



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**"EVALUACIÓN DE LAS OBRAS DE
INFRAESTRUCTURAS VIAL APLICADAS EN EL
PLAN "SOLUCIONES VIALES" POR EL
EJECUTIVO NACIONAL EN EL AÑO 2014"**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la
UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
como parte de los requisitos para optar al título de
INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR JOSÉ ANTONIO URBINA M.
MARÍA NICOLINA SESTINI S.

TUTOR ING. JAVIER CASTRO

FECHA NOVIEMBRE 2015

**"EVALUACIÓN DE LAS OBRAS DE
INFRAESTRUCTURAS VIAL APLICADAS EN EL
PLAN "SOLUCIONES VIALES" POR EL
EJECUTIVO NACIONAL EN EL AÑO 2014"**

El jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado:

JURADO EXAMINADOR

Firma: _____
Nombre: _____

Firma: _____
Nombre: _____

Firma: _____
Nombre: _____

REALIZADO POR JOSÉ ANTONIO URBINA M.
MARÍA NICOLINA SESTINI S.

TUTOR ING. JAVIER CASTRO

FECHA NOVIEMBRE 2015

AGRADECIMIENTOS

A mi familia y todas aquellas personas que estuvieron conmigo a lo largo de este camino brindándome su apoyo y consejos durante toda la carrera.

José A. Urbina

Quiero agradecer especialmente a mi padre por todo su esfuerzo y apoyo, a mi madre y hermanos y a todas aquellas personas que me apoyaron y brindaron su ayuda durante toda mi carrera.

María N Sestini

Nuestro más sincero agradecimiento a las siguientes personas que contribuyeron a la realización de este trabajo especial de grado:

Ing. Francisco Gruber
Ing. Juan Manuel Martínez Manzano
Ing. Javier Castro
Ing. Elena Asenjo
Ing. Patricia Pereira
Ing. Yarisa Rodríguez

Al personal del Parque Generalísimo Francisco de Miranda

A la siguiente institución:

Ministerio para el poder popular del Transporte Terrestre y Obras
Públicas (MppTTOP)

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia y Antonio Flores por brindarme su apoyo y acompañarme en este camino, al igual que todas esas personas que estuvieron presentes y permitieron que este sueño se hiciera realidad.

José Antonio Urbina M.

*A mis padres y hermanos
A la memoria de mis abuelos Nicolina Morena y Manuel Silva*

María Nicolina Sestini S.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	1
DEDICATORIA	2
ÍNDICE DE CONTENIDO	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE FÓRMULAS	10
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE ANEXOS.....	13
SINOPSIS	15
CAPITULO I.....	16
1.1. Introducción.....	16
1.2. Planteamiento del Problema.....	17
1.3. Antecedentes.....	18
1.4. Alcance y Limitaciones	20
1.5. Objetivos	21
1.5.1. Objetivo General.....	21
1.5.2. Objetivos Específicos.....	21
CAPITULO II – MARCO TEÓRICO	22
2.1. Movilidad	22
2.2. Red vial.....	22
2.2.1. Clasificación de la red vial.....	22
2.2.2. Red vial y movilidad del área metropolitana de Caracas.....	24
2.3. Infraestructura vial	25
2.4. Sección transversal típica	26
2.5. Ingeniería de tránsito	26
2.5.1. Tránsito Continuo	26
2.5.1.1. Autopista.....	27
2.5.2. Flujo Discontinuo.....	28
2.5.2.1. Intersecciones	28
2.5.2.2. Isletas y canalizaciones.....	30
2.5.3. Capacidad	30

2.5.2.3.	Capacidad ideal.....	31
2.5.3.1.1.	En relación a las condiciones geométricas de la vía:	31
2.5.3.1.2.	En relación a las condiciones operacionales de la vía:	31
2.5.2.4.	Condiciones que afectan la capacidad de la vía.....	32
2.5.3.1.3.	Factores de la vía	32
2.5.3.1.4.	Factores de tránsito	32
2.5.3.1.5.	Factores ambientales.....	32
2.5.4.	Densidad de tránsito.....	32
2.5.5.	Niveles de Servicio de una vía.....	32
2.5.5.1.	Nivel de servicio A	33
2.5.5.2.	Nivel de servicio B	33
2.5.5.3.	Nivel de servicio C	33
2.5.5.4.	Nivel de servicio D	33
2.5.5.5.	Nivel de servicio E.....	33
2.5.5.6.	Nivel de servicio F.....	33
2.5.6.	Dispositivos de control de tránsito.....	35
2.5.7.	Señalización	35
2.5.8.	Semáforos.....	35
2.5.9.	Factores del tránsito	36
2.5.9.1.	Velocidad.....	36
2.5.9.2.	Tránsito promedio diario (PDT)	37
2.5.9.3.	Proyección del tránsito	37
2.5.9.4.	Volumen de Hora-Pico	38
2.5.9.5.	Distribución direccional.....	38
2.5.9.6.	Composición del tránsito	38
2.5.10.	Estudios de tránsito	39
2.5.10.1.	Estudios de Volumen.....	39
2.5.10.2.	Relación Volumen-Capacidad.....	39
2.5.10.3.	Estudios de Velocidad	40
2.5.11.	Conteos de tránsito.....	40
2.5.11.1.	Conteos en intersecciones	41

2.5.11.2.	Conteos de volumen peatonal.....	41
2.6.	Plan "Soluciones Viales"	41
2.7.1.	Ampliación de la autopista Francisco Fajardo-distribuidor Santa Cecilia-distribuidor Macaracuay	44
2.7.1.1.	Autopista Francisco Fajardo	44
2.7.1.2.	Proyecto ampliación de la Autopista Francisco Fajardo, distribuidor Santa Cecilia – distribuidor Macaracuay.....	44
2.7.2.	Elevado San Martín.....	45
2.7.2.1.	Avenida San Martín y avenida José Ángel Lamas	45
2.7.2.2.	Proyecto Elevado San Martín	45
CAPITULO III - MARCO METODOLÓGICO.....		46
3.1.	Caracterización de las obras	51
3.2.	Inventario vial.....	51
3.3.	Estudios administrativos.....	51
3.4.	Revisión de los parámetros geométricos establecidos en normas	52
3.5.	Revisión de los parámetros de diseño de los proyectos de las obras.....	52
3.6.	Estudios dinámicos	52
3.6.1.	Metodología para la evaluación del elevado San Martín	53
3.6.1.1.	Datos de entrada	53
3.6.1.2.	Determinación del grupo de Canal	53
3.6.1.3.	Flujo de Saturación	53
3.6.1.4.	Capacidad y v/c.....	54
3.6.1.5.	Valores obtenidos	55
3.6.2.	Metodología para la evaluación del tramo de ampliación de la autopista Francisco Fajardo-Distribuidor Santa Cecilia-Distribuidor Macaracuay.....	57
3.6.2.1.	Metodología de evaluación de segmentos básicos de autopista	57
3.6.2.1.1.	Datos de entrada	57
3.6.2.1.2.	Volumen ajustado.....	58
3.6.2.1.3.	Calculo de densidad.....	59
3.6.2.1.4.	Determinación de nivel de servicio	59
3.6.2.2.	Metodología de evaluación de rampas en autopistas.....	59

3.6.2.2.1. Datos de entrada	59
3.6.2.2.2. Ajuste de la demanda de flujo	59
3.6.2.2.3. Determinación de tasa de flujo de demanda adelante del área de incorporación o desincorporación.....	60
3.6.2.2.4. Determinación de la capacidad.....	60
3.6.2.2.5. Determinación del nivel de servicio	60
3.6.2.2.6. Determinación de la velocidad	60
3.7. Evaluación Operacional.....	61
3.8. Planteamiento de alternativas de ruta y/o operación	61
CAPITULO IV - DESARROLLO METODOLÓGICO.....	62
4.1 Elevado San Martín	62
4.1.1. Caracterización del Elevado San Martín.....	62
4.1.1.1. Ubicación y descripción de la obra.....	64
4.1.1.2. Perfil longitudinal	65
4.1.1.3. Sección transversal	66
4.1.2 Inventario vial	67
4.1.3 Estudios administrativos	67
4.1.4 Revisión de los parámetros geométricos establecidos en normas y análisis comparativo de los parámetros de diseño del proyecto del Elevado San Martín.	68
4.1.4.1 Análisis de los parámetros geométricos del proyecto del Elevado San Martín.....	69
4.1.5 Estudios dinámicos.....	70
4.1.6 Evaluación operacional de la intersección entre la avenida San Martín y la avenida José Ángel Lamas.....	73
4.2 Ampliación de la autopista Francisco Fajardo-distribuidor Santa Cecilia- distribuidor Macaracuay.....	78
4.2.1. Caracterización de la Ampliación de la autopista Francisco Fajardo- distribuidor Santa Cecilia-distribuidor Macaracuay	78
4.2.1.1. Ubicación y descripción de la obra.....	78
4.2.1.2. Perfil longitudinal de la ampliación de la autopista Francisco Fajardo tramo Santa Cecilia – Macaracuay.	79

4.2.1.3.	Sección transversal típica	81
4.2.2.	Inventario vial	83
4.2.3	Estudios administrativos	84
4.2.4	Revisión de los parámetros geométricos establecidos en normas y análisis comparativo de los parámetros de diseño del proyecto de la ampliación de la autopista Francisco Fajardo-distribuidor Santa Cecilia- distribuidor Macaracuay.	85
4.2.4.1	Análisis comparativo de los parámetros geométricos del proyecto de la Ampliación de la autopista Francisco Fajardo-distribuidor Santa Cecilia-distribuidor Macaracuay	85
4.2.5	Estudios dinámicos.....	86
4.2.6	Evaluación operacional segmento básico autopista Francisco Fajardo 90	
4.2.6.1.	Evaluación autopista Francisco Fajardo – distribuidor Santa Cecilia – distribuidor Los Ruices año 2014	87
4.2.6.2.	Evaluación ampliación de la autopista Francisco Fajardo- distribuidor Santa Cecilia – distribuidor Macaracuay. Tramo distribuidor Santa Cecilia – distribuidor Los Ruices. Año 2015	88
4.2.7	Evaluación operacional de entradas y salidas a la autopista Francisco Fajardo 99	
4.2.7.1.	Evaluación operacional de entradas y salidas a la autopista Francisco Fajardo anterior a la ampliación en el año 2014.....	96
CAPITULO V - ANÁLISIS DE RESULTADOS		105
5.1.	Análisis de resultados de la evaluación del elevado San Martín.....	105
5.2.	Análisis de resultados evaluación de la ampliación de la autopista Francisco Fajardo–distribuidor Santa Cecilia–distribuidor Macaracuay.	107
5.3.	Propuestas y evaluación de rutas.....	110
CAPITULO VI - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		114
6.1.	Conclusiones	114
6.2.	Recomendaciones.....	116
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....		117
ANEXOS		126
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		142

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Sistema Vial.....	22
Figura N° 2. Sección transversal típica	26
Figura N° 3. Conversión de un tramo de autopista en segmentos.....	27
Figura N° 4. Tipos de intersecciones a nivel.....	29
Figura. N° 5. Intersecciones a desnivel.	29
Figura. N° 6. Tipos generales y forma de las isletas.	30
Figura. N° 7 Niveles de servicio.	34
Figura. N° 8 Ejemplo de conteos direccionales y clasificados.....	41
Figura. N° 9. Flujograma de la metodología para la evaluación de las obras a estudiar.	47
Figura. N° 10. Flujograma de la metodología para la evaluación del elevado.....	48
Figura. N° 11. Flujograma de la metodología para la evaluación de segmentos básicos de autopista.....	49
Figura. N° 12. Metodología de evaluación para rampas en autopistas.	50
Figura. N° 13. Movimientos permitidos en la intersección av. San Martín con av. José Ángel Lamas antes de la construcción del elevado San Martín.....	62
Figura. N° 14: Ubicación elevado San Martín.	64
Figura N° 15. Tramos de acceso, aproximación y tramo central elevado San Martín	65
Figura N° 16. Sección transversal elevado San Martín.....	66
Figura N° 17: Movimientos permitidos en la intersección av. San Martín con av. José Ángel Lamas, esquina Palo Grande luego de la construcción del elevado.....	66
Figura N° 18: Ubicación de la ampliación de la autopista Francisco Fajardo, tramos distribuidor Santa Cecilia –Macaracuay.....	71
Figura N° 19. Sección transversal tramo Santa Cecilia – Los Cortijos.....	72
Figura. N° 20. "Sección transversal típica ampliación autopista Francisco Fajardo tramo Los Ruices-Macaracuay, longitud 260 m.	72
Figura. N° 21. Sección transversal típica ampliación autopista Francisco Fajardo tramo Los Ruices-Macaracuay, longitud 200 m	73
Figura. N° 22. Sección transversal típica ampliación autopista Francisco Fajardo tramo Los Ruices-Macaracuay, longitud 180 m	73
Figura. N° 23. Diagrama de fases.....	81
Figura. N° 24. Diagrama conteos direccionales clasificados flujo normal intersección av. San Martín con av. José Ángel Lamas.....	82
Figura. N° 25. Diagrama conteos direccionales clasificados hora-pico intersección av. San Martín con av. José Ángel Lamas.	83

Figura. N° 26. Diagrama conteos direccionales clasificados flujo normal autopista Francisco Fajardo tramo distribuidor Santa Cecilia – Los Ruices en ambos sentidos.....	82
Figura. N° 27. Diagrama conteos direccionales clasificados flujo normal autopista Francisco Fajardo tramo Los Ruices-Macaracuay en ambos sentidos.....	86
Figura N° 28. Curva de velocidad vs volumen ajustado para el estudio realizado en el año 2015 en hora-pico.....	87
Figura N° 29. Curva de velocidad vs volumen ajustado para el estudio realizado en el año 2015 en flujo normal sentido oeste-este.....	93
Figura N° 30. Curva de velocidad vs volumen ajustado para el estudio realizado en el año 2015 en flujo normal este-oeste.....	95
Figura. N° 31. Conflicto por uso indevido de canal intersección av. San Martín con av. José Ángel Lamas.....	110
Figura. N° 32. Plan de movilidad en caracas.....	113

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula N° 1. Proyección del tránsito.....	38
Fórmula N° 2. Factor hora-pico.....	38
Fórmula N° 3. Velocidad Promedio.....	40
Fórmula N° 4. Flujo de saturación.....	54
Fórmula N° 5. Factor de ajuste por vehículos pesados.....	54
Fórmula N° 6. Capacidad de un grupo de canales.....	55
Fórmula N° 7. Demora promedio por vehículo.....	52
Fórmula N° 8. Demora por llegadas uniforme.....	55
Fórmula N° 9. Factor de ajuste por progresión.....	56
Fórmula N° 10. Demora por llegadas aleatorias.....	56
Fórmula N° 11. Demora agregada.....	56
Fórmula N° 12. Demora para la intersección.....	57
Fórmula N° 13. Velocidad de flujo libre.....	57
Fórmula N° 14. Volumen ajustado.....	58
Fórmula N° 15. Densidad.....	59
Fórmula N° 16. Velocidad media para zona de influencia.....	60
Fórmula N° 17. Velocidad media para zona de divergencia.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Criterios de clasificación de vías urbanas.....	24
Tabla N° 2: Cuantificación de la vialidad del AMC para el año 2008.....	25
Tabla N° 3: Capacidad ideal.....	31
Tabla N° 4: Medidas de eficiencia según el tipo de infraestructura.....	36
Tabla N° 5: Ancho de canales av. San Martín y av. José Ángel Lamas previo a la construcción del elevado San Martín.....	63
Tabla N° 6: Ubicación de paradas de autobús en tramo avenida San Martín sentido este-oeste.....	64
Tabla N° 7: Medidas de longitud de los tramos que conforman el elevado San Martín	65
Tabla N° 8: Inventario vial intersección av. San Martín con av. José Ángel Lamas.....	67
Tabla N° 9: Parámetros de diseño del elevado San Martín.....	68
Tabla N° 10: Datos operacionales de intersección previos a la construcción del elevado.....	68
Tabla N° 11: Verificación del cumplimiento de los parámetros geométricos del elevado San Martín.....	69
Tabla 12°: Fases y ciclo del semáforo.....	70
Tabla N° 13: Planilla de cálculo para la evaluación de la intersección av. San Martín con la av. José Ángel Lamas	77
Tabla N° 14: Verificación del cumplimiento de los parámetros geométricos del Elevado San Martín.....	78
Tabla N° 15: Verificación de cumplimiento de parámetros geométricos del proyecto de la ampliación de la autopista Francisco Fajardo - distribuidor Santa Cecilia - Distribuidor Macaracuay.....	79
Tabla N° 16: Fases y ciclo del semáforo.....	81
Tabla N° 17: Datos para la determinación de la capacidad y nivel de servicio del tramo de la autopista Francisco Fajardo-distribuidor Santa Cecilia-distribuidor Macaracuay suministrados por MppTTOP año 2014.....	84
Tabla N° 18: Verificación de cumplimiento de parámetros geométricos del proyecto de la ampliación de la autopista Francisco Fajardo - distribuidor Santa Cecilia - Distribuidor Macaracuay	85
Tabla N° 19 Planilla de conteos manuales Hora-pico en tramo de autopista dist. Santa Cecilia - dist. Los Ruices sentido oeste-este, realizados posterior a la ampliación en el Año2015.....	88
Tabla N° 20 Planilla de cálculo para la evaluación de la operación del segmento básico de la autopista en Hora- Pico (distribuidor Santa Cecilia - distribuidor Los Ruices) sentido oeste-este luego de la Ampliación, año 2015.....	89
Tabla N° 21: Planilla de cálculo para la evaluación de la operación del segmento básico de la autopista sentido oeste-este	91

