-08-99
 Analista: Gabriel A. Castro E. Periodo de Tiempo: 8:00 a 9:00 hrs. Tipo de Area: Centro_X_Otro
 Proyecto: Evaluacion de Interseccion (Utilizando $f_{LT} = 0.95$) Ciudad/Estado : Monterrey, NL

VOLUMENES Y GEOMETRIA



CONDICIONES DE TRANSITO Y EL CAMINO

Direccion	Pend.	%Hv	Carac. de Estac.		Autobuses (N _a)	FHMD	Cruce Conflic. (peat./hr)	Control para Peatones		Tipo de Llegada
			S o N	N _m				S o N	Tiempo Min.	
Hacia E	0	14	N	-	0	0.97	50	N	14	3
Hacia O	0	7	N	-	0	0.97	50	N	14	3
Hacia N	0	16	N	-	100	0.97	50	N	27	3
Hacia S	0	11	N	-	100	0.97	50	N	27	3

Pendiente : ascendente y (-) descendente
 Hv Vehículos pesados
 N_m Maniobras de estacionamiento/hr
 N_a Paradas de autobuses
 FHMD Factor horario de max. demanda
 Cruce Conflic. Conflictos peatonales con las vueltas derechas/hr
 Tiempo Min. Verde minimo para el cruce peatonal
 Tipo de Llegada Tipos del 1 al 6

FASFS

DIAGRAMAS	Fase 1	Fase 2	Fase 3				
Tiempos	V - 40 seg. A - R 3 seg.	V 17 seg. A - R 3 seg.	V - 24 seg. A - R = 3 seg.	V -	V =	V -	V -
Fijo o Actuado	F			A + R -	A + R -	A + R	A + R -
Vueltas protegidas	→	→	→	Peatones	-----	Longitud del ciclo	90 seg.

Figura 37. Módulo de Entrada para el Ejemplo 1 de Aplicación Utilizando el Factor de Ajuste $f_{LT} = 0.95$

HOJA DE TRABAJO

MODULO DE FLUJO DE SATURACION







GRUPOS DE CARRILES		FACTORES DE AJUSTE										
① Direcc.	② Movimientos de lo grupos de carriles	③ Flujo de saturación ideal (v/h/carr.)	④ No. de carriles N	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
				Ancho de carril	Vehículos Pesados	Pendiente	Estacionam.	Bloqueo por parada de autobuses	Tipo de área	Vuelta derecha	Vuelta izquierda	Ajuste del valor de saturación
				f_w tabla 5	f_{vp} tabla 6	f_g tabla 7	f_p tabla 8	f_{bb} tabla 9	f_a tabla 10	f_{rT} tabla 12	f_{lT} tabla 13	s (vphg)
RUMBO AL ESTE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2050	2	1.00	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.63	2179
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUMBO AL OESTE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2050	2	0.93	0.93	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.81	2893
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUMBO AL NORIE		2050	1	0.93	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1567
		2050	3	0.97	0.86	1.00	1.00	0.87	1.00	0.99	1.00	4419
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUMBO AL SUR		2050	1	0.97	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1696
		2050	4	1.00	0.90	1.00	1.00	0.87	1.00	1.00	1.00	6380
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 39. Módulo de Ajuste de Saturación para el Ejemplo 1 de Aplicación
Utilizando el Factor de Ajuste $f_{lT} = 0.95$

HOJA DE TRABAJO
HOJA SUPLEMENTAL PARA VUELTA IZQUIERDA PERMITIDA
FACTOR DE AJUSTE f_{LT}

ACCESO	RE	RO	RN	RS
Longitud del ciclo, C	90	90	-	-
Tiempo de verde, G	24	24	-	-
Tiempo efectivo de verde, g	24	24	-	-
Verde efectivo del flujo opuesto, g_o	24	24	-	-
Número de carriles en el grupo, N	2	2	-	-
Número de carriles en el flujo opuesto, N_o	2	2	-	-
Flujo ajustado de vuelta izquierda, V_{LT}	99	63	-	-
Proporción de vuelta en el grupo de carriles, P_{LT}	0.42	0.19	-	-
Flujo ajustado opuesto, V_o	350	248	-	-
Tiempo perdido por pase, t_L	3	3	-	-
Vueltas a la izquierda por ciclo: $LTC = V_{LT} * C / 3600$	2.47	1.58	-	-
Flujo opuesto por carril, por ciclo: $V_{oic} = V_o C / (3600 N_o)$	4.38	3.10	-	-
Relación de flujo opuesto, R_{PO} (tabla 2)	1	1	-	-
Relación $g_r = G \exp(-0.822 LTC^{0.717}) - t_L$, $g_r \leq g$	1.43	4.07	-	-
Relación de la fila en sentido opuesto: $q_{ro} = 1 - R_{PO} (g_o / C)$	0.73	0.73	-	-
Relación g_q usando la ecuación: $R_q = \frac{V_{oic} * q_{ro}}{0.5 - \left[\frac{V_{oic} (1 - q_{ro})}{g_o} \right]} - t_L$	4.11	1.88	-	-
Calcular: g_u $g_u = g - g_q$ si $g_q \geq g_r$ $g_u = g - g_r$ si $g_q < g_r$	19.89	19.93	-	-
Calcular: $f_s = (875 - 0.625 V_o) / 1000$, $f_s \geq 0$	0.66	0.72	-	-
Calcular $P_L = P_{LT} [1 + \{(N-1)g / (f_s g + 4.5)\}]$	0.99	0.43	-	-
Relación E_{L1} (tabla 13a)	2.82	2.26	-	-
Calcular: $f_{mn} = 2(1+P_L)/g$	0.17	0.12	-	-
Calcular $f_m = [g_r / g] + [g_u / g] [1 / \{1 + P_L (E_{L1} - 1)\}]$ $\min = f_{mn}$, $\max = 1.00$	0.35	0.71	-	-
Calcular $f_{LT} = [f_m + 0.91 (N-1)] / N$	0.63	0.81	-	-

