

Tabla 17.- Continuación.

Intersección	Carril	Tiempo del 4to. Veh.	Tiempo del Ultimo Veh.	Número del Ultimo Veh.	Flujo de Saturación
Av. Lincoln con Rangel Frías	2	10	42	21	1913
	2	8	42	21	1800
	2	8	42	20	1694
	2	11	28	14	2118
	2	13	40	16	1600
	2	10	40	20	1920
	2	9	39	18	1680
	2	12	39	17	1733
	2	10	38	18	1800
	2	9	37	18	1800
Av. Lincoln con León XII	2	8	37	22	2234
	2	10	37	19	2000
	2	10	36	20	2215
	2	10	38	20	2057
	2	8	38	18	1680
	2	10	38	17	1671
	2	9	36	18	1867
	2	10	37	17	1733
	2	10	38	19	1929
	2	9	38	18	1738
	2	9	36	17	1733
	2	11	38	17	1733
	2	10	37	18	1867
	2	10	37	17	1733
	3	12	52	22	1620
	Av. Lincoln con Patrimonio Familiar	3	15	52	24
3		14	53	22	1662
3		17	52	22	1851
3		12	40	18	1800
	3	8	23	12	1920
Av. Nogalar con D. Díaz de Berlanga	3	12	24	10	1800
	3	10	23	12	2215
	3	9	24	12	1920
	3	6	24	14	2000
	3	9	24	12	1920
	3	8	24	13	2025
	3	7	22	12	1920
	3	10	22	10	1800
	3	12	23	9	1636

Tabla 17.- Continuación.

Intersección	Carril	Tiempo del 4to. Veh.	Tiempo del Ultimo Veh.	Número del Ultimo Veh.	Flujo de Saturación
Av. Nogalar con D. Díaz de Berlanga	3	7	24	12	1694
	3	9	24	12	1920
	3	9	24	12	1920
	3	8	24	14	2250
	3	13	24	10	1964
	3	10	24	12	2057
	3	11	23	11	2100
	3	9	24	12	1920
	3	11	24	12	2215
	3	9	24	11	1680
	3	11	24	12	2215
	3	7	24	12	1694
	3	10	24	11	1800
	3	10	24	11	1800
	3	12	24	11	2100
	3	9	24	12	1920
	3	11	24	11	1938
	3	8	24	13	2025
	3	10	24	12	2057
	3	10	24	12	2057
	3	9	24	13	2160
	3	9	24	13	2160
	3	10	24	11	1800
	3	9	24	12	1920
	3	14	24	10	2160
	3	10	24	12	2057
	3	10	24	12	2057
	3	9	24	13	2160
	3	10	24	12	2057
	3	10	24	11	1800
	3	9	20	10	1964
	3	11	26	13	2160
	3	10	26	13	2025
	3	13	25	10	1800
	3	13	26	10	1662
	3	10	26	13	2025
3	9	26	13	1906	
3	9	26	13	1906	

Tabla 17.- Continuación.

Intersección	Carril	Tiempo del 4to. Veh.	Tiempo del Ultimo Veh.	Número del Ultimo Veh.	Flujo de Saturación
Av. Nogalar con D. Díaz de Berlanga	3	11	26	13	2160
	3	11	26	12	1920
	3	9	27	13	1800
	3	10	26	12	1800
	3	9	27	13	1800
	3	10	26	12	1800
	3	9	25	14	2250
	3	12	26	12	2057
	3	9	26	13	1906
	3	11	26	11	1680
	3	9	26	13	1906
	3	9	26	12	1694
	3	8	26	14	2000
	3	10	26	12	1800
	3	10	26	13	2025
	3	12	24	10	1800
	3	12	26	12	2057
	3	10	26	12	1800
	3	9	26	13	1906
	3	9	25	13	2025
	3	9	26	13	1906
	3	10	26	13	2025
	3	10	26	14	2250
	3	12	24	11	2100
	3	10	26	13	2025
	3	10	26	14	2250
	3	12	24	11	2100
	3	10	26	12	1800
	3	9	25	14	2250
	3	8	26	13	1800
	3	12	26	11	1800
	3	8	26	13	1800
	3	8	26	14	2000
	3	14	25	10	1964
	3	10	25	11	1680
	3	8	25	13	1906
3	11	26	13	2160	
3	10	26	12	1800	

Tabla 17.- Continuación.

Intersección	Carril	Tiempo del 4to. Veh.	Tiempo del Ultimo Veh.	Número del Ultimo Veh.	Flujo de Saturación	
Av. Nogalar con Av. San Nicolás	3	17	46	17	1614	
	3	8	46	26	2084	
	3	8	46	25	1989	
	3	14	46	23	2138	
	3	10	47	23	1849	
	3	8	47	26	2031	
	3	10	47	22	1751	
	3	10	47	21	1654	
	3	15	46	19	1742	
	3	10	46	22	1800	
	3	10	46	22	1800	
	3	8	47	26	2031	
	3	14	47	21	1855	
	3	17	46	17	1614	
	3	7	46	22	1662	
	3	14	46	19	1688	
	3	16	46	20	1920	
	3	13	46	21	1855	
	Av. Alf. Reyes con Calzada Victoria	2	33	47	11	1800
		2	8	47	22	1662
2		9	48	25	1938	
2		8	48	27	2070	
	2	8	48	26	1980	
	2	10	48	26	2084	
	2	8	47	22	1662	
	2	8	47	27	2123	
	2	14	47	21	1855	
	2	10	48	22	1705	
	2	10	48	23	1800	
	2	10	48	23	1800	
	2	9	48	27	2123	
	2	7	48	27	2020	
	2	8	48	22	1620	
	2	9	48	22	1662	
	2	8	48	25	1890	
	2	9	48	24	1846	
	2	10	48	21	1611	
	2	8	46	23	1800	
	2	9	48	23	1754	
	2	17	48	24	2323	

Tabla 17.- Continuación.