Tabla N° 22: Planilla de cálculo para la evaluación de la operación del segmento básico de la autopista (distribuidor Santa Cecilia - distribuidor Los Ruices) sentido oeste-este, posterior a la ampliación en el año 2015, con Velocidades medidas en campo.....	92
Tabla N° 23: Planilla de cálculo para la evaluación de la operación del segmento básico de la autopista (distribuidor Santa Cecilia - distribuidor Los Ruices) sentido oeste-este, previo a la ampliación en el año 2015, con Velocidades estimadas por la metodología en HCM 2000.....	93
Tabla N° 24: Planilla de datos de nivel de servicio de la autopista Francisco Fajardo en el tramo distribuidor Los Ruices - La California en el año 2014.....	95
Tabla N° 25: Planilla de datos de nivel de servicio de la autopista Francisco Fajardo en el tramo La California - Distribuidor Macaracuay año 2014.....	95
Tabla N° 26: Planilla de conteos manuales en flujo normal en autopista Francisco Fajardo salida y entrada av. Chicago año 2015.....	96
Tabla N° 27: Planilla de cálculo de la evaluación de la salida de la autopista hacia la av. Chicago sur año 2015.....	98
Tabla N° 28 Planilla de cálculo de la evaluación de la incorporación a la autopista desde la avenida Chicago sentido sur-este año 2015.....	99
Tabla N° 29: Planilla de conteos manuales en flujo normal en autopista Francisco Fajardo salida y entrada av. Los Cortijos año 2015.....	100
Tabla N° 30: Planilla de cálculo de la evaluación de la salida de la autopista Francisco Fajardo a la avenida Los Cortijos norte año 2015.....	101
Tabla N° 31: Planilla de cálculo de la evaluación de la incorporación a la autopista Francisco Fajardo desde la av. Los Cortijos sentido oeste año 2015.....	102
Tabla N° 32: Planilla de cálculo de evaluación de la salida La California sur..	103
Tabla N° 33: Evaluación de la salida hacia Macaracuay.....	104

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: Líneas de aproximación a la línea de PARE.....	126
Anexo N° 2-1: Ubicación y número recomendable de caras de semáforo en intersecciones con calles de doble sentido.....	126
Anexo N° 2-2: Señal de información para indicar destino.....	127
Anexo N° 3: Esquina Palo Grande y plaza Italia antes de la construcción del elevado San Martín	128
Anexo N° 4: Esquina Palo Grande y plaza Italia, modificación de las áreas para la construcción del Elevado San Martín.....	128
Anexo N° 5-1-Señalización del elevado San Martín sentido este - oeste.....	128
Anexo N° 5-2 Señalización del elevado San Martín sentido oeste - este.....	129
Anexo N° 6: Tabla de distribución direccional.....	129
Anexo N° 7: Determinación del grupo de canal.....	130
Anexo N° 8: Tabla factor de ajuste para el flujo de saturación.....	131
Anexo N° 9-1: Relación entre el tipo de llegada y relación de pelotón (R_p)...	132
Anexo N° 9-2: Factor de ajuste de progresión para el cálculo de demora uniforme.....	132
Anexo N° 10: valores de k según el tipo de controlador.....	133
Anexo N° 11: Valores de I para grupo de canales con semáforos corriente arriba.....	133
Anexo N° 12: Criterios de niveles de servicio para intersecciones con semáforos.....	133
Anexo N° 13: Tabla de vehículos equivalentes para segmento de autopista.	134
Anexo N° 14: Curva velocidad vs volumen ajustado y niveles de servicio para segmentos básicos de autopistas.....	134
Anexo N° 15-1: Factores de equivalencia de vehículos pesados y autobuses para autopistas en subidas.....	135
Anexo N° 15-2: Factores de equivalencia de vehículos pesados y autobuses para autopistas en subidas.....	136
Anexo N° 15-3: Factores de equivalencia de vehículos pesados y autobuses para autopistas en bajadas.....	136
Anexo N° 16-1: Factor de ajuste por ancho de canal para la determinación de la velocidad de flujo libre.....	137
Anexo N° 16-2: Factor de ajuste por despeje lateral para la determinación de la velocidad de flujo libre.....	137
Anexo N° 16-3: Factor de ajuste por densidad de distribuidores para la determinación de la velocidad de flujo libre.....	137
Anexo N° 17: Criterios de niveles de servicio para diferentes densidades en segmento básico de autopista.....	137
Anexo N° 18: Criterios de niveles de servicios para segmentos básicos en autopistas.....	139

Anexo N° 19-1: Capacidad en áreas de unión.....	140
Anexo N° 19-2: Capacidad en áreas de divergencia.....	140
Anexo N° 20: Criterios de niveles de servicio para áreas de unión y áreas de divergencia.....	140
Anexo N° 21: Modelo de predicción del valor V_{12} en rampas de entrada.....	141
Anexo N° 22: Modelo de predicción del valor V_{12} en rampas de desincorporación.....	141
Anexo N° 23: Ecuaciones para el cálculo de V_{12} en rampas de desincorporación.....	141
Anexo N° 24: Ecuaciones para el cálculo de V_{12} en rampas de incorporación.....	141

SINOPSIS

El presente Trabajo especial de grado consiste en la evaluación del comportamiento del tránsito en 2 obras del plan "Soluciones Viales" ejecutadas e inauguradas en la ciudad de Caracas por el MppTTOP en el año 2014 con la finalidad de determinar su influencia sobre la red vial.

Realizando un proceso de diversas etapas de investigación, análisis de la problemática existente, compilación de data, levantamiento de información en campo, búsqueda de metodologías de evaluación adecuadas, análisis de la red vial de la ciudad de Caracas, análisis de la evaluación realizada y generación de propuestas, conclusiones y recomendaciones.

Se evaluaron las dos obras con las metodologías correspondientes para cada una de ellas, siendo estas obras la ampliación de la autopista Francisco Fajardo desde el distribuidor Santa Cecilia hasta el Distribuidor Macaracuay y el elevado de San Martín, obteniendo así las medidas de eficiencia representativas para cada una, permitiendo determinar los niveles de servicio y capacidades de las vías estudiadas.

Para la autopista Francisco Fajardo se estudió el tramo desde San Cecilia hasta el Distribuidor Macaracuay, determinando el efecto que tuvo la incorporación de la obra de ampliación, la cual al evaluarla los resultados obtenidos representan una mejoría notoria en los tramos de la autopista, beneficiando así la movilidad de la autopista y otorgándole una mayor capacidad a la vía.

En caso del elevado de San Martín se evaluó la intersección de la av. San Marín y av. José Ángel Lamas, siendo esta una intersección semaforizada se logró determinar el comportamiento de la intersección, el nivel de servicio de la intersección y la capacidad, demostrando así la influencia positiva que significa la incorporación del elevado al permitir una mejor movilización del flujo vehicular y un ahorro de tiempos de viaje en la intersección al retirar un volumen vehicular importante que se veía obligado a transitar por la intersección.

En el presente Trabajo especial de grado se exponen algunas soluciones alternas para mejorar la operación de las obras estudiadas, así como se analizaron obras infraestructura vial que pudieran ejecutarse con la intención de mejorar la movilidad vehicular en la ciudad de Caracas.

CAPITULO I

1.1. Introducción

La red vial de una ciudad es de gran importancia para el desarrollo de las actividades diarias de sus habitantes y es fundamental para el desarrollo de la economía de un país. Hoy en día la planificación de la actividad económica y en especial el sector transporte es indispensable en todo país, por su impacto en la vida y desarrollo de los pueblos. La planificación de los transportes puede agruparse en tres reglones, la importancia que tiene el transporte en el desarrollo general de los países, la magnitud de las inversiones que conllevan las obras de vialidad y la extrema complejidad de este sector dentro del área económica

Según las “Normas para el proyecto de carreteras” publicada por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Venezuela. 1997 para clasificar una vía se debe tomar en cuenta la clasificación administrativa, funcional y geométrica, en vías principales, arteriales, colectoras, locales y expresas y conformada por diversos elementos que permiten su funcionamiento y acceso entre ellas, como rampas, distribuidores, accesos a nivel y elevados que al funcionar y operar en conjunto y de manera óptima permiten brindar un servicio eficiente a los usuarios del sistema.

El sistema vial de la ciudad de Caracas en los últimos años han presentado serios problemas en su funcionamiento debido a la creciente demanda y diversos factores, como la falta de mantenimiento y de planificación de proyectos para mejorar la capacidad de las vías, y el sistema deficiente y poco integrado de transporte público, todos estos factores han generado que las vías alcancen su capacidad, afectando de manera negativa la operación y funcionamiento de la red vial.

Este trabajo especial de grado está orientado a evaluar desde el punto de vista de ingeniería de tránsito la operación y funcionamiento de algunas de las obras de infraestructura vial que se ejecutaron, inauguraron e integraron a la red vial urbana de la ciudad de Caracas en el plan de "Soluciones Viales" por parte del ejecutivo nacional durante el año 2014 con el fin de caracterizar cada una de las obras seleccionadas, realizar un análisis comparativo individual del funcionamiento de las vías antes y después de que se pusieran en funcionamiento dichas soluciones y establecer alternativas, de rutas o controles de operación, para mejorar el funcionamiento de las mismas.

1.2. Planteamiento del Problema

La mayor parte de la infraestructura vial del país, y en especial de la ciudad de Caracas fue construida entre la década de los 50-70, en ese momento la ciudad de Caracas contaba con 2.400.000 habitantes según estudios de la Oficina Metropolitana de Planteamiento Urbano, desde entonces la población de la ciudad ha ascendido a 3.069.341 habitantes para el año 2014 en el área metropolitana de Caracas según cifras del INE basadas en el censo realizado en el 2011. Sin embargo no se han llevado a cabo obras viales importantes que se incorporen a la red vial, debido a esto la demanda de las vías ha aumentado a un ritmo acelerado llegando a exceder la capacidad de las mismas, lo que conlleva a la disminución de los niveles de servicio de las vías que conforman la red vial de la ciudad.

En el período de gobierno que abarca desde 1999 hasta marzo del 2014 se habían construido sólo 285 km de autopistas (19 km anuales) y unos pocos tramos carreteros. (Buffone, M. 2014)⁽¹⁾

Otro factor importante en la problemática que presenta la red vial de Caracas es la falta de mantenimiento, para el año 2000 Caracas contaba con más de 2.650 kilómetros de vialidad construida, pero a pesar de esto los atascos son inevitables en las llamadas horas pico, puesto que “el promedio de deterioro de la vialidad está por encima de 60% y el principal problema del estado actual de los sistemas viales es la falta de mantenimiento y prevención en las mismas” según el presidente del Colegio de Ingenieros de Venezuela CIV (Betancourt, E. 2013). Además de esto, la falta de un sistema de transporte público eficiente e integrado, la baja tasa de ocupación vehicular y poca capacidad de respuesta ante accidentes en las vías contribuyen en el deterioro de la red vial. Esta falta de mantenimiento y oferta vial, y el deficiente sistema de transporte público son consecuencia de una falta de continuidad administrativa en la ejecución de planes y proyectos para el desarrollo y mantenimiento de la red vial.

Como medidas aplicadas por parte del ejecutivo nacional entre 2013 y 2014 se han realizado una serie de obras de infraestructura vial que buscan mejorar el funcionamiento de las vías de comunicación terrestre a nivel nacional, mediante intervenciones, modificando así su geometría y funcionamiento.

⁽¹⁾ Tomado de: <http://obrasdelademocraciavenezolana.blogspot.com/2014/03/red-vial-de-venezuela.html>. Recuperado el 31 de Enero de 2015.

En este trabajo especial de grado se desea caracterizar y evaluar dos de las obras de infraestructura vial que forman parte del plan "Soluciones Viales" ejecutadas e inauguradas durante el año 2014 desde el enfoque de ingeniería de tránsito, para determinar si el efecto de estas obras es positivo o generan un funcionamiento deficiente a la red vial, evaluar qué criterios se utilizaron para su planificación y ejecución, establecer un análisis comparativo de los niveles de servicio antes y después de la incorporación de estas obras viales y generar propuestas y recomendaciones basadas en el estudio y evaluación de estas.

Es importante que este tipo de estudios y evaluaciones se lleven a cabo como parte del proceso de aprendizaje y formación del ingeniero civil como profesional encargado de velar por la correcta planificación, ejecución y seguimiento de las obras civiles e ir formando una serie de criterios y conocimientos que lo lleven a la búsqueda de mejores soluciones, métodos y resultados.

1.3. Antecedentes

Fundamentación Plan Estratégico Caracas Metropolitana (FPECM)

Constituido en septiembre de 1995 por iniciativa del alcalde del Municipio Libertador del Distrito Federal y el Presidente de la C.A. Metro de Caracas de ese año con el objeto de promover la formulación, el seguimiento y la actualización continua de un plan estratégico para la ciudad de Caracas, incorporando la participación activa de los actores fundamentales de la ciudad. En su formulación se consiguió incorporar no sólo a los gobiernos locales sino también a las empresas de servicios en red, las dependencias del Gobierno Nacional con competencias sobre la ciudad y otras instituciones de carácter cultural y académico. Aunque no tuvo continuidad, contribuyó a la comprensión de los problemas que presentaba Caracas a finales del siglo pasado no tuvo carácter oficial y se clausuró en el año 2000.

Plan Estratégico Caracas Metropolitana 2020

Antonio Ledezma alcalde del Área Metropolitana de Caracas (AMC) en el año 2008, a través de la coordinación del Instituto Metropolitano de Urbanismo-Taller Caracas promovió la elaboración del Plan Estratégico Caracas Metropolitana 2020, el cual se constituyó a raíz del plan estratégico metropolitano de Caracas (FPECM), que tenía como propuesta promover la gestión metropolitana y orientar el crecimiento ordenado de la ciudad, con base en la

participación de los principales actores urbanos –públicos, privados y sociedad civil organizada- en la formulación del Plan y en la construcción de la visión compartida de ciudad. El plan se definió 6 líneas estratégicas o áreas de acción, la primera de estas líneas *Caracas Accesible y en Movimiento* cuya finalidad era mejorar el sistema de movilidad del AMC y dependía de 5 aspectos fundamentales:

1. Mejorar la accesibilidad y distribución del transporte publico
2. Mejorar la fluidez del tránsito, incentivar el uso del transporte público y sistemas no motorizados
3. Accesibilidad y conectividad con las zonas periféricas
4. Mantenimiento efectivo de la infraestructura vial y construcción de nuevas vías
5. Promover la creación de la autoridad única de transporte para el área metropolitana de Caracas.