*Para vuelta permitida, si existe un carril exclusivo de vuelta izquierda, entonces, $f_{LT} = f_m$

Figura 40. Hoja Suplemental para Vuelta Izquierda para el Ejemplo 1 de Aplicación
 Utilizando el Factor de Ajuste $f_{LT} = 0.95$

HOJA DE TRABAJO								
MODULO DE ANALISIS DE CAPACIDAD								
GRUPOS DE CARRILES		3	4	5	6	7	8	9
1	2	Valor de flujo ajustado para cada grupo de carril v (vph)	Ajuste del valor de saturación s (vphg)	Relación de flujo v/s entre 3 y 4	Relación de verde g/C	Capacidad para grupo de carriles c (vph) 4 por 8	Relación v/c X 3 entre 7	Grupo de carriles críticos ?
RUMBO AL ESTE		-	-	-	-	-	-	-
		248	2179	0.114	0.267	581	0.427	
		-	-	-	-	-	-	-
RUMBO AL OESTE		-	-	-	-	-	-	-
		360	2893	0.121	0.267	771	0.454	0.121
		-	-	-	-	-	-	-
RUMBO AL NORTE		249	1567	0.159	0.189	296	0.841	0.159
		2445	4419	0.553	0.444	1964	1.245	0.553
		-	-	-	-	-	-	-
RUMBO AL SUR		229	1696	0.135	0.189	320	0.715	-
		2697	6380	0.423	0.444	2836	0.951	-
		-	-	-	-	-	-	-

Longitud del Ciclo, 90 seg. $(v/s)_c =$ 0.833 Tiempo perdido por ciclo, L = 9 seg.

X_i (crítico) = $\sum (v/s)_c * [C / (C - L)] = 0.926$ $C_{sat} = L * X_c / [X_c - \sum (v/s)_c]$

$g = (v/s)_c * (C / X_i)_c$

Figura 41. Módulo de Análisis de Capacidad para el Ejemplo 1 de Aplicación Utilizando el Factor de Ajuste $f_{LT} = 0.95$

HOJA DE TRABAJO												
MODULO DE NIVEL DE SERVICIO												
GRUPOS DE CARRILES		Primera Demora				Segunda Demora				Demora Total y N.S.		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Direcc.	Movimientos de lo grupos de carriles	Relación v/c X	Relación de verde g/C	Longitud del ciclo (C) seg	Demora d1 (seg/veh)	Capacidad de grupos de carriles c (vph)	Demora d2 (seg/veh)	Factor de ajuste por sincronía PF Tabla 11	Demora por grupos de carriles (seg/veh) $(6+8) \times (9)$	N.S Grupo de Carriles Tabla 1	Aprox. Demora de conjunto (seg/veh)	Aprox. N.S. Tabla 1
RUMBO AL ESTE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0.427	0.267	90	20.80	581	0.30	1.00	21.10	C	21.10	C
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUMBO AL OESTE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0.454	0.267	90	20.90	771	0.30	1.00	21.20	C	21.20	C
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUMBO AL NORTE		0.841	0.189	90	26.80	296	13.10	1.00	39.90	D	*	*
		1.245	0.444	90	*	1964	*	1.00	*	*	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUMBO AL SUR		0.715	0.189	90	26.01	320	5.00	1.00	31.00	D	24.90	C
		0.951	0.444	90	18.30	2836	6.10	1.00	24.40	C	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Demora en la Intersección: _____ * _____ seg/veh. N.S. en la Intersección: _____ *

$$d_1 = 0.38 C \frac{[1 - (g/C)]^2}{[1 - (g/C)(X)]}$$

$$d_2 = 173 X^{0.2} [(X-1) + \{ (X-1)^2 + (16 X / c) \}^{1/2}]$$

$$d_A = \text{sumatoria } d_i \cdot v_i / \text{sumatoria } v_i$$

Nota: (*) Las demoras y los niveles de servicio no se enlistan cuando v/c es mayor que 1.2 o mayores 1/PHF

Figura 42. Módulo de Nivel de Servicio para el Ejemplo 1 de Aplicación Utilizando el Factor de Ajuste $f_{LT} = 0.95$

IX.2 Cálculo de la Capacidad Utilizando el Factor de Ajuste por Vuelta Izquierda Obtenido en Campo

En el análisis de capacidad del ejemplo 2, se utiliza el factor de ajuste de 0.90 que se obtuvo en campo para la vuelta izquierda en carril exclusivo con fase protegida.

Ahora se aprecia cuáles son los grupos de carriles críticos, es decir los de mayor relación v/s en cada acceso. La relación de la suma de carriles críticos 0.843, es decir:

$$\Sigma (v/s)_{\text{críticos}} = 0.121 + 0.169 + 0.553 = 0.843$$

La relación v/c crítica (X_c) para la intersección considera sólo los grupos de carriles o accesos que tienen el mayor valor de flujo (v/s) para una fase dada, esta relación se define con la siguiente formula:

$$X_c = \frac{\Sigma(v/s)C}{C-L} \qquad X_c = \frac{0.843(90)}{90-9} \qquad X_c = 0.937$$

En esta ecuación se evalúa la intersección en forma general en relación con su geometría y a la duración del ciclo.

$$X_c = 0.937 < 1.00$$

Una relación de $X_c < 1.00$ indica que todos los movimientos pueden ser acomodados dentro del ciclo y las secuencia de sus fases, distribuyendo adecuadamente los tiempos de luz verde.

Los niveles de servicio están definidos en términos de la demora, siendo esta una medida que refleja la molestia y la frustración del conductor, el consumo extra de combustible y la pérdida de tiempo del viaje.