Intersección	Carril	Tiempo del 4to. Veh.	Tiempo del Ultimo Veh.	Número del Ultimo Veh.	Flujo de Saturación
Av. Alf. Reyes con Calzada Victoria	2	12	48	25	2100
	2	9	47	24	1895
	2	9	48	28	2215
	2	10	48	23	1800
	2	8	48	22	1620
	2	7	47	24	1800
	2	8	47	26	2031
	2	7	47	23	1710
	2	17	47	18	1680
	2	7	48	26	1932
	2	10	48	25	1989
	2	9	47	23	1800
	2	11	47	25	2100
	2	9	48	25	1938
	2	9	47	26	2084
	2	10	47	22	1751
	2	8	46	22	1705
	2	10	47	25	2043
	2	8	48	26	1980
	2	10	48	27	2179
	2	8	48	26	1980
	2	7	48	26	1932
	2	8	48	25	1890
	2	10	48	26	2084
	2	9	48	24	1846
	3	31	46	12	1920
	3	10	47	23	1849
	3	8	47	23	1754
	3	30	46	13	2025
	3	8	47	24	1846
	3	9	47	23	1800
	3	10	47	22	1751
	3	10	47	23	1849
	3	9	47	21	1611
	3	7	48	23	1668
	3	9	47	23	1800
3	31	46	12	1920	
3	11	47	20	1600	

Tabla 17.- Continuación.

Intersección	Carril	Tiempo del 4to. Veh.	Tiempo del Ultimo Veh.	Número del Ultimo Veh.	Flujo de Saturación
Av. Alf. Reyes con Calzada Victoria	3	11	47	22	1800
	3	10	47	23	1849
	3	9	47	22	1705
	3	11	47	21	1700
	3	10	47	23	1849
Av. Alf. Reyes con Av. Pedro Anaya	2	14	40	18	1938
	2	8	40	19	1688
	2	7	40	19	1636
	2	7	40	20	1745
	2	8	40	20	1800
	2	5	41	21	1700
	2	9	39	22	2160
	2	8	40	21	1913
	2	9	40	21	1974
	2	9	40	21	1974
	2	8	41	23	2073
	2	10	40	20	1920
	2	9	41	22	2025
	2	8	41	21	1855
	2	9	40	20	1858
	2	8	41	21	1855
	2	6	41	22	1851
	2	8	41	23	2073
	2	8	40	19	1688
	2	10	41	19	1742
	2	9	41	21	1913
	2	9	41	23	2138
	2	9	41	24	2250
	2	7	41	21	1800
	2	12	41	21	2110
	2	8	41	21	1855
	2	7	41	22	1906
	2	8	41	22	1964
	2	8	40	22	2025
	2	6	41	22	1851
	2	8	41	22	1964
	2	8	40	21	1913
2	8	41	19	1636	
2	8	41	23	2073	

Tabla 17.- Continuación

Intersección	Carril	Tiempo del 4to. Veh.	Tiempo del Ultimo Veh.	Número del Ultimo Veh.	Flujo de Saturación
Av. Alf. Reyes con Av. Pedro Anaya	2	8	41	19	1636
	2	7	41	24	2118
	2	8	41	21	1855
	2	10	41	21	1974
	2	9	41	21	1913
	2	12	41	21	2110
	2	7	41	25	2224
	2	5	40	24	2057
	2	8	41	23	2073
	2	9	41	22	2025
	2	7	41	21	1800
	2	8	41	21	1855
	3	7	40	22	1964
	3	11	41	19	1800
	3	11	41	19	1800
	3	9	40	18	1626
	3	11	40	18	1738
	3	10	41	18	1626
	3	10	41	19	1742
	3	8	41	23	2073
	3	8	39	19	1742
	3	6	39	19	1636
	3	8	41	21	1855
	3	7	40	24	2182
	3	7	39	22	2025
	3	9	41	24	2250
	3	8	39	18	1626
	3	10	41	22	2090
	3	12	40	18	1800
	3	8	39	21	1974
	3	7	40	19	1636
	3	9	40	20	1858
	3	8	40	19	1688
	3	13	41	18	1800
3	9	40	19	1742	
3	11	41	20	1920	
3	10	41	19	1742	

VI.3. Análisis de la Información

La estadística trata de la selección, análisis y uso de datos con el fin de resolver problemas. A toda persona, tanto en su ejercicio profesional como en su actividad diaria, se le ofrece información en forma de datos. Consecuentemente, algunos conocimientos de estadística le serán de utilidad a la población en general, pero en particular, el conocimiento estadístico será vital para ingenieros, científicos y administradores, debido a que de manera rutinaria manejan y analizan datos. Además, la probabilidad, que estudia las variaciones al azar en diversos sistemas se presenta para dar sustento a otras aplicaciones de la probabilidad y la estadística en ingeniería.

La estadística propicia un criterio para lograr mejoras, debido a que sus técnicas se pueden usar para describir y comprender la variabilidad. La variabilidad existe en todo tipo de procesos. Estas variabilidades están en todos los medios; las aplicaciones de la probabilidad y la estadística son numerosas en todos los casos de la ciencia aplicada en donde existan variaciones y donde las conclusiones acerca de un sistema estén basadas en datos observados. En realidad todo el trabajo experimental tiene esta naturaleza y la variabilidad es el común denominador de estos problemas.

¿Por qué ocurre la variabilidad?. En general, la variabilidad es resultado de los cambios que ocurren en las condiciones en las cuales se hacen las observaciones.

Por estadística y probabilidad entendemos los métodos para describir y modelar la variabilidad además de permitir la toma de decisiones cuando la variabilidad está presente.

Las técnicas de la estadística descriptiva pueden aplicarse ya sea a poblaciones enteras o a muestras.

A menudo, los datos disponibles resultan de una muestra, y en ocasiones el objetivo del responsable de la toma de decisiones es utilizar la información en la muestra para extraer una conclusión (o una deducción) acerca de la población de la que se extrajo la muestra.

A continuación, se presentan las técnicas básicas de la estadística descriptiva que son útiles en los problemas deductivos y de toma de decisiones.

Presentación gráfica de datos:

Hay muchos métodos gráficos y tabulares útiles en el resumen de datos. En esta sección presentamos unas cuantas de las técnicas de mayor utilidad.

Una distribución de frecuencia es un resumen más compacto de datos que las observaciones originales. Para construir una distribución de frecuencia, debemos dividir la gama de los datos en intervalos, que suelen denominarse intervalos de clase. Si es posible, los intervalos de clase deben ser de igual ancho, para incrementar la información visual en la distribución de frecuencias. Deben hacerse algunos juicios al seleccionar el número de intervalos de clase para dar una imagen razonable. El número de intervalos de clase que se utiliza depende del número de observaciones y de la cantidad de discriminación o dispersión en los datos. Una distribución de frecuencias en la que se emplean muy pocos o demasiados intervalos de clase no será muy informativa.