Plan "Soluciones Viales"

Implementado en todo el territorio nacional por el Ministerio del Poder Popular para Transporte Terrestre y Obras Públicas (MppTTOP), fue anunciado en el año 2013 por el Ministro Haiman El Troudi y puesto en marcha el 26 de Mayo de 2014. Este plan se basa en la ejecución de una serie de obras de corta ejecución que incluyen la construcción de puentes, rampas de conexión, viaductos, elevados, ampliaciones de vías para modificar el comportamiento del tránsito vehicular y capacidad de las vías.

Surge de la búsqueda de nuevas soluciones a las problemáticas que presentan las vías de todo el país. En el plan se desarrollaron 51 soluciones viales, 17 de estas se realizaron en la ciudad de Caracas de las cuales 3 iniciaron sus trabajos en 2013 y fueron inauguradas a principios del año 2014, las otras 14 se construyeron e inauguraron en 2014. Para el año 2015 se plantearon otras 14 soluciones viales para la ciudad de Caracas.

Análisis preliminar de factibilidad de soluciones viales a la Autopista Francisco Fajardo tramo El Ciempies-La California.

Trabajo Especial de Grado realizado por Fernández F., Carlos J.

Profesor guía Ing. Javier Castro

Fecha Octubre 2009

El objetivo fundamental del TEG fue el de diagnosticar desde el punto de vista operacional un tramo de la autopista Francisco Fajardo para detectar los principales problemas de capacidad y operación.

Se determinó si las soluciones halladas para la fecha reducían o solucionaban los problemas detectados en el diagnóstico.

Propuestas de alternativas de movilidad terrestre en el sentido norte-sur sobre el río Guaire y la autopista Francisco Fajardo, para la ciudad de Caracas, Venezuela.

Trabajo Especial de Grado realizado por Herrera C., Alejandra.

Profesor guía Ing. Javier Castro

Fecha Noviembre 2014

El TEG tuvo como objetivo plantear propuestas conceptuales de alternativas a la red vial en la ciudad de Caracas en sentido norte-sur sobre el río Guaire realizando estudios detallados de ingeniería que conducen al proyecto de una red vial luego de un proceso preliminar para seleccionar rutas que cumplan las necesidades de comunicación, dar continuidad a la red vial y factibilidad de la alternativa propuesta.

1.4. Alcance y Limitaciones

El enfoque del Trabajo Especial de Grado será evaluativa. La investigación estará enfocada desde el punto de vista de ingeniería de tránsito en la evaluación de 2 de las 14 soluciones viales que forman parte del plan "Soluciones Viales" aplicado por el ejecutivo nacional que fueron elaboradas e inauguradas en el año 2014.

Para la selección de las 2 obras se tuvo en consideración factores como el tipo de obra, la geometría y operación de las mismas y la cantidad y calidad de data obtenida de cada una de las obras. Las obras seleccionadas para la realización del TEG serán:

- Elevado de San Martín
- Ampliación de la autopista Francisco Fajardo-distribuidor Santa Cecilia-distribuidor Macaracuay.

Los factores a evaluar serán niveles de servicio, capacidad y configuración geométrica de las obras seleccionadas. Se analizará la configuración geométrica planteada en los proyectos de las obras, puesto que no se disponen de los recursos

necesarios para realizar levantamiento de información en campo que permita verificar que las condiciones establecidas en los proyectos no hayan sido modificadas durante su construcción. En este estudio solo se revisaran caminos alternativos y alternativas para la operación de movilidad terrestre de manera conceptual, basadas en la factibilidad de las mismas.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Evaluar el comportamiento del tránsito en 2 obras del plan "Soluciones Viales" ejecutadas e inauguradas en la ciudad de Caracas por el MppTTOP en el año 2014 para evaluar el impacto de las mejoras sobre su operación.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Caracterización de las 2 obras seleccionadas presentadas en el plan de "Soluciones Viales" implementadas en la red vial de la ciudad de Caracas ejecutadas e inauguradas en el año 2014 para poder evaluar su configuración geométrica.
- Evaluar la configuración geométrica y operacional de las 2 obras seleccionadas del plan "Soluciones Viales" para conocer si estas cumplen con los parámetros establecidos en las normas vigentes utilizadas en el país.
- Plantear soluciones alternas para mejorar la operación de las mismas.
- Establecer recomendaciones sobre los controles de operación en las obras estudiadas con la finalidad de mejorar el funcionamiento de las mismas.

CAPITULO II – MARCO TEÓRICO

2.1. Movilidad

Según el Manual de Vialidad Urbana 1981, se define la movilidad como la facilidad de movimiento de bienes y personas que condicionan la estructura de las ciudades y se relaciona con el uso de vehículos de motor. Siendo la movilidad el criterio predominante en el planteamiento y ejecución de una vía.

2.2. Red vial

La red vial se define como un conjunto de vías debidamente clasificadas y conectadas entre sí, que pueden tener características geométricas y operacionales diferentes y permiten el tránsito de vehículos y peatones.

2.2.1. Clasificación de la red vial

Según el Manual de Vialidad Urbana 1981, la red vial se clasifica según el contexto nacional y urbano, el contexto nacional se refiere al sistema carretero y el contexto urbano se refiere al sistema de vías distribuidoras y de vías de acceso como se muestra a continuación.

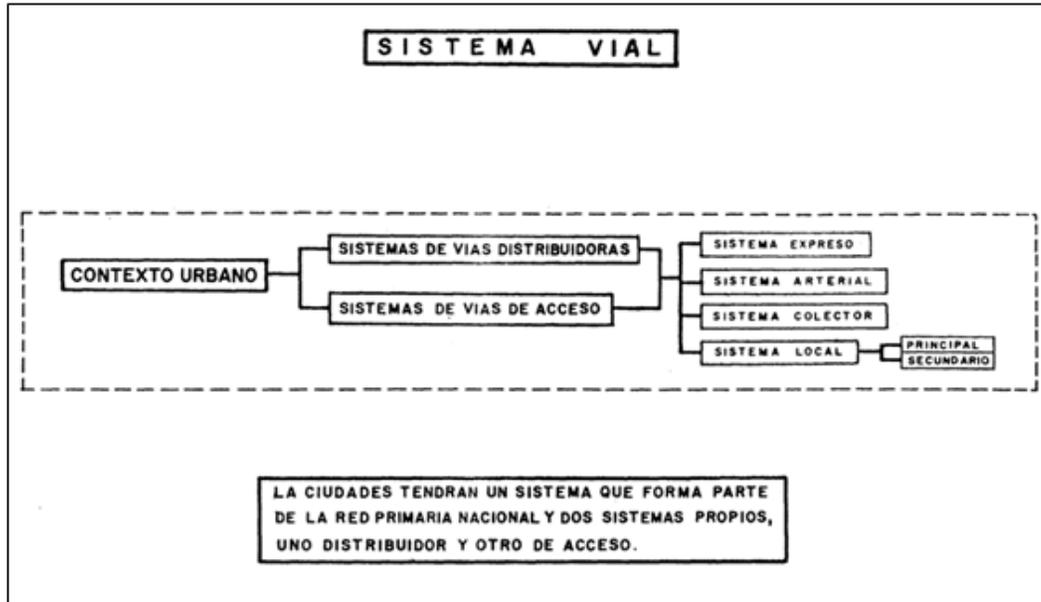


Figura N° 1. Sistema Vial. Fuente: Manual de vialidad urbana 1981.

El sistema vial urbano según el Manual de Vialidad Urbana 1981 comprende los sistemas de vías distribuidoras y sistemas de vías de acceso, estos se sub dividen en:

- *Sistema Expreso*, son vías de carácter expedito, accesos controlados y posibilidad de desarrollo de altas velocidades, cuya función es acomodar altos volúmenes de tránsito provocados por la demanda de viajes de larga distancia.
- *Sistema Arterial*, son vías cuya función es la de permitir movimiento de bienes y personas, están coordinadas y bien enlazadas con los sistemas de rango inferior (colector) y superior (expreso) cuando este exista.
- *Sistema Colector*, son vías que se encuentran en una posición intermedia entre el movimiento y el acceso, su función principal es coordinar y complementar los sistemas básicos que están por encima y por debajo de él, es decir, servir de puente entre la distribución de bienes y personas y el servicio de acceso a las edificaciones.

Las vías colectoras requiere un alto grado de flexibilidad, pudieran proveerse zonas de estacionamiento paralelo, de carga y descarga personas y/o mercancías, paradas de autobuses y facilitar los movimientos de viraje. La velocidad estará entre los 25 y 40 Kph dependiendo de la hora y el volumen.

Este sistema es susceptible de traer altos volúmenes en la hora-pico y su carácter de eslabón fundamental entre el sistema local y arterial obliga a disponer secciones transversales que, en muchos casos, pueden ser más amplias que las prevista para el sistema arterial.

- *Sistema Local*, son vías cuya finalidad es dar servicio a las edificaciones, proporcionándoles acceso a las mismas y están enlazadas convenientemente con el sistema colector a fin de suministrar y recibir el tránsito externo y el fundamental del área misma a través de él.

Las velocidades en vías locales deben ser bajas ya que el objetivo de este sistemas es proporcionar acceso a las edificaciones por lo que ocurren paradas frecuentes y gran cantidad de virajes, así como un alto uso de circulación peatonal; estas velocidades de operación se encontrarán entre los 15 y 35 Kph.

A continuación se representan los criterios de clasificación de las vías urbanas.

Tabla N° 1: Criterios de clasificación de vías urbanas

	Sistema			
	Expreso	Arterial	Colector	Local
Función	100% movilidad	70% movilidad, 30% acceso	50% movilidad, 50% acceso	100% acceso
Accesos	Control total	Control parcial	Bajo control	Ningún control
Longitud media mayoría de viajes	> 5 Km	> 2 Km	< 2 Km	< 1 Km
Transporte público	Solo expreso	Todo tipo	Todo tipo	Solo en áreas centrales
Velocidad	> 60 Kph	40 - 60 Kph	< 40 Kph	20-30 Kph
Espaciamiento	2 - 5 Km	0,5 - 1,5 Km	0,4 - 0,8 Km	0,1 Km

Fuente: Manual de vialidad urbana 1981.

La movilidad de Caracas se caracteriza por presentar 3 componentes o subsistemas (infraestructura, transporte público y circulación) los cuales se encuentran poco integrados entre sí, además de presentar un crecimiento urbano desligado de la planificación del transporte. Además de esto la ciudad presenta diversos aspectos que inciden en la movilidad de la misma, como:

- Uso intenso de vías secundarias para “viajes de paso”
- Baja tasa de ocupación vehicular
- Falta de políticas públicas acordes a la realidad
- Deficiente coordinación de reparación y mantenimiento vial
- Sistema de transporte público ineficiente

Estos aspectos generan como consecuencia que se produzcan ciertos problemas, como:

- Congestionamientos frecuentes
- Baja velocidad de operación
- Transporte masivo saturado

2.2.2. Red vial y movilidad del área metropolitana de Caracas

La red vial principal de la ciudad está constituida predominantemente por vías este-oeste, debido a la forma del valle de Caracas. La red vial urbana del área metropolitana de Caracas (AMC) está constituida de la siguiente manera.

Tabla N° 2: Cuantificación de la vialidad del AMC para el año 2008.

Servicio	Jerarquía	Longitud (Km)	Superficie ocupada (Ha)	Porcentaje
Vías de alta movilidad	Expresas	193	483,05	7 %
	Arteriales	346	692,66	13 %
	Colectoras Principales	192	288,11	14 %
Vías de mediana movilidad	Colectoras Secundarias	186	223,13	
Vías de alta accesibilidad	Locales y Marginales	1.733	1.732,44	66 %
Total		2.650	3.419,39	100 %

Fuente: Adaptación del folleto "Avances del Plan Estratégico Metropolitano - Caracas Metropolitana 2020". 2007

La red vial interurbana del AMC que comunica al AMC con el resto del país está constituida por las siguientes vías de acuerdo la clasificación del Ministerio del poder popular para Transporte y Comunicaciones:

- Troncal 001 (Autopista Regional del Centro)
- Troncal 009 (Autopista Gran Mariscal de Ayacucho)
- Local 001-Miranda (Carretera Panamericana)
- Local 002-Distrito Capital (Autopista Caracas-La Guaira)
- Local 004-Miranda (Carretera Petare-Santa Lucia)
- Local 005-Distrito Capital (Antigua carretera Caracas-La Guaira)
- Local 012-Miranda (Carretera vieja Petare-Guarenas)

Las autopistas Francisco Fajardo y Valle-Coche interconectan la ciudad con el sistema vial nacional. Estas vías además canalizan los movimientos internos de tipo expreso de la ciudad. Con ello la movilidad del AMC se ve afectada por un tráfico de paso que realizan sus viajes regionales.

2.3. Infraestructura vial

Se define como el conjunto de elementos físicos y que permiten el desplazamiento de vehículos de una manera confortable y segura a lo largo de su recorrido, su función es la de permitir la fluidez del tránsito de manera efectiva mediante la ejecución de obras que complementan la estructura vial principal de la ciudad y sus conexiones con el sistema secundario, garantizando un mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura vial existente.

El objetivo principal de la infraestructura vial es la de promover el correcto funcionamiento de la red vial estableciendo criterios para la jerarquización de las vías e impulsar la construcción de las conexiones viales necesarias para lograr que el tránsito de paso hacia las subregiones no atraviese la ciudad.

2.4. Sección transversal típica

Se define como sección transversal típica aquella que siendo normal a la vía, muestra las dimensiones y características de los elementos que se mantienen constantes en un tramo específico de ella y definen el carácter de la vía. Los elementos de la sección transversal típica se muestran en la siguiente figura.

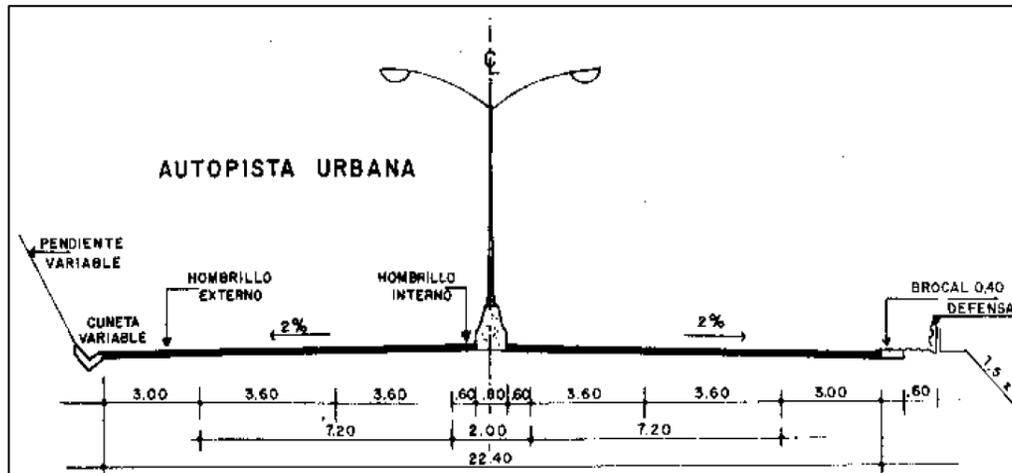


Figura N° 2. Sección transversal típica autopista urbana. Fuente: Manual de Vialidad Urbana. 1981

2.5. Ingeniería de tránsito

La ingeniería de tránsito es una rama de la ingeniería civil que se ocupa de la planificación, el diseño, la construcción, las operaciones y la administración de un sistema de transporte.

"La rapidez, el costo y la capacidad del transporte disponible tienen un impacto significativo sobre la vitalidad económica de un área y en la habilidad de obtener el máximo aprovechamiento de sus recursos naturales". (Garber y Hoel, 2005, p. 3).