La demora uniforme d_1 , cuantifica la demora que ocurre si la demanda de llegada en el grupo de carriles en estudio está uniformemente distribuida en el tiempo.

$$d_1 = \frac{0.38C(1 - g/C)^2}{[1 - (g/C)X]} \quad (13)$$

$$d_1 (RE_{IFD}) = 0.38(90)(1 - 0.267)^2 / [1 - (0.267)0.427] = 20.8 \text{ seg/veh}$$

$$d_1 (RO_{IFD}) = 0.38(90)(1 - 0.267)^2 / [1 - (0.267)0.454] = 20.9 \text{ seg/veh}$$

$$d_1 (RN_i) = 0.38(90)(1 - 0.189)^2 / [1 - (0.189)0.893] = 27.1 \text{ seg/veh}$$

$$d_1 (RN_{FD}) = 0.38(90)(1 - 0.444)^2 / [1 - (0.444)1.245] = *$$

$$d_1 (RS_i) = 0.38(90)(1 - 0.189)^2 / [1 - (0.189)0.753] = 26.2 \text{ seg/veh}$$

$$d_1 (RS_{FD}) = 0.38(90)(1 - 0.444)^2 / [1 - (0.444)0.951] = 18.3 \text{ seg/veh}$$

En estas ecuaciones permiten resultados para los valores de X entre 0.00 y 1.00. Cuando ocurre una sobresaturación por grandes períodos (mayores de 15 minutos), es difícil estimar la demora exacta.

Tal como se muestra (*) en la demora d_1 (RN_{FD}) donde la relación $v/c(X)=1.245$ es mayor; que 1.2 o mayor que $1/FHMD$ (1.03) cuando ocurre este tipo de situaciones no es recomendable calcular la demora.

La demora d_2 cuantifica el incremento de la demora de las llegadas aleatorias sobre las llegadas uniformes y por la demora adicional debido a las fallas del ciclo, la ecuación es la siguiente:

$$d_2 = 173X^2 \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + (16X_c)} \right] \quad (14)$$

$$d_2 (RE_{IFD}) = 0.30 \text{ seg/veh}$$

$$d_2 (RO_{IFD}) = 0.30 \text{ seg/veh}$$

$$d_2 (RN_I) = 19.8 \text{ seg/veh}$$

$$d_2 (RN_{FD}) = *$$

$$d_2 (RS_I) = 6.9 \text{ seg/veh}$$

$$d_2 (RS_{FD}) = 6.1 \text{ seg/veh}$$

Tal como se muestra (*) demora d_2 (RN_{FD}) donde la relación $v/c(X)=1.245$ es mayor; que 1.2 o mayor que $1/FHMD$ (1.03) cuando ocurre este tipo de situaciones no es recomendable calcular la demora.

La demora promedio por parada por vehículo para el grupo de carriles en seg/veh. Se encuentra mediante:

$$d = d_1 + d_2$$

$$d (RE_{IFD}) = 20.8 + 0.30 = 21.1 \text{ seg/veh} \Rightarrow \text{Nivel de Servicio "C"}$$

$$d (RO_{IFD}) = 20.9 + 0.30 = 21.2 \text{ seg/veh} \Rightarrow \text{Nivel de Servicio "C"}$$

$$d (RN_I) = 27.1 + 19.8 = 46.9 \text{ seg/veh} \Rightarrow \text{Nivel de Servicio "E"}$$

$$d (RN_{FD}) = *$$

$$d (RS_I) = 26.2 + 6.9 = 33.1 \text{ seg/veh} \Rightarrow \text{Nivel de Servicio "D"}$$

$$d (RS_{FD}) = 18.3 + 6.1 = 24.4 \text{ seg/veh} \Rightarrow \text{Nivel de Servicio "C"}$$

Tal como se muestra (*) demora $d (RN_{FD})$ donde la relación $v/c(X)=1.245$ es mayor; que 1.2 o mayor que $1/FHMD (1.03)$ cuando ocurre este tipo de situaciones no es recomendable calcular la demora y el nivel de servicio.

La estimación de la demora promedio por conjunto (acceso):

$$DemAcceso = \frac{\sum (Demora)(Vol.Ajustado)}{\sum (Vol.Ajustado)}$$

$$d (RE_{IFD}) = 21.1 \text{ seg/veh} \Rightarrow \text{Nivel de Servicio "C"}$$

$$d (RO_{IFD}) = 21.2 \text{ seg/veh} \Rightarrow \text{Nivel de Servicio "C"}$$

$$d (RN_{IFD}) = *$$

$$d (RS_{IFD}) = 25.1 \text{ seg/veh} \Rightarrow \text{Nivel de Servicio "D"}$$

Tal como se muestra (*) demora d (RN_{IFD}) donde la relación $v/c(X)=1.245$ es mayor; que 1.2 o mayor que $1/FHMD$ (1.03) cuando ocurre este tipo de situaciones no es recomendable calcular la demora y el nivel de servicio.

La demora media por vehículo en toda la intersección se calcula, como la media ponderada de los valores de cada acceso:

$$\text{Dem. Media Intersección} = \frac{\sum(d_A * v_A)}{\sum v_A}$$

Las ecuaciones 13 y 14, proporcionan resultados razonables para los valores X entre 0.00 y 1.00. Cuando se produce la sobre saturación durante largos periodos (mayores de 15 minutos), es difícil estimar la demora con exactitud, pues las filas pueden excederse hasta alcanzar las intersecciones adyacentes.

Las ecuaciones pueden utilizarse para valores de $v/c(X)$ de hasta 1.2 o $1/FHMD$, pero no se recomienda para valores superiores a lo establecido anteriormente.

Al no recomendarse valores mayores de 1.2 o $1/FHMD$, para la intersección le corresponde a esta un nivel de servicio "F", podemos observar que el acceso crítico es el que va Rumbo al Norte (RN) ya que su relación $v/c(X) = 1.245$, es decir sobre pasa la capacidad.