Histograma:

También es útil presentar la distribución de frecuencias en forma gráfica. Un diagrama de este tipo se denomina *histograma*. Para dibujar un histograma, se usa el eje horizontal para representar la escala de medida, y se dibujan las fronteras de los intervalos de clase, el eje vertical representa la escala de frecuencia (o frecuencia relativa). Si los intervalos de clase son de igual ancho, las alturas de los rectángulos dibujadas en el histograma son proporcionales a las frecuencias. Si los intervalos de clase son de ancho desigual, se acostumbra entonces dibujar rectángulos cuyas áreas son proporcionales a las frecuencias. Sin embargo, los histogramas son más fáciles de interpretar cuando los intervalos de clase son de igual ancho. El histograma brinda una interpretación visual de la forma de la distribución de las mediciones, así como información acerca de la diseminación o dispersión de los datos.

Cuando se pasa de los datos originales a la distribución de frecuencia o al histograma, cierta cantidad de información se ha perdido puesto que ya no tenemos las observaciones individuales. No obstante, esta pérdida de información es pequeña comparada con la precisión y facilidad de interpretación ganadas al utilizar la distribución de frecuencia y el histograma. En casos en los que los datos tomen sólo unos cuantos valores distintos, puede ser innecesario formar intervalos de clase.

Por último, recuérdese que la distribución de frecuencia y el histograma pueden ser relativamente sensibles a la elección del número de intervalos de clase y su ancho. Las distribuciones de frecuencia y los histogramas son más estables para conjuntos de datos más grandes, por ejemplo de tamaño 50, 100 ó mayores.

Del mismo modo que las gráficas pueden mejorar la presentación de datos, las descripciones numéricas son también valiosas, presentamos varias medidas numéricas importantes para describir las características de los datos.

Medidas de tendencia central (MEDIA):

La medida más común de tendencia central, o localización de los datos, es la media aritmética ordinaria. Debido a que casi siempre consideramos a los datos como la muestra, nos referimos a la media aritmética como la media de muestra. Si las observaciones en una muestra de tamaño n son x_1, x_2, \dots, x_n , entonces la media de muestra es:

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}\end{aligned}\quad (41)$$

La media de la muestra \bar{x} representa el valor promedio de la población, y se denota por medio de la letra griega μ (mu). Cuando hay un número finito de observaciones (digamos, N) en la población, entonces la media de la población es:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}\quad (42)$$

La moda es la observación que ocurre con mayor frecuencia en la muestra.

Medidas de dispersión:

La medida de dispersión más importante es la *varianza de la muestra*. Si x_1, x_2, \dots, x_n , es una muestra de n observaciones, entonces la varianza de la muestra es:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (43)$$

Desviación Estándar:

Debido a que s^2 se expresa en el cuadrado de las unidades originales, no es fácil interpretarla. Además, la variabilidad es un concepto poco familiar y más difícil que la localización o tendencia central. Sin embargo, podemos resolver “el problema de la dimensionalidad”, trabajando con la raíz cuadrada (positiva) de la varianza, s , denominada desviación estándar de la muestra.

$$s = \sqrt{s^2} \quad (44)$$

Curtosis:

La curtosis representa la elevación o achatamiento de una distribución, comparada con la distribución normal. Una curtosis positiva indica una distribución relativamente elevada, mientras que una curtosis negativa indica una distribución relativamente plana.

Curtosis se define como:

$$\left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^4 \right\} \quad (45)$$
$$-\frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

Donde:

$s =$ es la desviación estándar de la muestra.

Coefficiente de Asimetría:

Esta función caracteriza el grado de asimetría de una distribución con respecto a su media. La asimetría positiva indica 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:

$$\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^3 \quad (46)$$

Para los cálculos estadísticos antes mencionados se utilizó el paquete de computadora Excel, en la tabla 18 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 18. Resultados estadísticos de las muestras obtenidas en campo.

Flujo de Saturación	
Media	1875.7
Error Típico	7.2
Mediana	1866.7
Moda	1800.0
Desviación estándar	162.6
Varianza	26433.5
Curtosis	-0.7
Coefficiente de asimetría	0.2
Mínimo	1600.0
Máximo	2322
Suma	966000.8
Cuenta	515
Nivel de Confianza.	14.07

Gráfica de la probabilidad:

Los métodos gráficos también son útiles cuando se selecciona una distribución de probabilidad para describir datos. La graficación de probabilidad es un método gráfico para determinar si los datos se ajustan a una distribución hipotética basada en un examen visual subjetivo de los datos. El procedimiento general es muy simple y puede efectuarse con rapidez. La graficación de la probabilidad requiere papel gráfico especial, conocido como papel de probabilidad, que se ha diseñado para la distribución hipotética. Se dispone ampliamente de papel de probabilidad para las distribuciones normal, lognormal, de Weibull y diversas distribuciones *ji* cuadrada y gamma. Para construir una gráfica de probabilidad, se clasifican primero las observaciones en la muestra de la más pequeña a la más grande. Esto es, la muestra X_1, X_2, \dots, X_n , se arreglan como $X_{(1)}, X_{(2)}, \dots, X_{(n)}$, donde $X_{(j)} \leq X_{(j+1)}$. Las observaciones ordenadas $X_{(j)}$ se grafican después contra su frecuencia acumulativa observada en papel de probabilidad apropiado. Si la distribución hipotética describe de manera adecuada los datos, los puntos graficados caerán aproximadamente sobre una línea recta; si los puntos graficados se desvían de modo significativo de una línea recta, entonces el modelo hipotético no es apropiado. Usualmente, la determinación de si los datos se grafican o no como una línea recta es subjetiva.

En la figura 42, se muestra la gráfica del análisis de los datos, nótese que la mayoría de los puntos siguen una recta, lo que quiere decir que nos representa una distribución normal.