2.5.1. Tránsito Continuo

Jacob Carciente (1980), en el flujo continuo un vehículo que recorra un tramo de vía no se verá obligado a detenerse en ningún instante por causas ajenas a la corriente de tráfico, como, por ejemplo, un cruce o un semáforo, si bien puede tener que hacerlo por causas inherentes al propio tráfico. (p. 207).

En el sistema urbano el flujo continuo es propio de:

- Tramos básico de autopistas
- Áreas de entrecruzamientos
- Enlaces
- Sistemas de Autopistas

2.5.1.1. Autopista

Según el Highway Capacity Manual (2000), una autopista es una vía dividida, con dos o más canales por sentido, cuya función prioritaria es la de proporcionar movilidad, tiene total control de acceso, todos los cruces son a desnivel, el flujo es completamente continuo. Está constituida por una serie de segmentos conectados:

- Segmentos Básicos, se refieren a aquellos que no se encuentran afectados por los movimientos de los ramales de entrada y salida o por zona de entrecruces.
- Rampas o Ramales, se refiere a tramos de autopista que permitan movimientos de entrada o salida a la autopista.
- Zona de Entrecruces, se refiere a aquellas áreas de entrecruces donde se presenta la convergencia seguida de divergencia en una distancia corta.

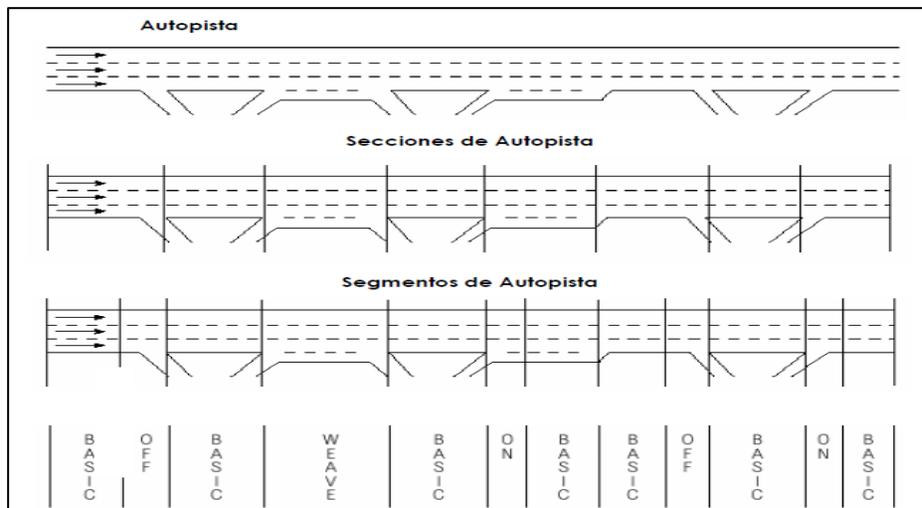


Figura N° 3. Conversión de un tramo de autopista en segmentos .Fuente: Adaptación del Highway Capacity Manual 2000 realizada por FONTUR 2007.

2.5.2. Flujo Discontinuo

Según Jacob Carciente (1980) en el flujo discontinuo el vehículo que recorre un tramo de vía podrá encontrarse con elementos que lo obliguen a detenerse como por ejemplo cruces o semáforos.

Este tipo de flujo es propio de:

- Intersecciones semaforizadas
- Intersecciones no semaforizadas (controladas por señales de alto y señales de paso)
- Vías arteriales
- Vías colectoras

2.5.2.1. Intersecciones

Según Garber J. Nicholas y Hoel A. Lester (2005), se denomina como intersección a un área que se compartida por dos o más caminos y cuya función principal es posibilitar el cambio de dirección de la ruta.

Las características propias de las intersecciones influyen en las decisiones de los conductores, respecto de cuál de las rutas alternativas tomar. Las intersecciones se clasifican en tres categorías:

- A desnivel sin rampas
- A desnivel con rampas (distribuidores viales)
- A nivel

Las intersecciones a desnivel constan de estructuras que distribuyen al tránsito a niveles diferentes sin interrupción. El potencial de accidentes en las intersecciones a desnivel se reduce, porque se eliminan muchos conflictos potenciales entre los flujos vehiculares que se cruzan. Las intersecciones a nivel no distribuyen al flujo vehicular a diferentes niveles y, por tanto, se presentan conflictos entre los flujos vehiculares que se cruzan.

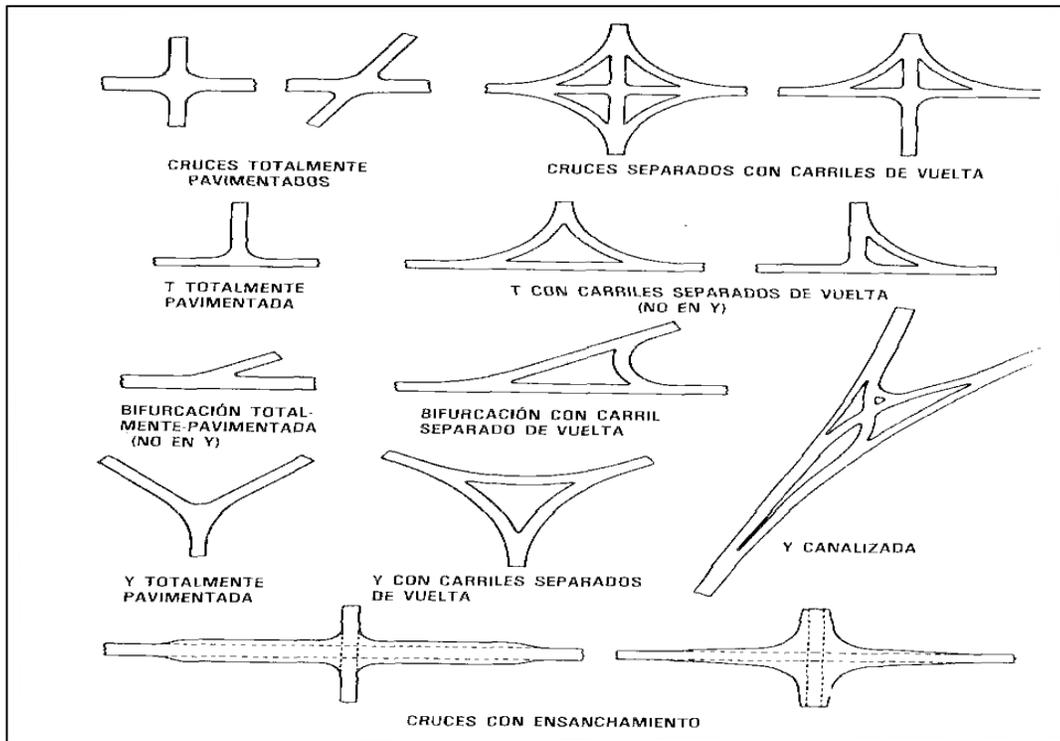


Figura N° 4. Tipos de intersecciones a nivel. Fuente: Wright, P. y Paquette R. Ingeniería de carreteras, 1999.

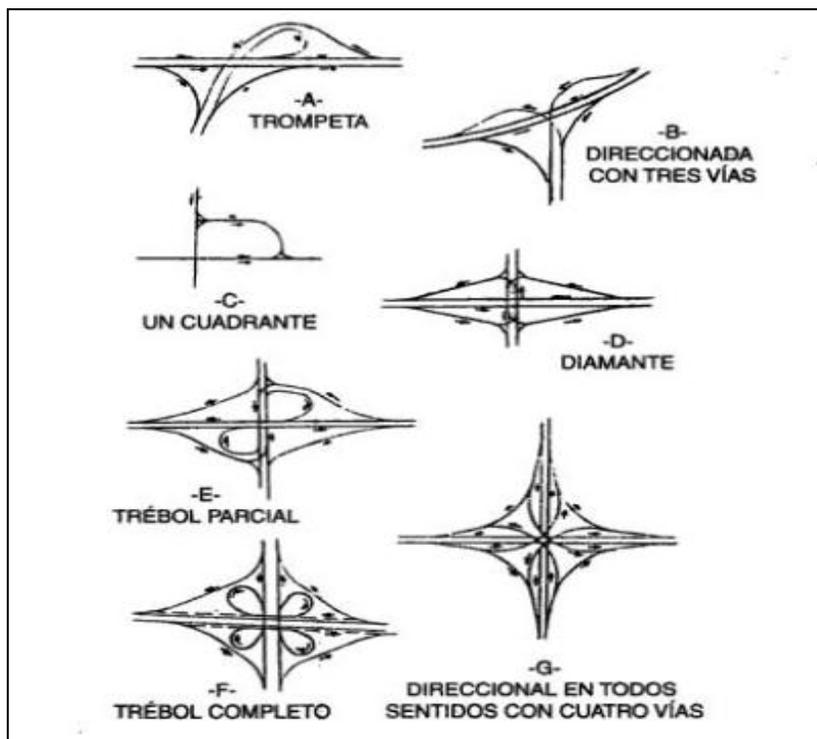


Figura. N° 5. Intersecciones a desnivel. Fuente: Garber, N. y Hoel, L. Ingeniería de tránsito y carreteras, 2005.

2.5.2.2. Isletas y canalizaciones

Paul H. Wright y Radnor J. Paquette (1999), en las intersecciones pueden utilizarse las isletas o las marcas sobre el pavimento para facilitar el flujo seguro y ordenado de los vehículos y peatones.

Las isletas se agrupan por lo general en tres grandes clases:

- Direccionales o canalizadas que se diseñan para servir de guía al conductor a lo largo de intersección indicándole la ruta a seguir.
- Separadoras sirven para alertas al conductor con respecto a las intersecciones y regular el flujo de tránsito dentro y fuera de la misma.
- Seguridad se localiza cerca del cruce de peatones, para ayudar y proteger a los que cruzan la carretera.

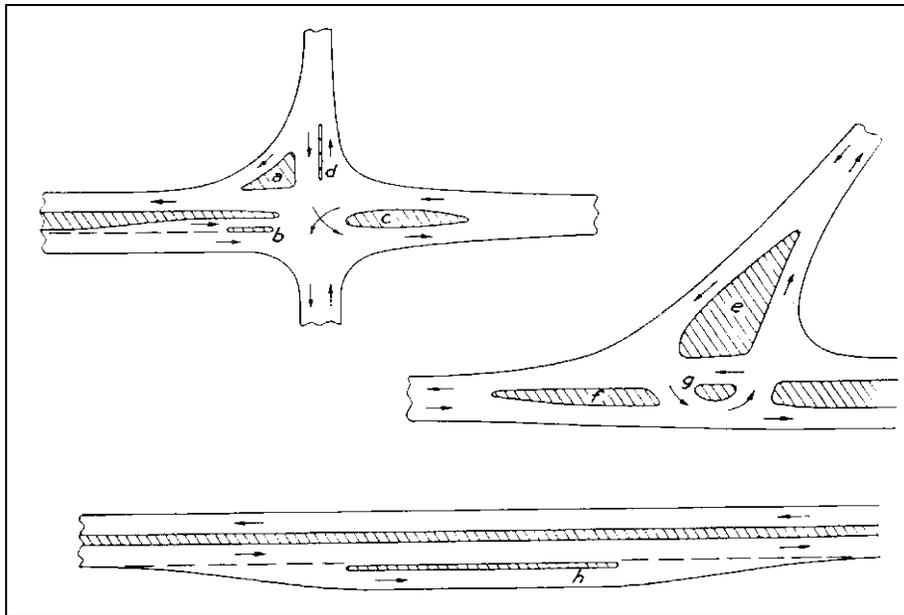


Figura. N° 6. Tipos generales y forma de las isletas. Fuente: Garber, N. y Hoel, L. Ingeniería de tránsito y carreteras, 2005.

2.5.3. Capacidad

Según las normas venezolanas para el Proyecto de Carreteras (1997):

La capacidad se define como la mayor cantidad de vehículos que pueden transitar por una determinada sección de la vía, durante un periodo de tiempo escogido, de acuerdo a las condiciones prevalecientes de la vía y del tránsito. Se expresa en vehículos livianos por hora.

El estudio de capacidad de un sistema vial representa un estudio cuantitativo y cualitativo, por medio del cual se puede evaluar la suficiencia (cuantitativo) y la calidad (cualitativo) del servicio que ofrece el sistema vial a los usuarios que se movilizan por él.

Para determinar la capacidad de un sistema vial es necesario conocer sus características físicas y las características del flujo vehicular, bajo una variedad de condiciones de operación sujetas a los dispositivos de control y al medio ambiente

2.5.3.1. Capacidad ideal

Según la norma venezolana para el Proyecto de Carreteras (1997):

La vía tiene una capacidad máxima ideal cuando se cumplen las siguientes condiciones:

2.5.3.1.1. En relación a las condiciones geométricas de la vía:

- Velocidad de diseño alrededor de 95 Kph
- Canales de circulación iguales o mayores a 3,60 m c/u
- No más de 3 canales de circulación por sentido
- Hombrillos laterales iguales o mayores a 1,80 m
- Visibilidad irrestricta.
- Terreno llano, pendientes no mayores del 2%
- Pavimento seco y en buen estado

2.5.3.1.2. En relación a las condiciones operacionales de la vía:

- Capacidad de maniobra irrestricta
- Ausencia de camiones o buses
- Ausencia de señalización limitadora de maniobra
- Distribución direccional balanceada, 50/50 (solo en carreteras de un canal por sentido)

Tabla N° 3: Capacidad ideal

Tipo de Vía	Capacidad en Vph
Autopista de 4 o 6 canales	2000 vph por canal

Fuente: Normas venezolanas para el Proyecto de Carreteras, 1997.

2.5.3.2. Condiciones que afectan la capacidad de la vía

En las normas venezolanas para el Proyecto de Carreteras (1997), están establecidos los valores de afectación para cada uno de los factores mencionados.

2.5.3.2.1. Factores de la vía

Son las características físicas de la vía, su diseño y componentes que puedan considerarse constantes.

- Ancho de canal
- Obstrucciones laterales
- Ancho de hombrillos
- Condiciones del pavimento
- Alineamiento horizontal
- Pendiente

2.5.3.2.2. Factores de tránsito

Son aquellos componentes variables que pueden presentarse en períodos de tiempo, como lo son la densidad y el clima.

- Porcentaje de camiones en la vía
- Porcentaje de autobuses en la vía
- Distribución del tráfico por canal
- Capacidad de maniobra

2.5.3.2.3. Factores ambientales

Se refiere al estado del tiempo

2.5.4. Densidad de tránsito

Wright (1999), define la densidad del tránsito como el número promedio de vehículos que ocupan una unidad de longitud de una carretera en un momento dado. En general se expresa en veh/Km, la densidad del tránsito está en función de la velocidad y el volumen. Se utiliza para describir la calidad del flujo a lo largo de autopistas y otras carreteras de carriles múltiples.

2.5.5. Niveles de Servicio de una vía

Según Carciente (1980), para describir las condiciones de operación que un conductor experimentará durante su viaje por una carretera se acuñó el término nivel de servicio. El mismo denota las diferentes condiciones de operación que pueden ocurrir en un carril o camino dado, cuando aloja diferentes volúmenes de tráfico. Es una medida cualitativa del efecto de una

serie de factores, tales como la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones de la circulación, la libertad de maniobrar, la seguridad, la comodidad y facilidad de conducción y la economía. (p. 220).

Según el manual de Highway Capacity Manual 2000 Del TBR se establecen seis niveles de servicio, cada nivel define las condiciones de operación de las vías asociándolas con a una letra.

2.5.6.1. Nivel de servicio A

Se refiere a una vía con flujo libre, volúmenes de tránsito bajos y velocidades altas, densidad baja. No hay restricciones a las maniobras ocasionadas por la presencia de otros vehículos.

2.5.6.2. Nivel de servicio B

Se refiere a una vía con flujo estable, velocidades de operación que comienzan a restringirse por las condiciones del tránsito.