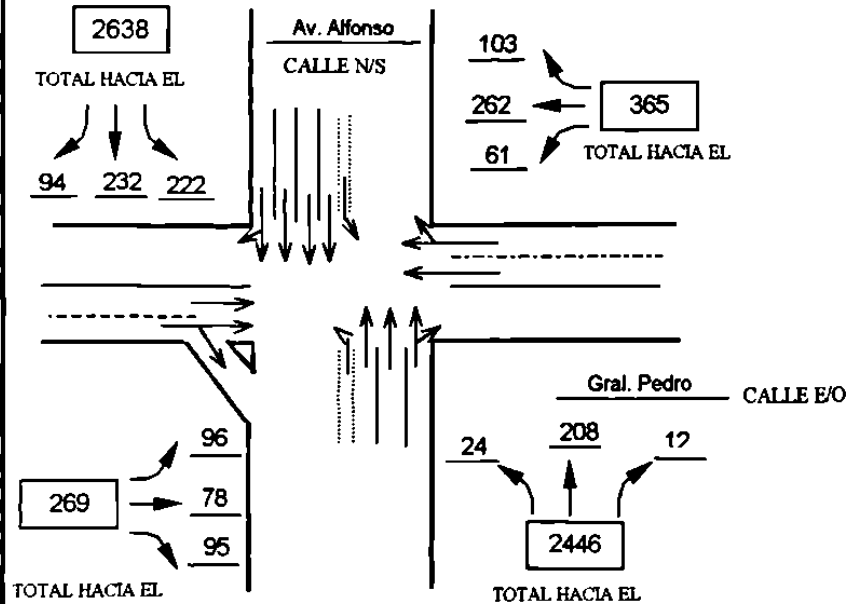
De esta manera la demora y el nivel de servicio de la Intersección no se recomienda (*) y por lo tanto le corresponde un nivel de servicio "F".

HOJA DE TRABAJO

MODULO DE ENTRADA

Intersección : Av. Alfonso Reyes con Gral. Pedro Anaya Fecha : 05-08-99
 Analista: Gabriel A. Castro E. Periodo de Tiempo: 8:00 a 9:00 hrs. Tipo de Area: Centro_X_Otro
 Proyecto: Evaluación de Intersección (Utilizando $f_{LT} = 0.90$) Ciudad/Estado : Monterrey, NL

VOLUMENES Y GEOMETRIA



REPRESENTACION EN EL DIAGRAMA:

- 1 Volúmenes
- 2 Ancho de carriles
- 3 Localización de estacionamientos
- 4 Largo de bahía de almacenamiento
- 5 Isletas (físicas o pintadas)
- 6 Paraderos de autobuses

CONDICIONES DEL TRANSITO Y EL CAMINO

Dirección	Pend.	%Hv	Carac. de Estac.		Autobuses (Ns)	FHMD	Cruce Conflíc. (peat./hr)	Control para Peatones		Tipo de Llegada
			S o N	N _m				S o N	Tiempo Min.	
Hacia E	0	14	N	-	0	0.97	50	N	14	3
Hacia O	0	7	N	-	0	0.97	50	N	14	3
Hacia N	0	16	N	-	100	0.97	50	N	27	3
Hacia S	0	11	N	-	100	0.97	50	N	27	3

Pendiente: (+) ascendente y (-) descendente FHMD : Factor horario de máx. demanda
 Hv : Vehículos pesados Cruce Conflíc: Conflictos peatonales con las vueltas derechas/hr.
 N_m : Manobras de estacionamiento/hr Tiempo Min.: Verde mínimo para el cruce peatonal
 N_s : Paradas de autobuses Tipo de Llegada : Tipos del 1 al 6.

FASES

DIAGRAMAS	Fase 1	Fase 2	Fase 3				
Tiempos	V 40 seg. A + R 3 seg.	V 17 seg. A + R 3 seg.	V 24 seg. A + R 3 seg.	V -	V -	V -	V
Fijo o Actuado	F			A + R -	A + R =	A + R	A + R
Vueltas protegidas	-----	-----	-----	Peatones	-----	-----	Longitud del ciclo 90 seg.

Figura 43. Módulo de Entrada para el Ejemplo 2 de Aplicación Utilizando el Factor de Ajuste $f_{LT} = 0.90$







HOJA DE TRABAJO										
MODULO DE AJUSTE DE VOLUMENES										
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
Direcc.	Mov.	Mov. Volumen (vph)	Factor horario de máxima demanda	Valor de Flujo (vph) <small>③ \times ④</small>	Grupos de carriles	Valor de flujo para los grupo de carriles v_s (vph)	Numero de carriles N	Factor de utilización de carriles U tabla 4	Valor de flujo ajustado para cada grupo de carril v (vph) <small>⑦ por ⑧</small>	Porcentajes de VI o VD P_{VI} O P_{VD}
RUMBO AL ESTE	VI	96	0.97	99	-	-	-	-	-	0.42
	DF	78	0.97	80		236	2	1.05	248	-
	VD	95	0.97	57	-	-	-	-	-	0.24
RUMBO AL OESTE	VI	61	0.97	63	-	-	-	-	-	0.19
	DF	262	0.97	270		333	2	1.05	350	-
	VD	103	0.97	0	-	-	-	-	-	0.00
RUMBO AL NORTE	VI	242	0.97	249		249	1	1	249	1.00
	DF	2083	0.97	2147		2223	3	1.10	2445	0.00
	VD	121	0.97	76	-	-	-	-	-	-
RUMBO AL SUR	VI	222	0.97	229		229	1	1.00	229	1.00
	DF	2322	0.97	2394		2452	4	1.10	2697	0.00
	VD	94	0.97	58	-	-	-	-	-	0.02

Figura 44. Módulo de Ajuste de Volúmenes para el Ejemplo 2 de Aplicación Utilizando el Factor de Ajuste $f_{LT} = 0.90$