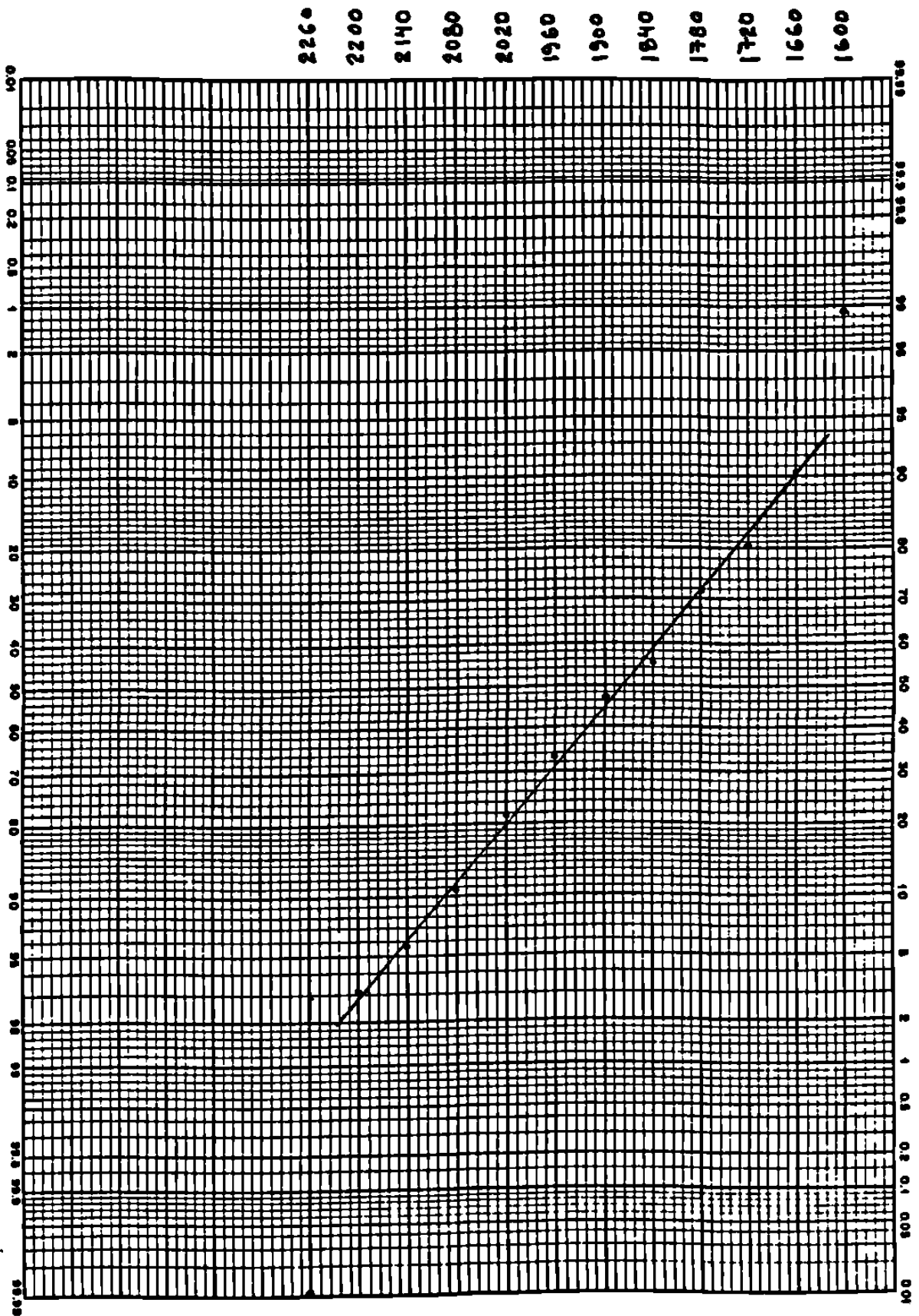


Figura 42. Gráfica de Probabilidad, Distribución Normal.

VL4. Determinación del Máximo Valor de Flujo de Saturación.

Con ayuda del paquete de computación Excel, se analizaron los datos y se calcularon los parámetros estadísticos.

En la figura 43, se muestra el Histograma de frecuencias, así como la ojiva del porcentual acumulado.

La tabla 19, nos presenta la clase, la frecuencia y el porcentaje acumulado, con estos datos procederemos a calcular el 85 percentil el cual nos representará el valor de flujo de saturación para intersecciones semaforizadas para el área metropolitana de Monterrey.

Interpolación del 85%.

$$85\% = \frac{2080 - 2020}{89.33 - 78.37} (85 - 78.37) + 2020 = 2056$$

$$85\% = 2050 \text{ veh / hr / carril . (Máximo Valor de Flujo de Saturación).}$$

El 15% restante son valores que por características de la zona o la toma de datos no es representativo.