2.5.6.3. Nivel de servicio C

Se refiere a una vía que se encuentra dentro de un rango de flujo estable, las velocidades y posibilidades de maniobras están controladas por altos volúmenes de tráfico.

2.5.6.4. Nivel de servicio D

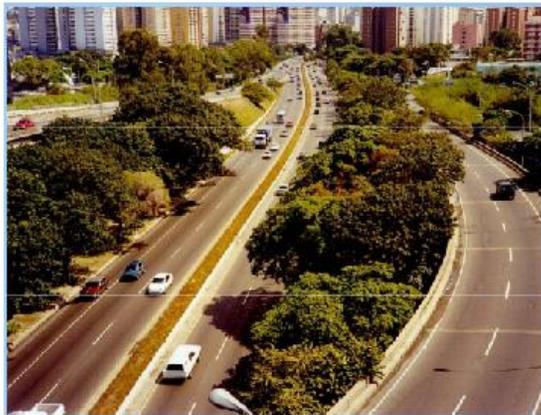
Se refiere a una vía con flujo próximo a inestable, con velocidades de operación aún satisfactorias, pero afectadas considerablemente por los cambios en las condiciones de operación.

2.5.6.5. Nivel de servicio E

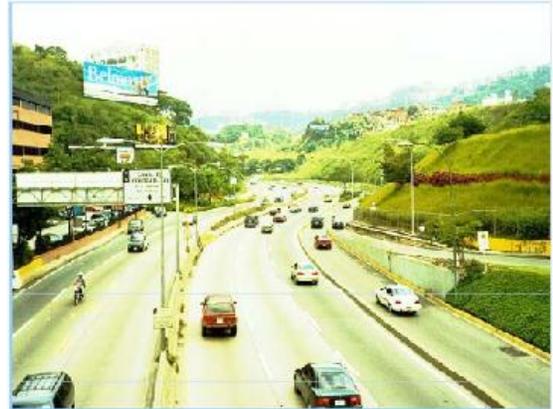
Se refiere a una vía cuyo flujo es inestable, volúmenes de tráfico correspondientes a la capacidad. Pueden ocurrir paradas de corta duración.

2.5.6.6. Nivel de servicio F

Se refiere a una vía cuyo flujo es forzado, las velocidades bajas y volúmenes inferiores a los de la capacidad, pudiendo producirse paradas. En casos extremos, la velocidad puede descender a cero.



Nivel de servicio A - Flujo Libre



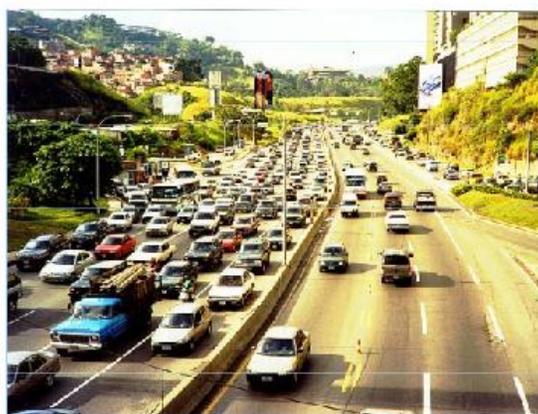
Nivel de Servicio B - Flujo Estable



Nivel de servicio C - Flujo estable



Nivel de servicio D - Flujo proximo a inestable



Nivel de servicio E - Flujo Inestable



Nivel de servicio F - Flujo Forzado

Figura. N° 7: Niveles de servicio. Fuente Adaptación de Garber, N. y Hoel, L. Ingeniería de tránsito y carreteras 2005.

2.5.6. Dispositivos de control de tránsito

Como especifica el manual venezolano de dispositivos uniformes para el control de tránsito (2011), los dispositivos para el control del tránsito comprenden señales verticales, demarcaciones, semáforos y demás dispositivos que son colocados sobre la vialidad o en sus inmediaciones a fin de prevenir, regular y guiar a los usuarios.

Este manual también especifica los colores, dimensiones, elementos, el mensaje escrito, la retrorreflexividad y la manera de la ubicación de las mismas.

2.5.7. Señalización

Según el Manual de Mantenimiento vial venezolano (1986):

La señalización es el conjunto de medidas destinadas a controlar y a orientar el tránsito, así como a proteger a los usuarios de la vía y a los trabajadores de mantenimiento vial, mediante el uso de señales adecuadas.

La señalización de las carreteras se debe mantener en todo momento en condiciones que permitan el desplazamiento del tránsito con un mínimo de molestias y un máximo de seguridad. La señalización comprende:

- La instalación y conservación de señales permanentes
- El empleo de señales provisionales

El manual venezolano de dispositivos uniformes para el control de tránsito (2009), clasifica las señales verticales de acuerdo con la función que cumplen en:

- Señales de reglamentación
- Señales de prevención
- Señales de información

2.5.8. Semáforos

Según el Manual Venezolano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito 2009, los semáforos son dispositivos de señalización mediante los cuales se controla la circulación de vehículos, bicicletas y peatones en vías, asignando el derecho de paso o prelación de vehículos y peatones secuencialmente, por las indicaciones de las luces de color rojo, amarillo y verde, y siendo operados por una unidad de control.

De acuerdo con el mecanismo de operación de sus unidades de control, los semáforos se clasifican en:

- Semáforos para el control de tránsito de vehículos, los cuales se pueden clasificar en:
 - ❖ Semáforos de tiempos fijos o predeterminados
 - ❖ Semáforos accionados o activados por el tránsito los cuales pueden ser:
 - ✓ Parcialmente accionados
 - ✓ Totalmente accionados

- Semáforos para pasos peatonales, los cuales se dividen en:
 - ❖ Parcialmente accionados
 - ❖ Totalmente accionados

- Semáforos Especiales, que se dividen en:
 - ❖ Semáforos de destello o intermitentes
 - ❖ Semáforos para regular el uso de canales
 - ❖ Semáforos para maniobras de vehículos de emergencia
 - ❖ Semáforos y barreras para indicar la aproximación de trenes

2.5.9. Factores del tránsito

Para efectuar un proyecto vial es necesario conocer las características de tránsito que condicionaran la sección transversal de la vía.

Tabla N° 4: Medidas de eficiencia según el tipo de infraestructura

	Tipo de infraestructura vial	Medidas de eficiencia
Autopistas	Segmentos básicos	Densidad, velocidad, relación volumen a capacidad
	Tramos de entrecruzamiento	Densidad, velocidad
	Rampas de enlaces	Densidad
Intersecciones	Con semáforos	Demora por controles
	De prioridad	Demora por controles
Vías arteriales	Arterias urbanas	Velocidad de recorrido
Pasos peatonales	Peatones	Espacio, eventos, demoras, velocidad

Fuente: Adaptación propia, 2015.

2.5.9.1. Velocidad

La velocidad es un factor muy importante para el conductor a la hora de seleccionar una ruta para realizar su viaje o cuando se planifica un sistema de

transporte, esto se debe a que la medida con la cual se juzga a la vía es el tiempo de viaje y este último está directamente relacionado con la velocidad.

La velocidad que puede desarrollarse en una vía sin tomar en cuenta las habilidades individuales de los conductores o de las características de sus vehículos, dependerá de una serie de factores, como las características geométricas de la vía, el clima, presencia de otros vehículos, dispositivos de control de tránsito, entre otros, que limiten la velocidad que presente la vía.

En las Normas para Proyecto de carretera (1997) se definen los siguientes términos para la velocidad de una vía:

- Velocidad de operación, se define como la velocidad predominante que pueden alcanzar los conductores en un tramo uniforme de vía en condiciones favorables.
- Velocidad de diseño, es la máxima segura que puede alcanzarse en un condiciones favorables de clima y tránsito, en un determinado trayecto de vía de características uniformes. Esta velocidad se utiliza para coordinar todos los elementos de diseño, principalmente la curvatura, peralte y visibilidad.

2.5.9.2. Promedio diario de tránsito (PDT)

Es el número total de vehículos que pasan por una carretera en ambos sentido durante un año dividido entre 365 días. Se hacen conteos manuales o mecánicos en periodos representativos del año y el PDT se obtiene por medio de una extensión estadísticas de dichos datos.

Para determinar el PDT de una vía que se habrá de construir el cálculo se complica pues hay que estimar el tránsito que pasara por la misma con base al tránsito inducido y el tránsito generado.

2.5.9.3. Proyección del tránsito

La proyección del tránsito se basa en el PDT actual para la estimación del tránsito futuro que tendrá la vía, para la proyección del tránsito se toma en cuenta los siguientes factores:

- Crecimiento vegetativo del tránsito
- El tránsito atraído
- El tránsito generado por nuevos desarrollos en el entorno

Para la proyección del tránsito hasta el año de diseño, se utiliza la siguiente fórmula.

$$PDT_{Futuro} = PDT_{Actual} \times (1 + t)^n$$

Fórmula N° 1. Proyección del tránsito.

Fuente: Norma para el proyecto de carreteras, 1997.

Donde:

t: Tasa de crecimiento interanual, en el período considerado

n: Cantidad de años en dicho período

2.5.9.4. Volumen de Hora-Pico

Es el volumen máximo horario que se genera a determinada hora del día, se determina mediante conteos continuos durante las 24 horas del día y en diferentes días de un periodo adoptado. Como no todo el volumen durante la hora-pico es uniforme se utiliza el factor de hora-pico FHP que se obtiene dividiendo el volumen de hora-pico entre el mayor volumen registrado en intervalos de 15 min.

$$FHP = \frac{\text{Volumen Hora - Pico}}{\text{Mayor Volumen en 15' x 4}}$$

Fórmula N° 2. Factor hora-pico.

Fuente: Nicholas J. Garber y Lester A. Hoel. Ingeniería de tránsito y carreteras, 2005.

2.5.9.5. Distribución direccional

La distribución direccional se refiere a la distribución del tránsito en cada sentido, se obtiene por medio de conteos separados por sentido en carreteras sin divisoria, generalmente mediante conteos manuales. La distribución direccional tiende a ser consistente en una determinada localidad y varia a lo largo del día en función de las actividades de la zona. Anexo N° 6

2.5.9.6. Composición del tránsito

La composición del tránsito se refiere a las características que poseen todos los vehículos que circulan por una vía, estos vehículos se dividen en dos grupos:

- Vehículos livianos, todo aquel vehículo de dos (2) ejes y cuatro (4) ruedas. A este grupo también pertenecen los vehículos tipo sedán, limosinas y camiones livianos generalmente llamados camionetas.

- Vehículos pesados, todo aquel vehículo con más de cuatro (4) ruedas. A este grupo pertenecen camiones, autobuses, remolques, y semirremolques.

2.5.10. Estudios de tránsito

Garber J. Nicholas y Hoel A. Lester agrupan en tres categorías los estudios de tránsito en:

- Inventarios, proporciona una lista o una exposición grafica de la información existente, como anchos de calle, espacios de aparcamiento, rutas de tránsito, reglamentos de tránsitos, entre otros.
- Estudios administrativos, comprenden los registros existentes de ingeniería que están disponibles en las dependencias y departamentos de gobierno. Esta información se usa para preparar un inventario de los datos importantes.
- Estudios dinámicos, consisten en la recolección de datos en condiciones operativas e incluyen estudios de velocidad, volumen de tránsito, tiempo y demoras de viaje, aparcamiento y choques.

2.5.10.1. Estudios de Volumen

Se realizan para recolectar datos del número de vehículos y/o peatones que pasan por un punto en una instalación de una carretera durante un periodo específico de tiempo. Este periodo varía desde 15 minutos hasta un año, dependiendo del uso anticipado de los datos.

Los estudios de volumen de tránsito se realizan cuando se requieren ciertas características de volumen, como:

- Promedio diario de tránsito anual (PDTA)
- Promedio diario de tránsito (PDT)
- Volumen hora pico (VHP)
- Clasificación de vehículos
- Kilometros-vehículo de viaje

2.5.10.2. Relación Volumen-Capacidad

Se utiliza como factor de gran importancia en la identificación de nivel de servicio, toma en cuenta el volumen de demanda y la capacidad de la vía, este factor indica la relación del volumen que transita por la vía respecto a su capacidad.

2.5.10.3. Estudios de Velocidad

Los estudios de velocidad se realizan para estimar la distribución de la velocidad de los vehículos en un flujo vehicular y en un lugar específico en una vía. La velocidad de un vehículo se define como la rapidez de movimiento del vehículo expresada en Kph.

- *La velocidad promedio*, es la media aritmética de todas las velocidades observadas de los vehículos (es igual a la suma de todas las velocidades en el sitio divididas entre el número de velocidades registradas). Esta dada como:

$$\bar{u} = \frac{\sum f_i \times u_i}{\sum f_i}$$

Fórmula N° 3. Velocidad Promedio.

Fuente: Nicholas J. Garber y Lester A. Hoel. Ingeniería de tránsito y carreteras, 2005.

Donde:

\bar{u} : media aritmética

f_i : Número de observaciones en cada grupo de velocidad

u_i : Valor medio para el grupo i-ésimo de velocidad

2.5.11. Conteos de tránsito

Los conteos de tránsito pueden dividirse en:

- Conteos volumétricos, en los cuales se cuentan la cantidad de vehículos que pasan por una sección transversal dada de vía durante un tiempo determinado. Los conteos de volumen de tránsito se realizan mediante dos métodos básicos:
 - ❖ Método Manual, en el conteo intervienen una o más personas que, por medio de un contador, registran a los vehículos observados.
 - ❖ Método Automático, se emplea la instalación en el camino de detectores de superficie o detectores debajo de la superficie, los cuales detectan los vehículos que pasan y transmiten la información a un registrador, que se conecta al detector a un lado del camino.
- Conteos direccionales, en los cuales se cuentan la cantidad de volumen de vehículos que realizan un movimiento determinado, es decir se cuentan la cantidad de vehículos que pasan por una sección transversal determinada de vías y realiza giros, cruces o siguen rectos.

- Conteos clasificados, en los cuales se cuentan la cantidad de vehículos livianos, pesados y transporte público que pasa por una sección transversal de vía determinada.

2.5.11.1. Conteos en intersecciones

Se realizan para determinar clasificaciones de vehículos mediante movimientos rectos y de giros en las intersecciones. Estos datos son útiles para la determinación de longitudes de fase y de tiempos de ciclo en las intersecciones señalizadas, en el diseño de las canalizaciones en las intersecciones, y en el diseño general de mejoras en las intersecciones.

2.5.11.2. Conteos de volumen peatonal

Se realizan en ubicaciones tales como estaciones del metro, los puntos a la mitad de la cuadra y los cruces de calles para peatones. Estos conteos se llevan a cabo cuando se va a hacer la evaluación de las instalaciones existentes o de las propuestas para peatones (pasos peatonales a desnivel, inferiores o superiores).

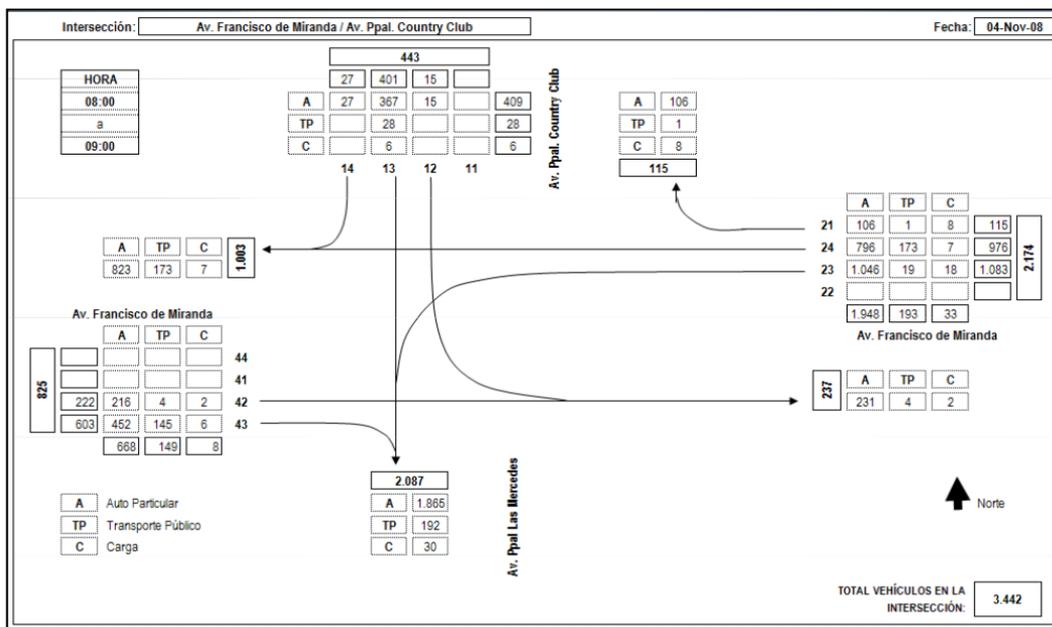


Figura. N° 8: Ejemplo típico de conteos direccionales y clasificados.
Fuente: Conteo facilitado por la empresa Somelca.