HOJA DE TRABAJO												
MODULO DE FLUJO DE SATURACION												
GRUPOS DE CARRILES				FACTORES DE AJUSTE								
① Direcc	② Movimientos de lo grupos de carriles	③ Flujo de saturacion ideal (v/hg/carr)	④ No de carriles N	⑤ Ancho de carril	⑥ Vehiculos Pesados	⑦ Pendiente	⑧ Estacionam	⑨ Bloqueo por parada de autobuses	⑩ Tipo de área	⑪ Vuelta derecha	⑫ Vuelta izquierda	⑬ Ajuste del valor de saturacion s (vphg)
				f_w tabla 5	f_{vp} tabla 6	f_p tabla 7	f_p tabla 8	f_{bb} tabla 9	f_a tabla 10	f_{rT} tabla 12	f_{lT} tabla 13	
RUMBO AL ESTE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2050	2	1.00	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.63	2179
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUMBO AL OESTE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2050	2	0.93	0.93	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.81	2893
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUMBO AL NORTE		2050	1	0.93	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	1476
		2050	3	0.97	0.86	1.00	1.00	0.87	1.00	0.99	1.00	4419
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUMBO AL SUR		2050	1	0.97	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	1611
		2050	4	1.00	0.90	1.00	1.00	0.87	1.00	1.00	1.00	6380
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 45. Módulo de Ajuste de Saturación para el Ejemplo 2 de Aplicación Utilizando el Factor de Ajuste $f_{lT} = 0.90$

HOJA DE TRABAJO
HOJA SUPLEMENTAL PARA VUELTA IZQUIERDA PERMITIDA
FACTOR DE AJUSTE f_{LT}

ACCESO	RE	RO	RN	RS
Longitud del ciclo, C	90	90	-	-
Tiempo de verde, G	24	24	-	-
Tiempo efectivo de verde, g	24	24	-	-
Verde efectivo del flujo opuesto, g_o	24	24	-	-
Número de carriles en el grupo, N	2	2	-	-
Número de carriles en el flujo opuesto, N_o	2	2	-	-
Flujo ajustado de vuelta izquierda, V_{LT}	99	63	-	-
Proporción de vuelta en el grupo de carriles, P_{LT}	0.42	0.19	-	-
Flujo ajustado opuesto, V_o	350	248	-	-
Tiempo perdido por pase, t_L	3	3	-	-
Vueltas a la izquierda por ciclo: $LTC = V_{LT} * C / 3600$	2.47	1.58	-	-
Flujo opuesto por carril, por ciclo: $V_{olc} = V_o C / (3600 N_o)$	4.38	3.10	-	-
Relación de flujo opuesto, R_{PO} (tabla 2)	1	1	-	-
Relación $g_r = G \exp(-0.822 LTC^{0.717}) - t_L$, $g_r \leq g$	1.43	4.07	-	-
Relación de la fila en sentido opuesto: $q_{ro} = 1 - R_{PO} (g_o / C)$	0.73	0.73	-	-
Relación g_q usando la ecuación: $g_q = \frac{V_{olc} * q_{ro}}{0.5 - \left[\frac{V_{olc} (1 - q_{ro})}{g_o} \right]} - t_L$	4.11	1.88	-	-
Calcular: g_u $g_u = g - g_q$ si $g_q \geq g_r$ $g_u = g - g_r$ si $g_q < g_r$	19.89	19.93	-	-
Calcular: $f_s = (875 - 0.625 V_o) / 1000$, $f_s \geq 0$	0.66	0.72	-	-
Calcular: $P_L = P_{LT} [1 + \{(N-1)g / (f_s g + 4.5)\}]$	0.99	0.43	-	-
Relación E_{L1} (tabla 13a)	2.82	2.26	-	-
Calcular: $f_{min} = 2(1+P_L)/g$	0.17	0.12	-	-
Calcular: $f_m = [g_r / g] + [g_u / g] [1 / (1 + P_L(E_{L1} - 1))]$ min = f_{min} ; max = 1.00	0.35	0.71	-	-
Calcular: $f_{LT} = [f_m + 0.91 (N-1)] / N$	0.63	0.81	-	-

*Para vuelta permitida, si existe un carril exclusivo de vuelta izquierda, entonces, $f_{LT} = f_m$

Figura 46. Hoja Suplemental para Vuelta Izquierda para el Ejemplo 2 de Aplicación
 Utilizando el Factor de Ajuste $f_{LT} = 0.90$

HOJA DE TRABAJO								
MÓDULO DE ANÁLISIS DE CAPACIDAD								
GRUPOS DE CARRILES		3	4	5	6	7	8	9
1 Direcc.	2 Movimientos de lo grupos de carriles	Valor de flujo ajustado para cada grupo de carril v (vph)	Ajuste del valor de saturación s (vphg)	Relación de flujo v/s entre 3 y 4	Relación de verde g/C	Capacidad para grupo de carriles c (vph) por 4 y 6	Relación v/c X entre 3 y 7	Grupo de carriles críticos ?
RUMBO AL ESTE		-	-	-	-	-	-	-
		248	2179	0.114	0.267	581	0.427	
		-	-	-	-	-	-	-
RUMBO AL OESTE		-	-	-	-	-	-	-
		350	2893	0.121	0.267	771	0.454	0.121
		-	-	-	-	-	-	-
RUMBO AL NORTE		249	1476	0.169	0.189	279	0.893	0.169
		2445	4419	0.553	0.444	1964	1.245	0.553
		-	-	-	-	-	-	-
RUMBO AL SUR		229	1611	0.142	0.189	304	0.753	-
		2697	6380	0.423	0.444	2836	0.951	-
		-	-	-	-	-	-	-

Longitud del Ciclo, 90 seg. (v/s)_a = 0.8 Tiempo perdido por ciclo, L = 9 seg.

X_i (crítico) = $\sum (v/s) * [C / (C - L)] = 0.937$ $c_{min} = L * X_c / [X_c \sum (v/s)_c]$

$g = (v/s)_i * (C / X_i)_c$

Figura 47. Módulo de Análisis de Capacidad para el Ejemplo 2 de Aplicación Utilizando el Factor de Ajuste $f_{LT} = 0.90$

IX.3 Comparación de los resultados, ejemplo 1 y ejemplo 2

Las comparaciones que aquí se presentan se hacen con respecto al carril exclusivo de vuelta izquierda más desfavorable, puesto que se presentaron dos casos de vuelta izquierda exclusiva, tanto en el sentido hacia el sur como en el sentido hacia el norte de la intersección.