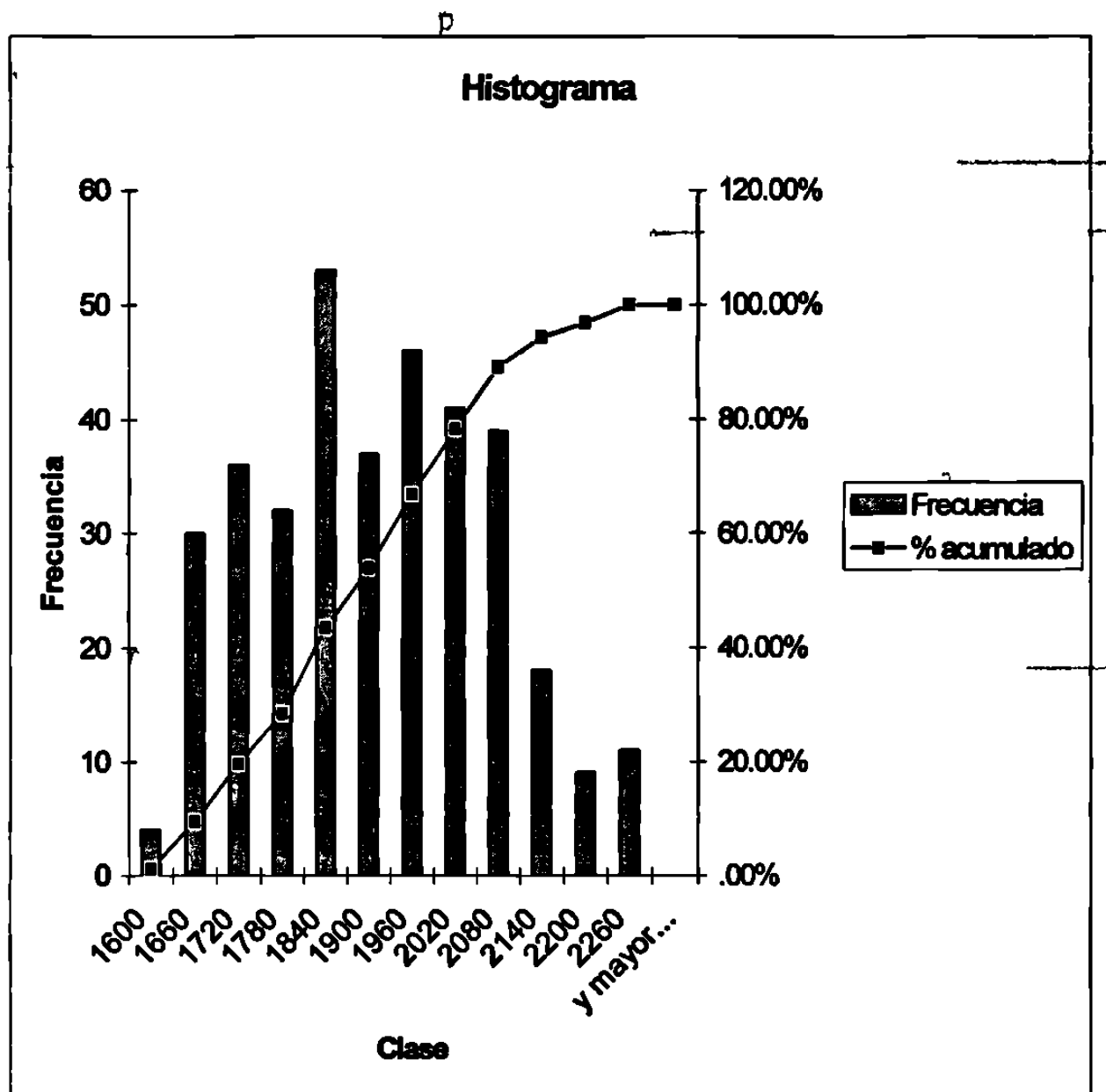


Figura 43. Histograma de frecuencias y ojiva del flujo de saturación.

Tabla 19. Clase, frecuencia y porcentaje acumulado de las muestras de campo, del flujo de saturación,

CLASE	FRECUENCIA	% ACUMULADO
1600	4	1.12
1660	30	9.55
1720	36	19.66
1780	32	28.65
1840	53	43.54
1900	37	53.93
1960	46	66.85
2020	41	78.37
2080	39	89.33
2140	18	94.38
2200	9	96.91
2260	11	100.00
y mayor	0	100.00

VII. ANALISIS DE CAPACIDAD UTILIZANDO EL MÁXIMO VALOR DE FLUJO DE SATURACION OBTENIDO

El valor de flujo de saturación ideal obtenido es de 2050 veh/hr/carril, este valor se coloca en el módulo de valor de flujo de saturación .

VII.1. Ejemplo 2

Realizaremos el análisis de la intersección semaforizada. Av. Churubusco con Av. Ruíz Cortines, misma del ejemplo del Capítulo V.4., pero ahora utilizando el flujo de saturación igual a 2050 veh/hr/carril, y compararemos los resultado.

Solución:

a) *Módulo de Entrada.*

El formulario del *Módulo de Entrada* de este ejemplo aparece en la figura 44.

b) *Módulo de Ajuste de Volúmenes.*

La figura 45, muestra el formulario de *Módulo de Ajuste de Volúmenes*.

c) *Módulo de Intensidad de Saturación.*

- La figura 46, muestra el formulario para el Módulo del flujo de saturación, para el ejemplo 2. En la columna 2 de este módulo se repiten las descripciones de los grupos de carriles. Se asume como intensidad de saturación ideal el valor de 2050 veh/hr/carril, resultado de esta investigación

d) Módulo de Análisis de Capacidad.

La figura 47, muestra el módulo de Análisis de Capacidad. En la columna 2 se repite la descripción del grupo de carriles. En la columna 3 se escriben los flujos ajustados (V) obtenido del módulo de ajustes, en la columna 4 se escriben las intensidades de saturación (S) obtenidas del módulo del valor de flujo de saturación. Con estos valores se obtienen la relación V/S las cuales se colocan en la columna 5.

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 es 0.744, es decir.

$$\begin{aligned}\Sigma(V/S) &= 0.123 + 0.211 + 0.225 + 0.185 \\ \Sigma(V/S) \text{ críticos} &= 0.744\end{aligned}$$

Este valor se coloca en la sección inferior del módulo.

En la columna 6, se escribe la relación del tiempo de verde de cada fase con respecto a la longitud del ciclo, esto es:

$$g/c \text{ (Av. Ruíz Cortines hacia el este)} = \frac{22}{120} = 0.183$$

$$g/c \text{ (Av. Ruíz Cortines hacia el oeste)} = \frac{27}{120} = 0.225$$

$$g/c \text{ (Av. Churubusco hacia el norte)} = \frac{27}{120} = 0.225$$

$$g/c \text{ (Av. Churubusco hacia el sur)} = \frac{32}{120} = 0.267$$

- En la columna 7 se calcula la capacidad de los grupos de carriles (c), esto es multiplicando la columna 4 (S) por la columna 6 (g/c).
- En la columna 8 se calcula la relación v/c (volumen entre la capacidad de cada grupo de carriles), dividiendo la columna 3(v) entre la 7 (c).
- En la columna 9 se marca con un asterisco el grupo de carril crítico para cada acceso.

La relación crítica v/c , X_c , se calcula con la ecuación 7 mostrada en el formato.

$$X_c = \frac{\sum(v/s)C}{C-L} \qquad X_c = \frac{0.744(120)}{120-12} \qquad X_c = 0.827$$

e) *Módulo de Nivel de Servicio*

La figura 48, muestra el módulo de nivel de servicio. Las descripciones de los grupos de carriles se anotarán en la columna 2. En la columna 3 se escribe la relación volumen/capacidad (X), en la columna 4 la relación de verde (g/C), en la columna 5 se calcula la demora uniforme d_1 (ecuación 34).

$$d_1 = 0.38 \frac{C(1-g/c)^2}{[1-(g/c)X]} \quad (34)$$

Calculando d_1 para todos los grupos de carriles:

$$d_1(RE,1) = 0.38(120)(1 - 0.183)^2 / (1 - (0.183)(0.223)) = 31.73 \text{ seg/veh}$$

$$d_1(RE,2) = 0.38(120)(1 - 0.183)^2 / (1 - (0.183)(0.672)) = 34.7 \text{ seg/veh}$$

$$d_1(RO,1) = 0.38(120)(1 - 0.225)^2 / (1 - (0.225)(0.920)) = 34.5 \text{ seg/veh}$$

$$d_1(RO,2) = 0.38(120)(1 - 0.225)^2 / (1 - (0.225)(0.938)) = 34.5 \text{ seg/veh}$$

$$d_1(RN,1) = 0.38(120)(1 - 0.225)^2 / (1 - (0.225)(1.0)) = 35.3 \text{ seg/veh}$$

$$d_2(RN,2) = 0.38(120)(1 - 0.225)^2 / (1 - (0.225)(0.956)) = 34.9 \text{ seg/veh}$$

$$d_3(RN,3) = 0.38(120)(1 - 0.225)^2 / (1 - (0.225)(0.615)) = 31.8 \text{ seg/veh}$$

$$d_4(RS,1) = 0.38(120)(1 - 0.267)^2 / (1 - (0.267)(0.223)) = 26.1 \text{ seg/veh}$$

$$d_1(RS,2) = 0.38(120)(1 - 0.267)^2 / (1 - (0.267)(0.693)) = 30.1 \text{ seg/veh}$$

En la columna 6 se coloca el factor por ajuste DF, de la tabla 15, con tipo de control semáforo de tiempo fijo, siendo una intersección no sincronizada, le corresponde, DF=1.0.