2.6. Plan "Soluciones Viales"

En el año 2013 el Gobierno Nacional aprobó el plan "Soluciones Viales" el cual fue anunciado por el Ministro Haiman El Troudi y puesto en marcha ese

mismo año por el Ministerio del poder popular para el Transporte Terrestre y Obras Públicas (MppTTOP). Este plan se basa en la ejecución de una serie de obras simples para modificar el comportamiento del tránsito vehicular y capacidad de las vías y que garanticen un impacto en el alivio del congestionamiento en conexiones viales de gran demanda en las principales ciudades, este plan surgió de la búsqueda de nuevas soluciones a las problemáticas que presentan las vías de todo el país.

El Troudi (citado por Yormaibeth, 2014) señalo que la gran mayoría de los proyectos son ejecutados por la empresa estatal Vialidad y Construcciones Sucre (VycSucre), y otras en alianzas con privados.

En el Área Metropolitana de Caracas (AMC) se realizaron 7 diferentes obras en el año 2013, que incluyen el elevado de Los Dos Caminos (el más largo del país), la incorporación al sector Longaray con la rampa que se construyó en la autopista Valle-Coche, y el puente sobre el río Guaire que permite enlazar directamente desde la autopista a la urbanización Las Mercedes.

En total, para el año 2014 fueron 51 proyectos, entre puentes, rampas de conexión, viaductos, ampliaciones de vías y elevados, de corta ejecución que se desarrollaron en 16 estados del país. En el Área Metropolitana de Caracas se construyeron 14 de estas soluciones viales, con una inversión de 1.373 millones de bolívares durante ese año. Estas soluciones comprenden:

- Acceso puente "9 de Diciembre" a la autopista Francisco Fajardo
- Acceso desde Bello Monte a la autopista Francisco Fajardo
- Prolongación de la avenida Río de Janeiro-Puente Baloa.
- Acceso autopista Francisco Fajardo-Los Cortijos.
- Acceso sentido oeste (sector Círculo Militar de La Rinconada -ARC)
- Puente sector La Sosa, carretera vieja Caracas-Los Teques
- Ampliación de la autopista Francisco Fajardo-distribuidor Santa Cecilia-distribuidor Macaracuay.
- Ampliación Puente Petare
- Elevado La Yaguara
- Mejoramiento integral del distribuidor Santa Cecilia
- Acceso avenida Río de Janeiro-El Rosal
- Acceso desde La California Sur a la avenida Río de Janeiro.
- Elevado de San Martín
- Viaducto conexión entre la autopista Valle-Coche y Norte-Sur

Haiman El Troudi, (citado por Yormaibeth, 2014), indicó que la construcción de las obras del plan "Soluciones Viales" son una de las cuatro aristas contempladas en el gran plan estratégico concebido por el despacho del Ministro Haiman El Troudi (MppTTOP) para descongestionar el tránsito, que abarca también los sistemas de transporte masivo, la construcción de nuevas vías y el ordenamiento del transporte público.

Cada solución vial tiene un riguroso estudio técnico-científico detrás. Se observa primero el problema de congestión y se realiza un conteo estadístico de los vehículos. Se efectúa un modelaje estadístico para calcular la distribución de probabilidad a través de la cual se comporta la cola, usando lo que se conoce como Teoría de Cola. Luego de tener el modelo matemático-estadístico, se realiza una simulación computarizada y se ensayan las soluciones y se corre el modelo para ver cómo se comporta. Además, subrayó que la calidad de los puentes colocados sobre el río Guaire son de última tecnología, de fabricación canadiense. "Se construyen rápido, son más económicos y de buena calidad".

Adicionalmente, con la Misión Transporte, el Estado entregó unidades de transporte público para atender sectores que no eran cubiertos tradicionalmente, y se crearon sistemas de transporte superficial en 55 ciudades en el año 2014. "La capacidad de autobús, permitiría sacar 30 carros de circulación que conllevaría a un impacto positivo en el descongestionamiento", estimo el MppTTOP (citado por Yormaibeth, 2014).

El plan "Soluciones Viales" continuó en el año 2015, planteado y construyéndose 52 nuevas soluciones viales en 17 estados del país, de las cuales se realizan 14 soluciones serán en el área metropolitana de Caracas.

De las 14 soluciones viales implementadas en 2014, se estudiarán en el presente trabajo especial de grado solo 2 de ellas:

2.7.1. Ampliación de la autopista Francisco Fajardo-distribuidor Santa Cecilia-distribuidor Macaracuay

2.7.1.1. Autopista Francisco Fajardo

El primer tramo de la autopista denominada en un comienzo como "Autopista de Caracas" fue inaugurado durante el gobierno del general Marcos Pérez Jiménez. Esta vía cruza la ciudad de oeste a este con sus respectivas ramificaciones, empalma con la autopista Gran Mariscal de Ayacucho (Petare-Guareñas) a nivel de Petare, y al suroeste de la ciudad de Caracas se bifurca a través de la urbanización Mamera y finaliza en Las Adjuntas y Macarao, en donde se divide en una carretera hacia Caricuao y en otra vía hacia Los Teques (Carretera vieja Caracas-Los Teques).

En la actualidad la autopista Francisco Fajardo es la vía más importante en la ciudad de Caracas, es una de las vialidades más transitadas del país. Debido al crecimiento en la población así como el parque automotor, su capacidad ha sido mermada originando así grandes congestionamientos y retrasos en todos sus usuarios.

2.7.1.2. Proyecto ampliación de la Autopista Francisco Fajardo, distribuidor Santa Cecilia – distribuidor Macaracuay.

Uno de los problemas que presentaba la autopista Francisco Fajardo era que su capacidad se veía superada por la reducción de ancho de calzada para lograr el paso por debajo del antiguo puente de Santa Cecilia, generando congestionamientos.

El proyecto consistió en la ampliación de la sección transversal en sus tramos a la altura de Santa Cecilia – Los Ruices y Los Ruices – Macaracuay, de la autopista Francisco Fajardo, para ello se modificó la geometría del distribuidor Santa Cecilia para la adaptación a la ampliación, construyéndose muros a los laterales para permitir la incorporación del nuevo canal y nuevas rampas de conexión.

La ampliación va a lo largo de 2.615 Km y se dividió en dos tramos, Tramo Santa Cecilia – Los Ruices de 1.095 km y Los Ruices – Macaracuay de 1.520 km.

Además de esto fue necesario relocalizar el eje de la autopista, y se realizaron diferentes modificaciones de las entradas y salidas a lo largo de la

ampliación para adecuar su geometría y alineamiento al nuevo ancho de calzada. Se incorporó también una salida de la autopista a la avenida Los Cortijos con movimiento al norte que no existía previamente.

2.7.2. Elevado San Martín

2.7.2.1. Avenida San Martín y avenida José Ángel Lamas

La avenida San Martín fue construida en el año 1955, siendo esta ruta una calle real que se utilizó como la antigua carretera occidental de Caracas, el corredor vial cuya construcción se realizó durante el gobierno de Pérez Jiménez abarca tres parroquias, San Juan, El Paraíso y La Vega. Para la época en la zona de Capuchinos ubicada en la parroquia San Juan a nivel de la plaza Italia, prevalecía la existencia de galpones industriales, siendo uno de los principales puntos de la zona, la avenida José Ángel Lamas formaba parte del callejo del Guarataro utilizado como zona industrial.

2.7.2.2. Proyecto Elevado San Martín

El proyecto contempla el diseño estructural para la construcción de un elevado de aproximadamente 250 metros de longitud, con el objetivo de descongestionar la intersección entre la avenida José Ángel Lamas y la avenida San Martín, a la altura de la plaza Italia, con una reducción del traslado estimada en 35 minutos.

El elevado está ubicado en la avenida San Martín a lo largo de su eje central y tiene 1 canal por sentido, debido a su construcción fue necesario modificar la estructura divisoria de la avenida en las proximidades del elevado, en la parte inferior del elevado en la avenida San Martín la calzada quedo de aproximadamente de 4,20 m.

CAPITULO III - MARCO METODOLÓGICO

La metodología adoptada para la evaluación de las obras implementadas por el Ministerio del Poder Popular para el Transporte Terrestre y Obras Públicas MppTTOP durante el año 2014 consistirá en un análisis comparativo desde el punto de vista de ingeniería de tránsito, analizándose solo las obras y tramos de vía en las que estas se encuentran. Se evaluará la manera en la que están operando dichas vías y las características geométricas que presentan las obras en proyecto. Cada obra se evaluará de manera individual.

Se realizará la recopilación de la data necesaria para efectuar la evaluación a través de la realización de inventarios viales, estudios físicos y dinámicos, para estos últimos solo se realizarán algunos de los estudios que los mismos comprenden, algunos datos necesarios para estos estudios serán obtenidos de diversas fuentes y otros serán generados en el presente trabajo de grado.

Se realizará la descripción de cada una de las obras enfocándose en los aspectos generales de las mismas, tales como, la ubicación, planimetría, perfil longitudinal y sección transversal típica de estas.

Para analizar la geometría de las obras seleccionadas, se compararán sus parámetros geométricos establecidos en el proyecto de las obras con la normativa vigente con las que fueron proyectadas a fin de verificar que cumplan con los estándares estipulados.

La evaluación operacional consistirá en la comparación del nivel de servicio y la capacidad de las vías o intersecciones antes y después de la construcción de las obras seleccionadas.

Como se estudiarán dos tipos de obras diferentes, una ampliación de un tramo de autopista y un elevado, por lo tanto la evaluación operacional de cada una de estas obras se analizará utilizándose la metodología acorde para cada una de ellas que se especifica en el Highway Capacity Manual 2000.

A continuación se presentan los flujogramas metodológicos para cada uno de los casos a estudiar.

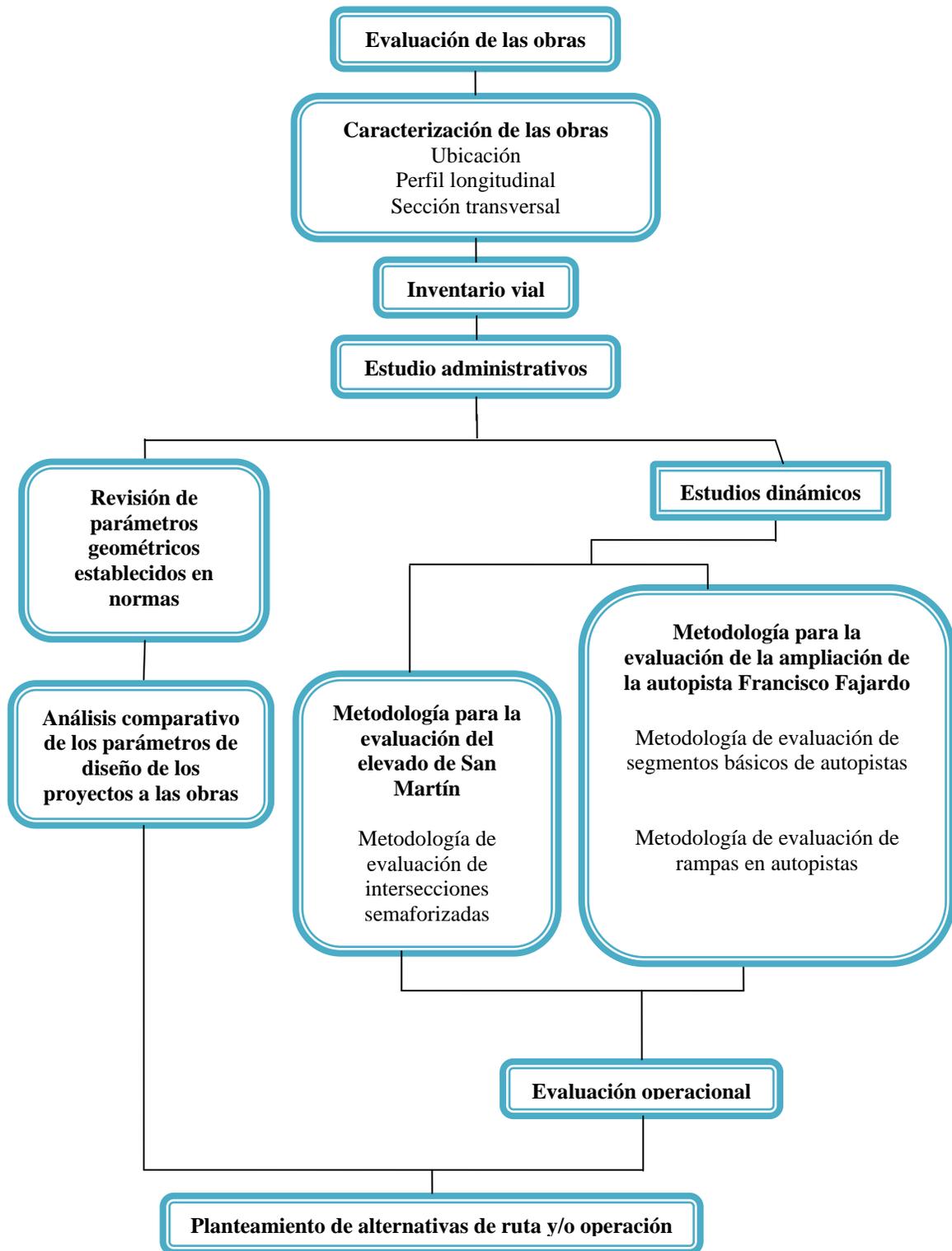


Figura. N° 9. Flujoograma de la metodología para la evaluación de las obras a estudiar.
Fuente: Elaboración propia, 2015.