La comparación que se muestra en la tabla inferior es la del carril exclusivo de vuelta izquierda en el sentido norte, ya que en éste, se presentaron las condiciones críticas de la fase para vuelta izquierda.

Carril Exclusivo Para Vuelta Izquierda	Factor de Ajuste por Vuelta Izquierda f_{LT}	Valor de Flujo Crítico v/s	Demora en el Acceso Rumbo al Norte seg/veh	Nivel de Servicio en el Acceso Rumbo al Norte
1	0.95 *	0.159	39.9	D
1	0.90 **	0.169	46.9	E

*** Manual de Capacidad Vial de E.E.U.U. (1994)**

**** Investigación**

En el sentido hacia el Sur de la intersección, el carril exclusivo de vuelta izquierda no presentó un cambio significativo en las demoras por grupo de carril y tampoco en el nivel de servicio. Ya que en este acceso no se presentó el valor de flujo crítico (v/s) que es el que determina la capacidad del acceso.

Los cálculos de los análisis de capacidad con el nuevo factor de ajuste de vuelta izquierda (**0.90**), para el sentido hacia el norte, da como resultado un nivel de servicio *menor* al obtenido con el valor de ajuste actualmente recomendado por el manual de capacidad de los Estados Unidos de Norte América, por tanto las demoras en los vehículos aumentan en aproximadamente en un 17.5% según la comparación. Este porcentaje que incrementa en las demoras es únicamente para este ejemplo (Av. Alfonso Reyes con la calle General Pedro Anaya). Y no es posible generalizar este resultado, ya que cada intersección varía de porcentaje en las demoras de acuerdo a sus características físicas, geométricas, sus condiciones de tránsito y sus tipos de control que estén operando.

Esto trae como consecuencia mayores complicaciones para el análisis operacional y el diseño de los tiempos de las fases de los semáforos, sin embargo, estos cálculos representan las condiciones prevalecientes del tránsito y de los usuarios de Monterrey y de su área Metropolitana.

X CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio de la Capacidad Vial está basado principalmente, en los estudios que se han realizado en los Estados Unidos de Norteamérica y cuyos resultados, son muy diferentes a los que imperan en nuestro país.

Como consecuencia de la realización de esta investigación, se propone modificar el valor de ajuste para las vueltas izquierdas con carril exclusivo con fase protegida, ya que esto afecta de manera muy significativa el análisis operacional y de diseño de las intersecciones semaforizadas. De no hacerlo, se seguirán cometiendo los mismos errores que se tienen en la actualidad.

De esta forma, podemos concluir de manera acertada que seguir utilizando el factor de ajuste para vuelta izquierda en carril exclusivo de 0.95 trae como consecuencia tener una visión equivocada de las situaciones que imperan en nuestras intersecciones semaforizadas, ya que se está trabajando con niveles de servicio errados.

Como se planteó al inicio de esta investigación, de comprobar la hipótesis, se obtendrán resultados satisfactorios para poder hacer una mejor toma de decisiones en los diseños y en los análisis de capacidad, además con estos resultados se podrán valorar de una manera más precisa los parámetros que influyen en el desarrollo del diseño de las intersecciones semaforizadas, tales como:

- Los tiempos de recorrido
- Las demoras por vehículos
- Los accidentes
- Las pérdidas horas / hombre
- Los índices de contaminación

Con la estimación de estos parámetros, el planificador o ingeniero tendrá las bases para la toma de decisiones, en los siguientes aspectos:

- Reordenamiento de los accesos
- Construcción y adecuación de los carriles exclusivos
- Diseño y mejora de las intersecciones en un nivel y en desniveles
- Diseño correcto de los tiempos de los semáforos
- Diseño y mejora de la iluminación
- Diseño y mejora del señalamiento vial
- Mejor Evaluación de los proyectos

Actualmente, el Manual de Capacidad Vial, no es una norma; pero define los niveles de servicio en una forma cuantitativa y cualitativa y no recomienda niveles mínimos de aceptabilidad, ya que esto dependerá de los recursos económicos de que se disponga. En un futuro, este Manual formará parte de las normas, tal como lo demandan los organismos y los especialistas en esta área.

XI BIBLIOGRAFIA

- U.S.A. National Research Council (1992)
Transportation Research Board
HIGHWAY CAPACITY MANUAL
Washington, D.C.
- U.S.A. National Research Council (1994)
Transportation Research Board
HIGHWAY CAPACITY MANUAL
Washington, D.C.
- López Vázquez José (1998)
DETERMINACION DEL MAXIMO VALOR DE FLUJO DE SATURACION EN
INTERSECCION SEMAFORIZADAS
Tesis de Maestría en Ingeniería de Tránsito
Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Gallegos López Rafael (1997)
INFLUENCIA DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO EN LA
CAPACIDAD VIAL EN CARRETERAS MULTICARRILES
Tesis de Maestría en Ingeniería de Tránsito
Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Rafael Cal y Mayor (1982)
INGENIERIA DE TRANSITO
México
Representaciones y Servicios de Ingeniería.
- Guido Radelat Egues (1992)
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION PARA INGENIEROS EN VIAS
Colombia.

- Asociación Mexicana de Caminos (1985)
MANUAL DE ESTUDIOS DE INGENIERIA DE TRANSITO
 México
 Representaciones y Servicios de Ingeniería.
- Rodolfo Aldape Cantú
 José Jalle Alarí
 Julio García Ramón (1979)
LOS SEMAFOROS Y EL CONTROL DINAMICO DEL TRANSITO
 México
 Representaciones y Servicios de Ingeniería.