En la columna 7, se escribe la capacidad del grupo de carriles (c), en la columna 8 se coloca el factor m, de la tabla 15, con el tipo de llegada 3, m = 16.

En la columna 9, se calcula la demora d_2 , con la ecuación 35.

$$d_2 = 173X^2 \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + (m(X/c))} \right] \quad (35)$$

$$\begin{aligned}
d_2(RE,1) &= 0.0 \text{ seg/veh} (X = 0.223, c = 637, m = 16) \\
d_2(RE,2) &= 1.8 \text{ seg/veh} (X = 0.672, c = 671, m = 16) \\
d_2(RO,1) &= 18.3 \text{ seg/veh} (X = 0.92, c = 414, m = 16) \\
d_2(RO,2) &= 12.8 \text{ seg/veh} (X = 0.938, c = 854, m = 16) \\
d_2(RN,1) &= 34.6 \text{ seg/veh} (X = 1.0, c = 401, m = 16) \\
d_2(RN,2) &= 9.6 \text{ seg/veh} (X = 0.956, c = 1688, m = 16) \\
d_2(RN,3) &= 3.0 \text{ seg/veh} (X = 0.615, c = 262, m = 16) \\
d_2(RS,1) &= 0 \text{ seg/veh} (X = 0.223, c = 934, m = 16) \\
d_2(RS,2) &= 0.8 \text{ seg/veh} (X = 0.693, c = 1926, m = 16)
\end{aligned}$$

. La columna 10 se calcula la demora (d) por grupo de carriles con la ecuación 35:

$$\text{Demora} = d_1 DF + d_2$$

$$\text{Demora } (RE,1) = 31.7(1) + 0 = 31.7 \text{ seg/veh}$$

$$\text{Demora } (RE,2) = 34.7(1) + 1.8 = 36.5 \text{ seg/veh}$$

$$\text{Demora } (RO,1) = 34.5(1) + 18.3 = 52.8 \text{ seg/veh}$$

$$\text{Demora } (RO,2) = 34.7(1) + 12.8 = 47.5 \text{ seg/veh}$$

$$\text{Demora } (RN,1) = 35.3(1) + 34.6 = 69.9 \text{ seg/veh}$$

$$\text{Demora } (RN,2) = 34.9(1) + 9.6 = 44.5 \text{ seg/veh}$$

$$\text{Demora } (RN,3) = 31.8(1) + 3.0 = 34.8 \text{ seg/veh}$$

$$\text{Demora } (RS,1) = 26.1(1) + 0 = 26.1 \text{ seg/veh}$$

$$\text{Demora } (RS,2) = 30.1(1) + 0.8 = 30.9 \text{ seg/veh}$$

La columna 11, se describen los niveles de servicio por grupo de carril, utilizando la demora total (columna 10) con la tabla 2.

En la columna 12, se calcula la demora promedio por acceso , ecuacion 36:

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

$$\text{Dem. RE} = \frac{31.7(142) + 36.5(451)}{142 + 451} = 35.4 \text{ seg./v}$$

$$\text{Dem. RO} = \frac{52.8(381) + 47.5(801)}{381 + 801} = 49.2 \text{ seg./v}$$

$$\text{Dem. RN} = \frac{69.9(401) + 44.5(1613) + 34.8(161)}{401 + 1613 + 161} = 48.5 \text{ seg./v}$$

$$\text{Dem. RS} = \frac{26.1(208) + 30.9(1334)}{208 + 1334} = 30.3 \text{ seg./v}$$

Comparando estas demoras en la tabla 2, se establece el Nivel de Servicio por acceso y se coloca en la columna 13.

La demora Media por vehículo en toda la intersección se calcula, como la media ponderada de los valores de cada acceso, ecuación 37.

$$\text{Demora en la Intersección} = \frac{\sum(d_A * V_A)}{\sum V_A}$$

por vehículo

$$\text{Demora en la Intersección} = \frac{35.4(593) + 49.2(1182) + 48.5(2175) + 30.3(1542)}{593 + 1182 + 2175 + 1542}$$

$$\text{Demora en la Intersección} = 42.2 \text{ seg./veh.}$$

Comparando el valor anterior con la tabla 2, le corresponde un Nivel de Servicio "E", en toda la intersección.

Av. Chu	Av. Ruíz Cortines	Fecha:	15-Dic-97
Proyecto		Monterrey, N.L.	

VII.2.- Comparación de los resultados.

Intersección Av. Churubusco con Av. Ruíz Cortines.

FLUJO DE SATURACION IDEAL <i>veh/hr/carril</i>	NIVEL DE SERVICIO	DEMORA EN LA INTERSECCION <i>seg/veh</i>
1900 *	***	***
2050 **	E	40.4

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

** *Investigación.*

*** *No se recomienda el cálculo.*

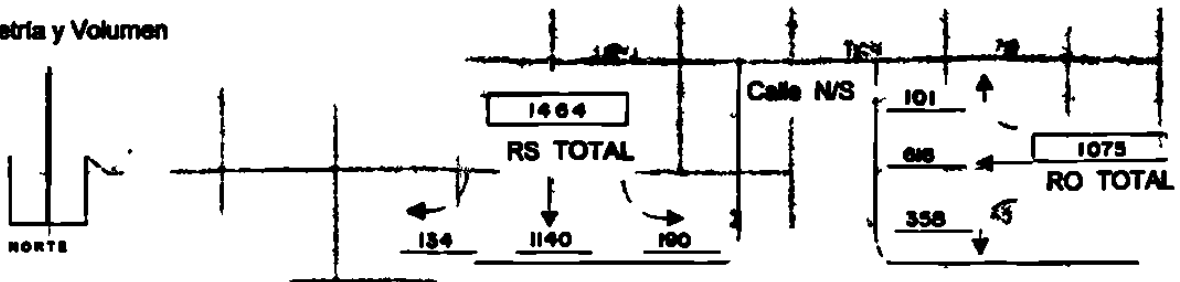
Los cálculos de los análisis de capacidad con el nuevo valor de flujo de saturación (2050 veh/hr/c) da como resultado un mejor nivel de servicio, al disminuir las demoras por vehículo, para el ejemplo analizado utilizando el nuevo valor de flujo de saturación es posible calcular la demora por vehículo.