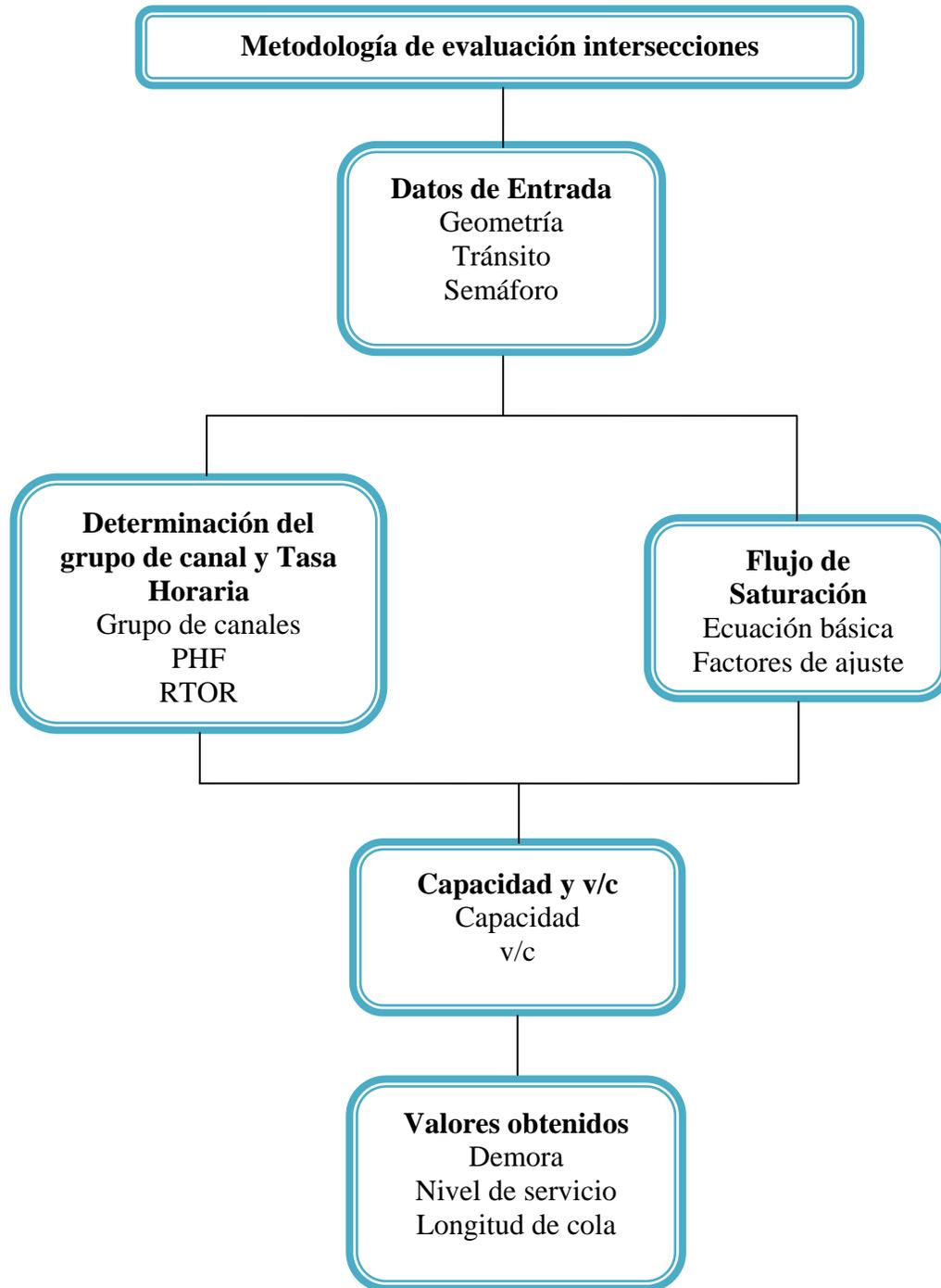


Figura. N° 10. Flujograma de la metodología para la evaluación del elevado. Fuente: Adaptación propia del Highway Capacity Manual 2000, 2015.

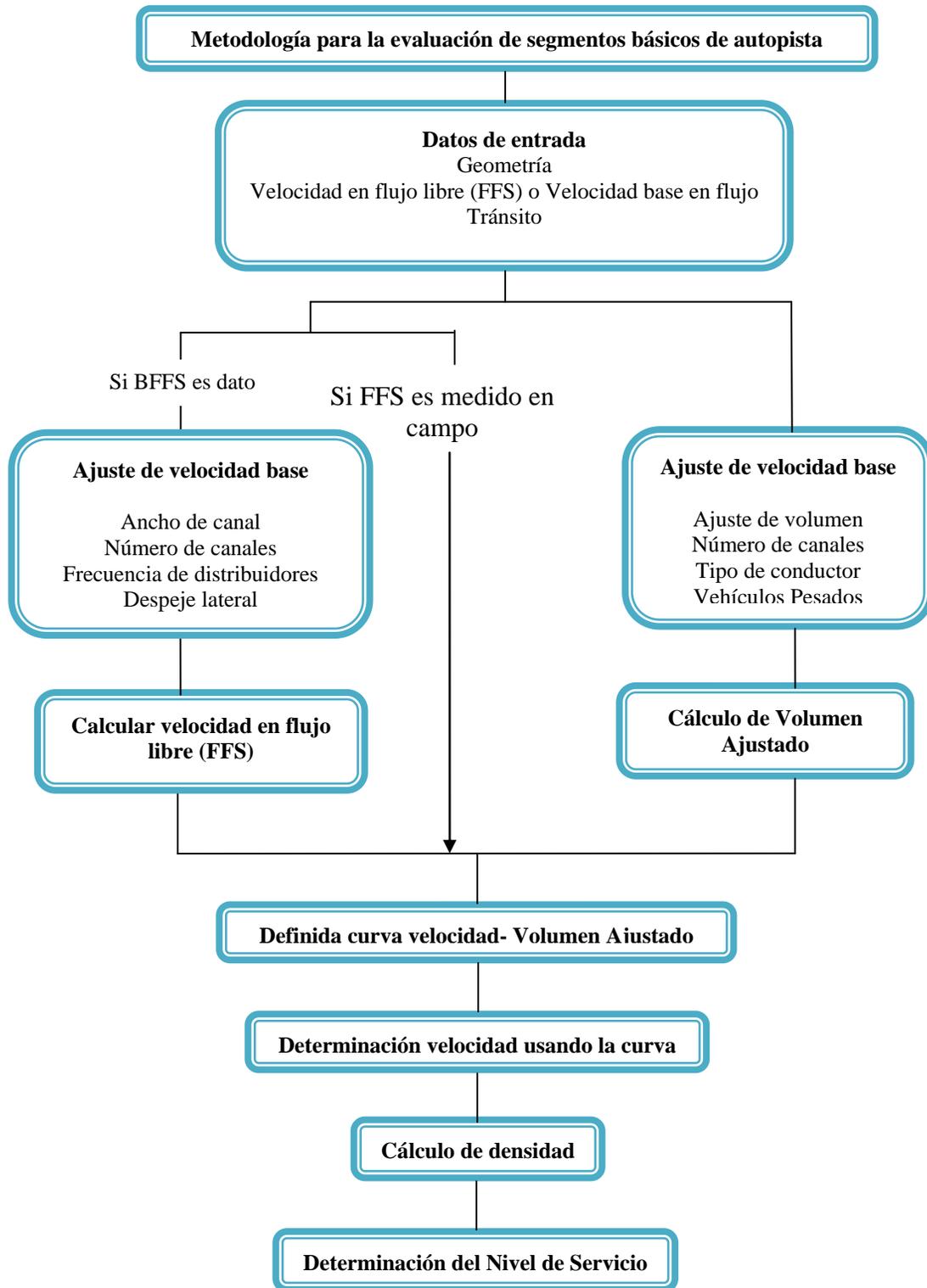


Figura. N° 11. Flujograma de la metodología para la evaluación de segmentos básicos de autopista. Fuente: Adaptación propia del Highway Capacity Manual 2000, 2015.

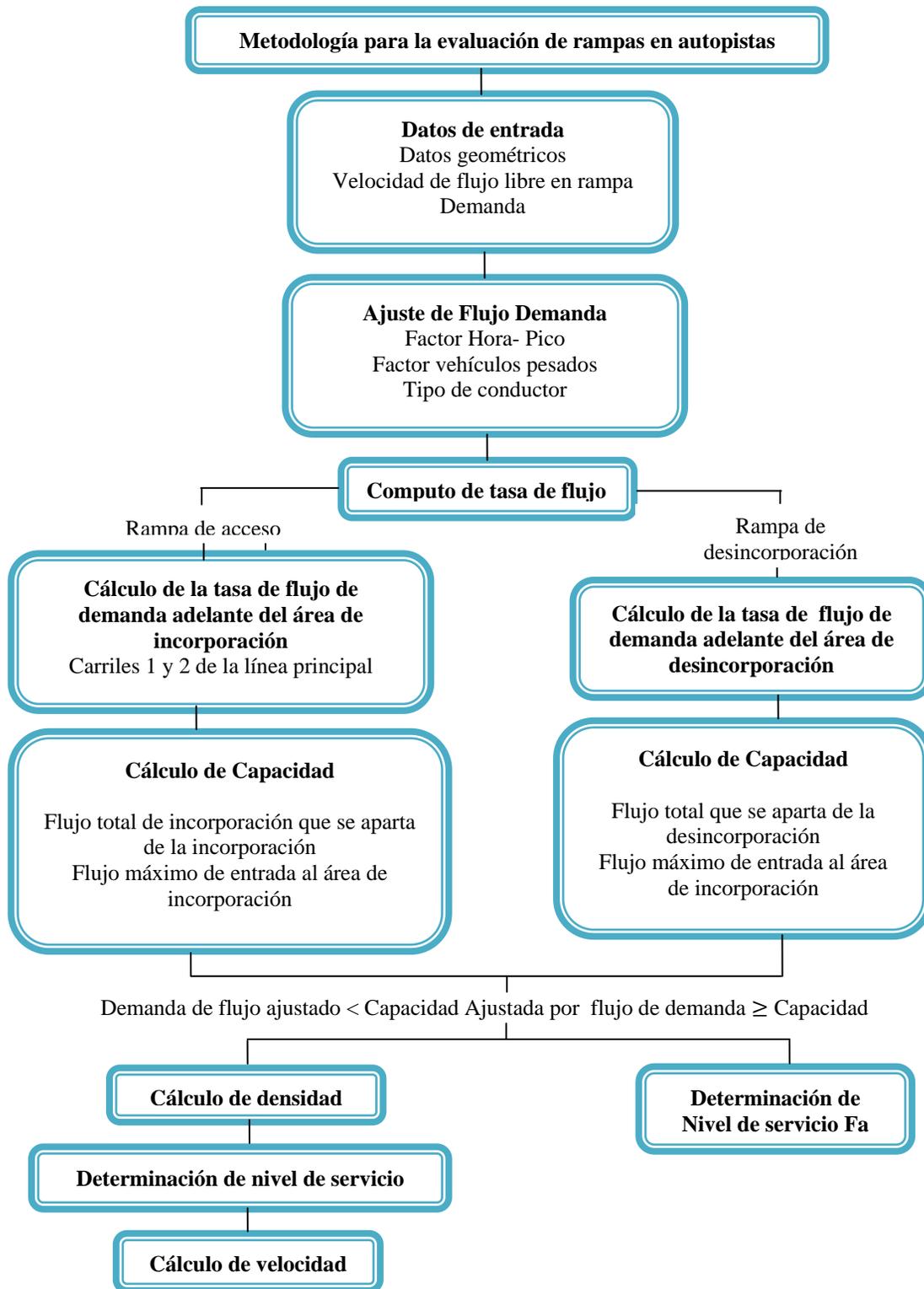


Figura. N° 12. Metodología de evaluación para rampas en autopistas.
Fuente: Adaptación propia del Highway Capacity Manual 2000, 2015.

3.1. Caracterización de las obras

Se realizara una descripción de las obras a estudiar enfocada en aspectos como:

- Ubicación de las obras y las vías que conectan las mismas, para la cual se generarán esquemas de ubicación del sitio.
- Representación gráfica de ubicación, se generarán representaciones graficas de proyección horizontal de las zonas de estudio de las obras con la intención de indicar la magnitud y detalles de mayor relevancia del terreno.
- Perfil longitudinal, se desarrollará una descripción general sobre los trazados longitudinales de las obras. Los perfiles longitudinales se representaran esquemáticamente y se generarán tablas resúmenes.
- Sección transversal típica de las mismas, se describirán los elementos geométricos de las secciones transversales que conforman cada uno de los tramos de las zonas de estudios y las obras y se generarán representaciones graficas de las mismas.

Así mismo, se tomaran otros aspectos geométricos o dispositivos de control de tránsito que se consideren de interés como radios de giro o señalizaciones verticales, entre otras.

3.2. Inventario vial

Se realizará la investigación y recopilación de datos de las zonas donde se ejecutaron las obras, con el objetivo de obtener información de las características geométricas tales como, vías que conectan, número de canales y anchos de los mismos, número de semáforos en intersecciones, sentidos de circulación, entre otros. Además de la recopilación de información obtenida del MppTTOP se realizarán recorridos visuales por cada una de las obras.

3.3. Estudios administrativos

La obtención de los datos administrativos consistirá en la recopilación y organización de datos existentes disponibles de las fuentes consultadas, siendo la principal fuente los datos del MppTTOP. Los datos administrativos de las vías están conformados por datos de conteos, niveles de servicio, capacidad y proyecciones de tránsito para el año 2015 (según estudios tendenciales basado en el año 2011 realizados por INTT y Alcaldías) realizados en los tramos de las vías de estudio, previos a la ejecución de las obras.

Cabe destacar que en el casos del elevado de San Martín no se contará con información de conteos previos y posteriores a la ejecución de las obras debido a desorganización administrativa entre el MppTTOP y la alcaldía correspondiente, por lo que solo se obtendrá el nivel de servicio de las obras a través de proyecciones tendenciales de tránsito basados en el año 2011 realizados por INTT y Alcaldías.

3.4. Revisión de los parámetros geométricos establecidos en normas

Para la realización del estudio operacional y geométrico se llevará a cabo la revisión de las siguientes normas vigentes utilizadas para la realización de las obras y manuales de referencia, enfocadas al área de ingeniería de tránsito.

- Manual venezolano de dispositivos uniformes para el control de tránsito 2009. INTT, FONTUR, CIDT
- Norma para el proyecto de carreteras 1997 Ministerio de Transporte y Comunicaciones
- Manual de Mantenimiento vial 1986 Ministerio de Transporte y Comunicaciones
- Manual de Vialidad Urbana 1981. Ministerio del Desarrollo Urbano Despacho del Ministro.
- Highway Capacity Manual 2000.

3.5. Revisión de los parámetros de diseño de los proyectos de las obras

El análisis comparativo de los parámetros geométricos establecidos en el proyecto de las obras en estudio se realizará utilizando las normas vigentes con las cuales fueron proyectadas dichas obras con el objetivo de verificar el cumplimiento de dichas normas. Los puntos principales de la comparación serán la velocidad de diseño y los elementos de la sección transversal.

3.6. Estudios dinámicos

La realización de estudios dinámicos consistirá en la aplicación de los métodos para determinar las condiciones operacionales de los tramos de las vías de estudio, a través de los conteos realizados, para obtener la capacidad y niveles de servicio posterior a las obras y los tramos viales a estudiar a fin de establecer una comparación entre estos y los valores previos.

Se realizarán conteos manuales direccionales clasificados, en el Distribuidor Santa Cecilia y en las algunas de las entradas y salidas del tramo de la autopista a

estudiar. Para el elevado de San Martín se realizarán conteos durante 2 días, dos de ellos con una duración de 1 hora por día para establecer el volumen en condiciones normales, y un conteo durante 2 horas para establecer el volumen hora-pico.

En el caso del volumen hora pico se realizarán visitas a las zonas de estudios con la finalidad de establecer el periodo de tiempo en el que ocurre la hora-pico.

En el caso del elevado se utilizará la metodología planteada en el Highway Capacity Manual 2000 para la evaluación de intersecciones semaforizadas en la cual se establecen los siguientes aspectos:

3.6.1. Metodología para la evaluación del elevado San Martín

3.6.1.1. Datos de entrada

Los datos de entradas se refieren a los datos necesarios para el análisis los cuales son:

- Condición geométrica, comprende los siguientes parámetros: tipo de área, número de canales, promedio de ancho de canal, pendiente, existencia de canales exclusivos para cruces a la derecha y a la izquierda, longitud de bahía y estacionamiento.
- Tránsito, comprende el volumen clasificado por movimiento, flujo de saturación base, factor hora-pico, porcentaje de vehículos pesados, volumen de peatones por acceso, maniobra de autobuses parados y maniobras de estacionamiento, tipo de llegada, proporción de vehículos en verde y velocidad de acceso.
- Semáforo, en este se incluyen longitud del ciclo, tiempo en verde, amarillo más todo rojo, tipo de control, semáforo para peatones, tiempo mínimo para peatones, plan de fase y periodo de análisis.

3.6.1.2. Determinación del grupo de Canal

Se refiere al tipo de análisis que se realizará a los canales, incluye la determinación del factor hora-pico y el factor de ajuste por giro a la derecha durante la fase roja. Anexo N° 7.