- Antonio Valdés González - Roldan (1978)
INGENIERÍA DE TRAFICO
 Madrid
 Dossoat.

- John B. Kennedy
 Adam M. Neville (1982)
ESTADISTICA PARA LAS CIENCIAS E INGENIERIA
 México
 Harla.

- Oscar Robles Sánchez
APUNTES DE PROBABILIDAD Y ESTADISTICA
 Maestría en Ingeniería de Tránsito
 Universidad Autónoma de Nuevo León.

XII ANEXOS

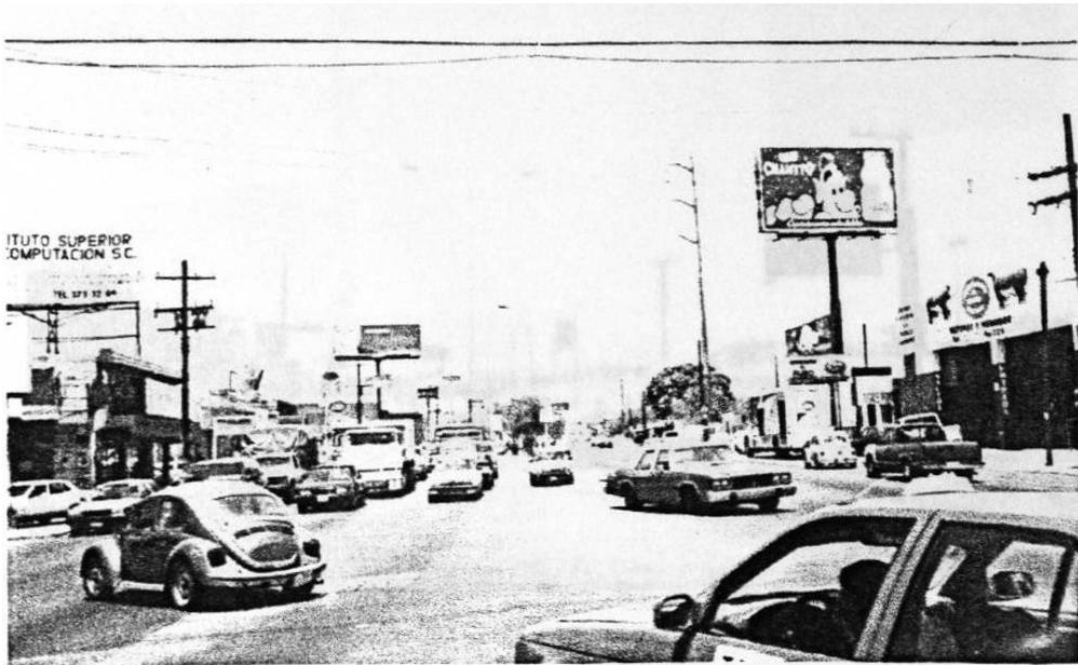
XII.1 Reporte Fotográfico



Figura 49. Vuelta Izquierda Exclusiva con Fase Protegida en la Intersección Av. Ruiz Cortines con Av. Felix U. Gómez



**Figura 50. Vuelta Izquierda Exclusiva con Fase Protegida en la Intersección
Av. Nogalar con Av. Republica Mexicana**



**Figura 51. Vuelta Izquierda Exclusiva con Fase Protegida en la Intersección
Av. Lincoln con Jaumave**



**Figura 52. Vuelta Izquierda Exclusiva con Fase Protegida en la Intersección
Av. Lincoln con Patrimonio Familiar**



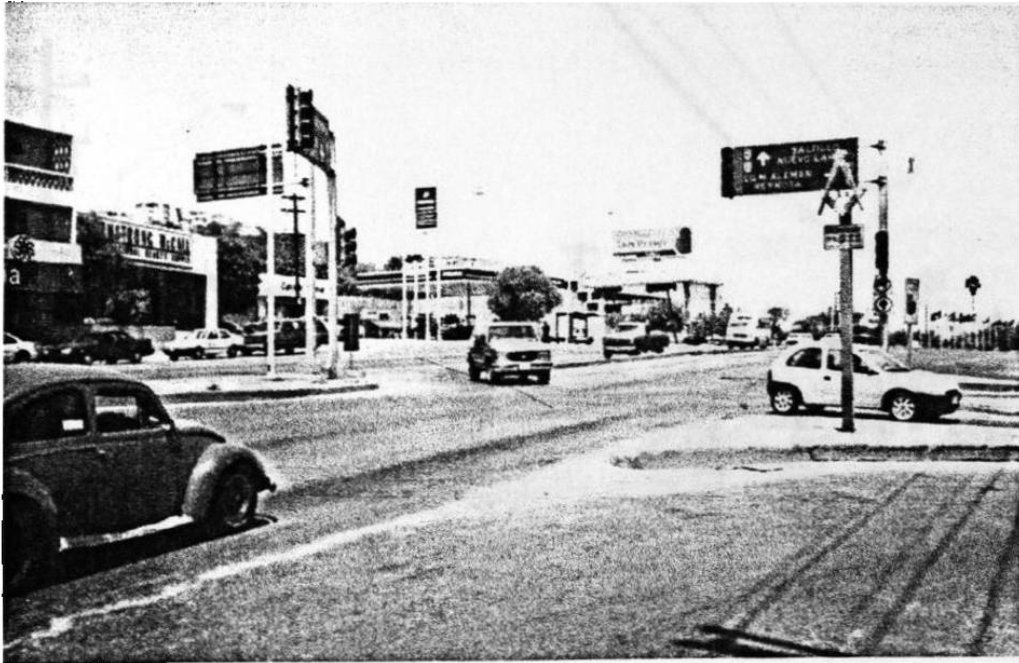
Figura 53. Vuelta Izquierda Exclusiva con Fase Protegida en la Intersección
Av. Lincoln con Av. Rangel Frías