El nuevo valor de flujo de saturación se emplearía para análisis operacional, así como para diseñar los tiempos de las fases de un semáforo, estos cálculos serán representativos de las condiciones prevaletientes del tránsito y de los usuarios en el área Metropolitana de Monterrey.

MODULO DE ENTRADA

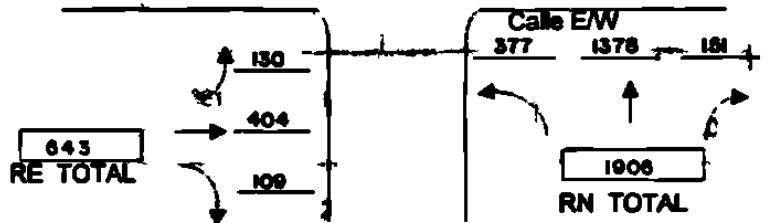
Intersección: Av. Churubusco con Av. Ruiz Cortines **Fecha:** 15-Dic-97
Con el nuevo valor de flujo de Saturación (2050 veh/hr/c)
Analista: D. E. I. T. **Periodo Analizado:** 7:45-8:45 **Tipo de Area:** CBD Otro
Proyecto No.: T **Ciudad/Estado:** Monterrey, N.L.

Geometría y Volumen



Identificar en el Diagrama

1. Volúmenes
2. Ancho de Carril
3. Movimiento en el Carril
4. Localización de Estacionamiento
5. Longitud de Carriles de Almacenamiento
6. Isleta física o pintada
6. Parada de Autobús



CONDICIONES GEOMETRICAS Y DE LA CIRCULACION

ACCESO	PENDIENTE (%)	% HV	Carril de Estacionamiento Adyacente		Autobús (NB)	FHP	Conflicto Peatonal (peat/hr.)	Semáforo Para Peatones		Tipo de Arribo
			S o N	Nm				S o N	Tiempo Min.	
RE	1	8	N	0	0	0.94	50	N	40.8	3
RO	1	2	N	0	0	0.94	50	N	40.8	3
RN	2	5	S	20	15	0.94	80	N	27.0	3
RS	2	7	N	0	15	0.94	50	N	27.0	3

Pendiente: + ascendente - descendente
 HV: veh. con más de 4 ruedas.
 Nm: Maniobras de Estación/hr.

N_a: Parada de Autobuses/hr.
 FHP= Factor de Hora Pico.
 Conflicto Peatonal= peat/hr.

Min. Tiempo: Mínimo Verde Para Cruce Peatonal.
 Tipo de arribo: Tipo 1-5

FASES

D I A G R A M A	RN	RE	RS	RO				
Tiempo	V= 27 A+R= 3	V= 22 A+R= 3	V= 32 A+R= 3	V= 27 A+R= 3	V=	V=	V=	V=
Fijo o Actuado	FIJO							
Vuelta Protegida	Vuelta Permitida		Peatones		Duración del Ciclo 120...Seg.			

Figura 44.- Módulo de Entrada, Ejemplo 2.










MÓDULO DE AJUSTES DE VOLUMENES										
1 Acceso	2 Movimiento	3 Volumen Movimiento (vhr)	4 Factor de Hora Pico FHP	5 Intensidad Máxima (vhr) 3-4	6 Grupo de Carreles	7 Intensidad en Carreles de Grupo Vg (vhr)	8 Número de Carreles U	9 Utilización de Carreles Factor U Tabla 6	10 Intensidad Ajustada V (vhr) 7-9	11 prop. de LT o RT Por o Por
RE	LT	130	0.94	138		138	2	1.03	142	LT 1.0
	TH	404	0.94	430		430	2	1.05	451	
	RT	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RO	LT	358	0.94	381		381	1	1.0	381	LT 1.0
	TH	616	0.94	655		763	2	1.05	801	RT 0.14
	RT	101	0.94	107						
RN	LT	377	0.94	401		401	1	1.0	401	LT 1.0
	TH	1378	0.94	1466		1466	4	1.10	1613	
	RT	151	0.94	161		161	1	1.0	161	RT 1.0
RS	LT	190	0.94	202		202	2	1.03	208	LT 1.0
	TH	1140	0.94	1213		1213	4	1.10	1334	
	RT	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 45. Módulo de Ajuste de Volúmenes, Ejemplo 2.

MODULO DEL VALOR DE FLUJO DE SATURACION												
Grupo de Carriles		3 Intensidad de Saturación Ideal (vltts)	Factores de Ajuste									13 Intensidad Saturación ajustada S (vltts)
1 Acc.	2 Movimiento de los grupos de carriles		4 No. de Carriles N	5 Ancho de Carril fu	6 Vehículos Pesados ser	7 Pond. f	8 Estacionem. f	9 Bloqueo de Autobuses fu	10 Tipo de Aera fu	11 Giro Der. fu	12 Giro Izq. fu	
				Tabla 7	Tabla 8	Tabla 9	Tabla 10	Tabla 11	Tabla 12	Tabla 13	Tabla 14	
RE	LT	2050	2	0.97	0.926	0.995	1.0	1.0	1.0	1.0	0.95	3481
	TH	2050	2	0.97	0.926	0.995	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	3664
	RT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RO	LT	2050	1	0.97	0.98	0.995	1.00	1.0	1.0	1.0	0.95	1842
	TH	2050	2	0.97	0.98	0.995	1.00	1.0	1.0	0.979	1.00	3797
	RT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RN	LT	2050	1	0.97	0.953	0.99	1.0	1.0	1.0	1.0	0.96	1782
	TH	2050	4	0.97	0.953	0.99	1.00	1.0	1.0	1.0	1.0	7504
	RT	2050	1	0.97	0.953	0.99	0.80	0.94	1.0	0.826	1.0	1165
RS	LT	2050	2	0.97	0.935	0.99	1.00	1.0	1.0	1.0	0.95	3497
	TH	2050	4	0.97	0.935	0.99	1.00	0.98	1.0	1.0	1.0	7215
	RT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 46. Módulo de Ajuste del Valor de Flujo de Saturación, Ejemplo 2.

MODULO DE ANALISIS DE CAPACIDAD								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Acceso	Movimiento de Grupo de Carriles	Volumen Ajustado V (v/hr)	Intensidad Saturación Ajustada S (v/hr)	Relación de Intensidades vs S	Relación Tiempo de Verde g/C	Capacidad Grupo de Carriles C (v/hr)	Relación VC/37 X	Grupo de Carriles Crítico (f)
RE		142	3481	0.041	0.183	637	0.223	
		451	3664	0.123	0.183	671	0.672	*
		-	-	-	-	-	-	-
RO		381	1842	0.207	0.225	414	0.92	
		801	3797	0.211	0.225	854	0.938	*
		-	-	-	-	-	-	-
RN		401	1782	0.225	0.225	401	1.0	*
		1613	7504	0.215	0.225	1688	0.956	
		161	1165	0.138	0.225	262	0.615	
RS		208	3497	0.059	0.267	934	0.223	
		1334	7215	0.185	0.267	1926	0.693	*
		-	30	-	-	-	-	-
Duración del Ciclo C = <u>120</u> Seg.					$\sum(v/s) = 0.744$ Crítico			
Tiempo Perdido por Ciclo L = <u>12.0</u> Seg.					$x = \frac{\sum(v/s)C}{C-L} = 0.827$			

Figura 47. Módulo de Análisis de Capacidad, Ejemplo 2.










MODULO DE NIVEL DE SERVICIO												
Grupo de Carriles		Primera Demora				Segunda Demora			Demora y NS Grupo de Carriles		Demora Total y NS	
Acc.	Mov. de Grupo de Carriles	Relación v/c X	Relación de Vanda g/C	Demora uniforme de Seg.Veh.	Ajuste factor DF Tabla 16	Capacidad de Grupos de Carriles C (veh)	de. col. Periodo m. Tabla 16	Demora Ambiental de seg.Veh.	Demora, d Seg. veh. (900 - R)	N.S. Ops. de Carriles Tabla 2	Dem. Acc. (seg/veh)	NS Acc. Total Tabla 2
RE		0.223	0.183	31.7	1.0	637	16	0	31.7	D	35.4	D
		0.672	0.183	34.7	1.0	671	16	1.8	36.5	D		
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RO		0.920	0.225	34.5	1.0	414	16	18.3	52.8	E	49.2	E
		0.938	0.225	34.7	1.0	854	16	12.8	47.5	E		
		-	-	-	-	-	-	-	15	E	-	-
RN		1.0	0.225	35.3	1.0	401	16	34.6	69.9	F	48.5	E
		0.956	0.225	34.9	1.0	1688	16	9.6	44.5	E		
		0.615	0.225	31.8	1.0	262	16	3.0	34.8	D		
RS		0.223	0.267	28.1	1.0	934	16	0	28.1	D	30.3	D
		0.693	0.267	30.1	1.0	1926	16	0.8	30.9	D		
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Demora en la Intersección <u>42.2</u> seg./veh.						NS de la Intersección <u>E</u> (Tabla 2)						

Figura 48. Módulo de Nivel de Servicio, Ejemplo 2.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Manual de Capacidad Vial (1994) está basado, principalmente, en los estudios que se han realizado en los Estados Unidos de América, éste se utiliza en nuestro país para calcular la capacidad de las carreteras, tanto para el diseño como para determinar la operación de la infraestructura vial; aunque, es lógico pensar que las condiciones que imperan en nuestro país son diferentes a las de Estados Unidos de América.

Por lo tanto, se propone que después de la realización de esta investigación, se modifique el valor de flujo de saturación ideal para el análisis de la capacidad de intersecciones semaforizadas, para que los resultados obtenidos con este ajuste, realmente representen las condiciones en que operan las intersecciones semaforizadas, en el área Metropolitana de Monterrey.

Esta investigación verifica y comprueba la hipótesis planteada al inicio, pero lo que es más importante, brinda un valor de flujo de saturación representativo para las condiciones que prevalecen en México; además, muestra la información, necesaria para realizar un análisis de capacidad en intersecciones semaforizadas. Con estos resultados se podrán estimar con mayor exactitud los siguientes parámetros:

- Las Demoras por vehículo (perdidas horas/hombre).
- Los Tiempos de recorrido.
- La disminución en los grados de Contaminación
- La menor ocurrencia de Accidentes

Con la estimación representativa para México de estos parámetros, al ingeniero o el planificador se ayudarán para incrementar la información en que se sustente su criterio para la toma de decisiones, en materia de:

- Evaluación de proyectos.
- Diseño de intersecciones a Nivel y Desnivel.
- Diseño de tiempos de semáforos.
- Justificación de la colocación de un semáforo.

En el capítulo VII, se efectuó un ejemplo comparativo entre el considerar o no el nuevo valor de flujo de saturación (2050 veh/hr/c). Se observó que los niveles de servicio obtenidos en los análisis son muy similares a los que se presentan en la realidad; ya que con el valor de flujo de saturación anterior (1900 veh/hr/c) se podían obtener niveles de servicio bajos y demoras muy superiores a los reales. Este error ya no se cometerá al utilizar el nuevo procedimiento que se plantea como resultado de esta investigación.

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 con los que se cuente. Con el tiempo, este Manual pasará a formar parte de las normas, tal como lo requieren diversos organismos y los especialistas en esta área.

IX. BIBLIOGRAFIA

U.S.A. NATIONAL RESEARCH COUNCIL

Transportation Research Board
Highway Capacity Manual
Washington, D.C.
1992

CAL Y MAYOR RAFAEL

Ingeniería de Tránsito
México
Representaciones y Servicios de Ingeniería
1994

GUIDO RADELAT EGUES

Manual de Ingeniería de Tránsito
Argentina
Internacional Road Federacion.

RODOLFO ALDAPE CANTU

JOSE JALLE ALARI

Los Semáforos y el Control Dinámico del Tránsito
México
Representaciones y Servicios de Ingeniería

PAUL. C. BOX JOSEPH C. OPPENLANDER

Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito
México
Representaciones y Servicios de Ingeniería

RICHARD A. JONHSON.

Probabilidad y Estadística para Ingenieros de Miller Y Freud.
5ta. Edicion
Prentice Hall, Hispanoamericana.