**Figura 54. Vuelta Izquierda Exclusiva con Fase Protegida en la Intersección
Av. Gómez Morín con Av. Alfonso Reyes**



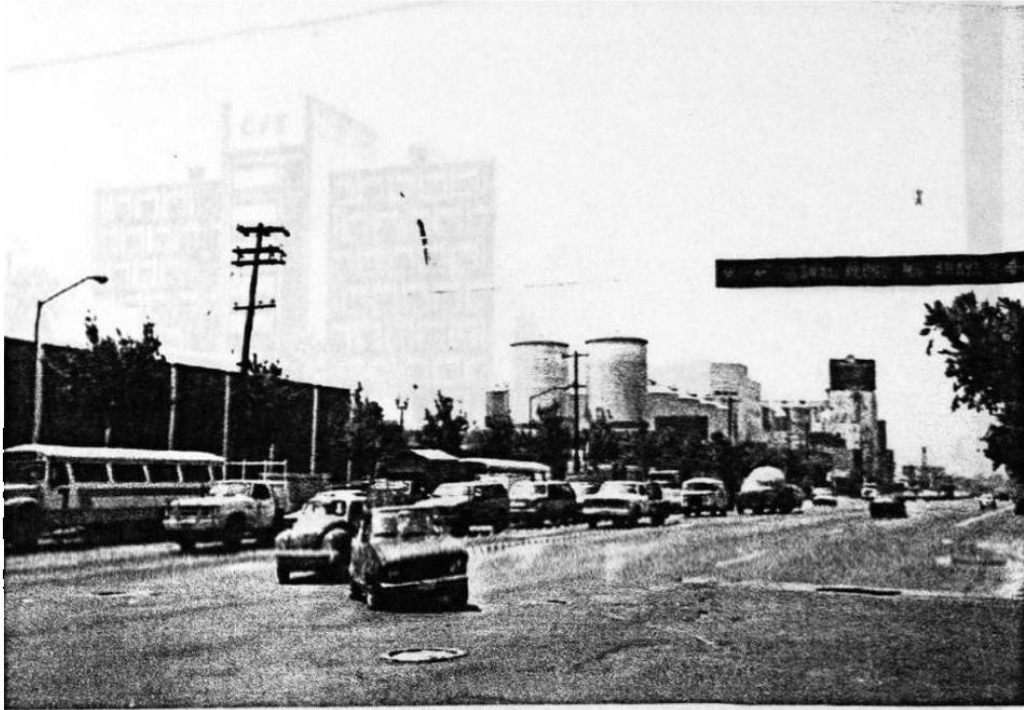
**Figura 55. Vuelta Izquierda Exclusiva con Fase Protegida en la Intersección
Av. Vasconcelos con Av. Santa Bárbara**



**Figura 56. Vuelta Izquierda Exclusiva con Fase Protegida en la Intersección
Av. Eugenio Garza Sada con Av. Revolución**



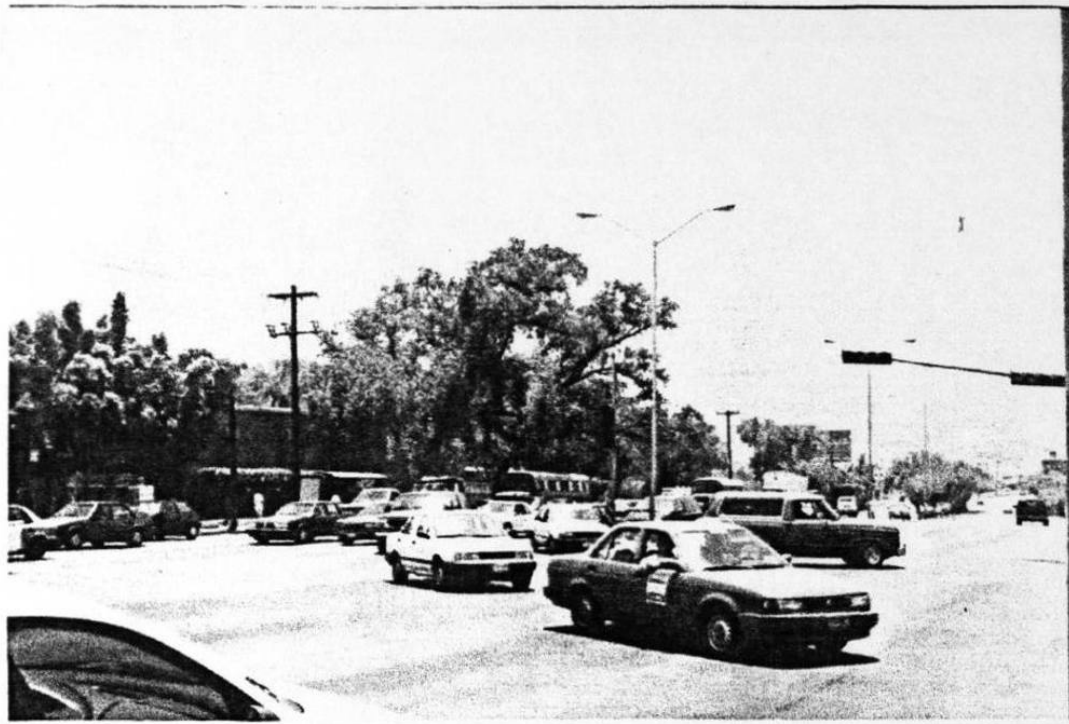
**Figura 57. Vuelta Izquierda Exclusiva con Fase Protegida en la Intersección
Av. Eugenio Garza Sada con 2 de Abril**



**Figura 58. Vuelta Izquierda Exclusiva con Fase Protegida en la Intersección
Av. Alfonso Reyes con General Pedro Anaya**



**Figura 59. Vuelta Izquierda Exclusiva con Fase Protegida en la Intersección
Av. Alfonso Reyes con Gral. Pedro Anaya**



**Figura 60. Vuelta Izquierda Exclusiva con Fase Protegida en la Intersección
Av. Revolución con Ricardo Covarrubias**