3.6.1.3. Flujo de Saturación

Se refiere a la determinación del número máximo de vehículos que pasan por uno o más canales de un acceso de una intersección, tomando en cuenta los factores de ajuste que intervienen.

$$S = S_0 \times N \times f_w \times f_{HV} \times f_g \times f_p \times f_{bb} \times f_a \times f_{LU} \times f_{LT} \times f_{RT} \times f_{Lpb} \times f_{Rpb}$$

Fórmula N° 4. Flujo de saturación.

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Donde:

S : flujo de saturación

S_0 : flujo de saturación base

N : número de canales en el grupo de canales

f_w : factor de ajuste por ancho de canal

f_{HV} : factor de ajuste por vehículos pesados

f_g : factor de ajuste por pendiente de acceso

f_p : factor de ajuste por maniobras de estacionamiento

f_{bb} : factor de ajuste por autobuses que paran

f_a : factor de ajuste por tipo de área

f_{LU} : factor de ajuste por utilización de canal

f_{LT} : factor de ajuste por giros en el grupo de canales

f_{RT} : factor de ajuste por cruces en el grupo de canales

f_{Lpb} : factor de ajuste por conflicto con peatones y bicicletas en giros

f_{Rpb} : factor de ajuste por conflicto con peatones y bicicletas en cruces

En el cálculo se comienza con un flujo base de saturación S_0 , usualmente este es de 1900 veh/h/canal, el cual debe ser ajustado por variaciones de la geometría, tráfico y la ubicación del sitio de estudio.

$$F_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

Fórmula N° 5. Factor de ajuste por vehículos pesados.

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Donde:

E_T y E_R : equivalente a vehículos livianos de camiones, buses y vehículos recreo. Anexo N° 13

P_T y P_R : proporción de camiones, buses y vehículos recreacional (expresado como fracción decimal)

El cálculo para el grupo de factores restantes está expresado en el Anexo N° 8.

3.6.1.4. Capacidad y v/c

Se refiere a la máxima tasa de vehículos que puede razonablemente pasar un determinado grupo de canales.

$$C_i = S_i \frac{g}{C}$$

Fórmula N° 6. Capacidad de un grupo de canales.

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Donde:

C_i : capacidad de un grupo de canales i (veh/h)

S_i : flujo de saturación del grupo de canales i (veh/h)

g/C : relación verde efectivo y ciclo

3.6.1.5. Valores obtenidos

Se refiere a la determinación del nivel de servicio de una intersección semaforizadas relacionada por la demora ocasionada por el semáforo, además se determinara la demora y la longitud de cola.

$$d = d_1 \times (PF) + d_2 + d_3$$

Fórmula N° 7. Demora promedio por vehículo.

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Donde:

d : demora promedio por vehículo

d_1 : demora por llegadas uniformes (s/veh)

PF : factor de ajuste por proyección

d_2 : demora por llegadas aleatorias (s/veh)

d_3 : demora adicional por vehículos en cola al inicio del periodo del análisis (s/veh)

$$d_1 = \frac{0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min\left(1, x\right) \frac{g}{C}\right]}$$

Fórmula N° 8. Demora por llegadas uniformes

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Donde:

d_1 : demora por llegadas uniformes (s/veh)

C : duración del ciclo (s)

g : tiempo verde efectivo para el grupo de canales (s)

x : relación v/c del grupo de canales

$$PF = \frac{(1 - P)f_{PA}}{1 - \left(\frac{g}{C}\right)}$$

Fórmula N° 9. Factor de ajuste por progresión.

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Donde:

$$P = R_p \times \frac{g}{C}$$

Los demás factores se calculan con las tablas Anexo N° 11

$$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right]$$

Fórmula N° 10. Demora por llegadas aleatorias.

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Donde:

d_2 : demora por llegadas aleatorias (s/veh)

T : duración del periodo de análisis

K : factores de incremento de la demora por tipo de semáforo (usar $K=0,5$ para prefijados). Anexos N° 10

I : factor de ajuste por efecto de llegadas de vehículos que pasaron de un semáforo por arriba corriente arriba.

c : capacidad del grupo de canales (veh/h)

x : relación v/c del grupo de canales

La demora residual d_3 , considera la presencia de vehículos en cola al inicio del período de análisis, por tanto los vehículos que llegan a la intersección experimentan demoras adicionales.

Un concepto importante a considerar es la demora agregada d_A , para un acceso de la intersección, se calcula como:

$$d_A = \frac{\sum d_i v_i}{\sum v_i}$$

Fórmula N° 11. Demora agregada.

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Donde:

d_A : demora para el acceso A (s/veh)

d_i : demora grupo de canales i (s/veh)

v_i : volumen ajustado para el grupo de canales i (s/veh)

La demora para la intersección d_I , se calcula como:

$$d_I = \frac{\sum d_A v_A}{\sum v_A}$$

Fórmula N° 12. Demora para la intersección.

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Donde:

d_I : demora por vehículo para la intersección (s/veh)

d_A : demora para el acceso A (s/veh)

v_A : volumen ajustado para el acceso A (s/veh)

El nivel de servicio se calcula usando el Anexo N° 12.

3.6.2. Metodología para la evaluación del tramo de ampliación de la autopista Francisco Fajardo-Distribuidor Santa Cecilia-Distribuidor Macaracuay

La manera en la que se evaluará la ampliación consistirá en analizar cada segmento de autopista según la metodología que le corresponda a cada uno en función a su configuración geométrica y operacional.

3.6.2.1. Metodología de evaluación de segmentos básicos de autopista

3.6.2.1.1. Datos de entrada

Los datos de entradas se refieren a los datos necesarios para el análisis los cuales son:

- Geometría, comprende la longitud del tramo, número y ancho de canales, distancia de despeje lateral, pendientes del segmento.
- Velocidad de flujo libre, comprende la determinación de la velocidad de flujo libre ya sea por medición o determinación indirecta por medio de una velocidad base en flujo libre. La velocidad de flujo libre no siempre es posible medirla en campo, la metodología plantea la posibilidad de determinarla partiendo de una velocidad base de flujo libre (BFFS), la cual estará afectada por las características físicas del tramo que se estudia como el número y ancho de canal, despeje laterales, cambios en la densidad de distribuidores.

$$FFS = BFFS - f_{Lw} - f_{Lc} - f_N - f_{ID}$$

Fórmula N° 13. Velocidad de flujo libre.

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Donde:

FSS : velocidad estimada en flujo libre

$BFFS$: velocidad base en flujo libre

f_{LW} : factor de ajuste por ancho de canal

f_{LC} : factor de ajuste por despeje lateral derecho

f_N : factor de ajuste por número de canales

f_{ID} : factor de ajuste por densidad de distribuidores

Los factores de ajuste se exponen en el Anexo N° 15. Para la velocidad base de flujo libre se pueden asumir los valores sugeridos por el manual de 110 km/h en zonas urbanas y de 120 km/h en zonas rurales.

- Tránsito, comprende la medición de volumen horario clasificado en vehículos livianos, Pesados y vehículos recreacionales.

3.6.2.1.2. *Volumen ajustado*

Consistirá en la medición de los vehículos pesados y ajustarlos llevándolos a unidades de vehículos livianos.

$$V_P = \frac{V}{FHP \times N \times f_{HV} \times f_P}$$

Fórmula N° 14. Volumen ajustado.

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Donde:

V_P : volumen ajustado

V : volumen horario (veh/h)

FHP : factor hora-pico

N : número de canales

f_{HV} : factor de ajuste de vehículos pesados

f_P : tipo de conductor

Factor por ajuste por tipo de conductor, se refiere a la presencia de conductores que no usan regularmente la vía, deben utilizarse valores de f_P entre 0,85 a 1,00, si no es posible contar con un dato confiable se asumirá f_P igual a 1,00.

3.6.2.1.3. *Calculo de densidad*

Consistirá la utilización del valor de volumen ajustado y la velocidad promedio de los vehículos livianos para determinar la relación de capacidad por canal del segmento en estudio.

$$D = \frac{V_P}{S}$$

Fórmula N° 15. Densidad.

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Donde:

D: densidad (cp/Km/canal)

V_P: volumen ajustado

S: promedio de velocidad de vehículos livianos (Km/h)

3.6.2.1.4. *Determinación de nivel de servicio*

Comprende la determinación del nivel de servicio del segmento en estudio, por medio de la estimación de la velocidad y el volumen ajustado, se utiliza la curva Velocidad vs Volumen ajustado Anexo N° 14.

3.6.2.2. *Metodología de evaluación de rampas en autopistas*

3.6.2.2.1. *Datos de entrada*

Los datos de entrada requeridos son los parámetros geométricos de la rampa, velocidad de flujo libre en rampa y la demanda.

- Parámetros geométricos, se refiere a la longitud, tipo de curva, radios entre otros.
- Velocidad de flujo libre en rampa, consistirá en la determinación de la velocidad a la que los vehículos que se incorporan deben entrar en el canal de aceleración y la velocidad a la cual los vehículos bifurcados deben entrar en la rampa
- demanda

3.6.2.2.2. *Ajuste de la demanda de flujo*

Estará definida por los parámetros de hora-pico, vehículo pesado y tipo de conductor. Se utilizará la Fórmula N° 15 descrita previamente.

3.6.2.2.3. *Determinación de tasa de flujo de demanda adelante del área de incorporación o desincorporación*

Se determinará la frecuencia a cual pasan los vehículos por una sección transversal de una calzada en intervalo de tiempo específico a una hora. Para calcularlo se utilizará el Anexo N° 19

3.6.2.2.4. *Determinación de la capacidad*

Se comprobarán la capacidad de los segmentos de autopista antes de los accesos a las rampas, la capacidad de las rampas y la capacidad a la salida de las rampas. Anexo N° 19-1 a Anexo 19-3

3.6.2.2.5. *Determinación del nivel de servicio*

Se determinará mediante la estimación de la densidad en el área de la rampa, en caso que los flujos de demanda del área estudiada superen la capacidad de los segmentos de autopista ya sea entrando o saliendo, automáticamente se asumirá un nivel de servicio F. Anexo N° 20

3.6.2.2.6. *Determinación de la velocidad*

Se determinará la velocidad media para todos los vehículos dentro de un radio de longitud para la zona de influencia de la rampa. Se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$S = \frac{v_{R12} + v_{OA}N_o}{\left(\frac{v_{R12}}{S_R}\right) + \left(\frac{v_{OA}N_o}{S_o}\right)}$$

Fórmula N° 16. Velocidad media para zona de influencia.

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

$$S = \frac{v_{12} + v_{OA}N_o}{\left(\frac{v_{12}}{S_R}\right) + \left(\frac{v_{OA}N_o}{S_o}\right)}$$

Fórmula N° 17. Velocidad media para zona de divergencia.

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Donde:

S_R : velocidad media de los vehículos en el área de influencia de la rampa

S_o : velocidad media de los vehículos que viajan en los canales exteriores

v_{R12} : suma de flujos en la rampa y vehículos que entran en el área de influencia de la rampa.

v_{OA} : tasa de flujo media por canales exteriores

N_0 : número de carriles exteriores en una dirección (no incluye carriles de desaceleración o aceleración).

3.7. Evaluación Operacional

Se evaluará la manera en la que están operando las vías comparándose el nivel de servicio y capacidad de estas, antes y después de la construcción de las obras, luego de recopilarse toda la información necesaria para el cálculo y estimación de dichas condiciones de operación.

Luego de estos se establecerán conclusiones respecto a los aspectos evaluados para cada una de las obras estudiadas.

3.8. Planteamiento de alternativas de ruta y/o operación

Se plantearán alternativas de operación, rutas o dispositivos de control de manera conceptual a fin de proponer mejoras en las obras y zonas estudiadas en el caso en el que aplique. Las alternativas de ruta se indicarán en un gráfico representativo de las zonas.

CAPITULO IV - DESARROLLO METODOLÓGICO

4.1 Elevado San Martín

4.1.1. Caracterización del Elevado San Martín

La avenida San Martín es una vía colectora que conecta la avenida Sucre con la avenida Uslar, la avenida Comercio y la avenida O'Higgins. En su trayectoria se encuentra con la avenida José Ángel Lamas a la altura de la plaza Italia y esquina Palo Grande, a este nivel se proyectó la ejecución de la obra del elevado de San Martín. La construcción del elevado tenía como objetivo descongestionar la intersección entre la av. San Martín y la av. José Ángel Lamas. En el Anexo N° 4 se puede apreciar la esquina Palo Grande antes de que se construyese el elevado.

La intersección a nivel entre la avenida San Martín y la avenida José Ángel Lamas previo a la construcción del elevado San Martín era semaforizada y presentaba la siguiente distribución de movimientos permitidos:

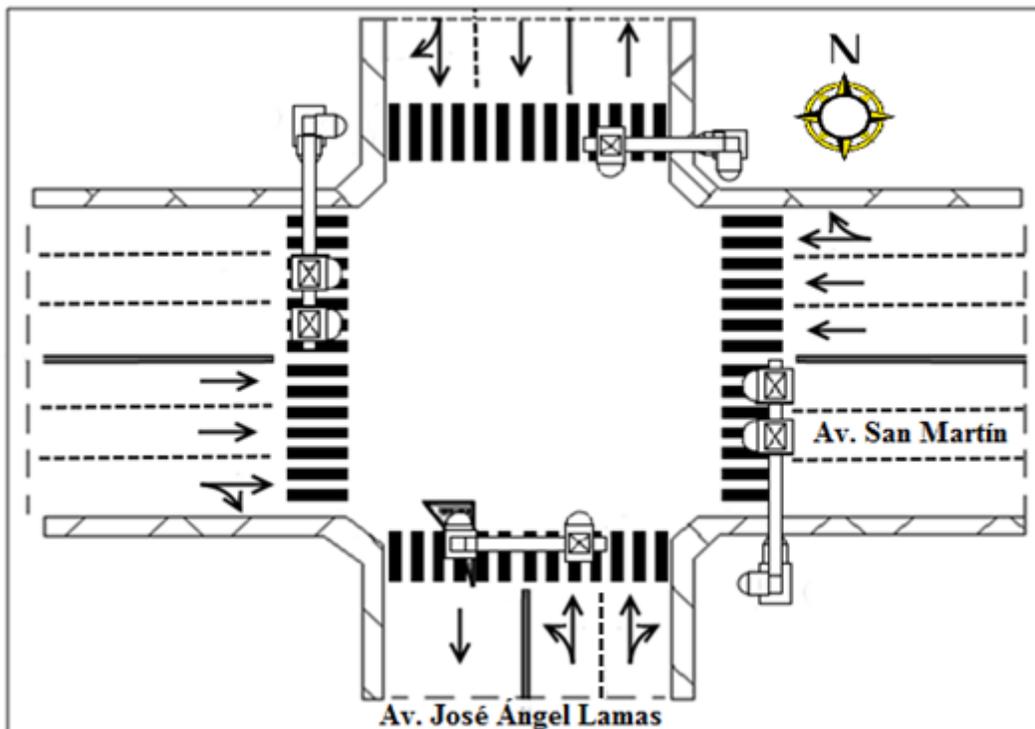


Figura. N° 13. Movimientos permitidos en la intersección av. San Martín con av. José Ángel Lamas antes de la construcción del elevado San Martín. Fuente: Elaboración propia, 2015.

Esta distribución de movimientos permitidos se mantiene luego de la construcción del elevado.

La avenida San Martín contaba con 3 canales por sentido con anchos variables a lo largo de toda su longitud, sin embargo, en el tramo entre la estación de metro Capuchinos–plaza Italia y plaza Italia–Maternidad Concepción Palacios el ancho de sus canales es constante en ambos sentidos. La av. José Ángel Lamas poseía 3 canales por sentido distribuidos como se muestra en la Fig. N° 13. Los anchos de canal se presentan a continuación:

Tabla N° 5: Ancho de canales av. San Martín y av. José Ángel Lamas previo a la construcción del elevado San Martín.

	Canal	Ancho de canal (m)
Av. San Martín sentido este-oeste	Derecho	3,60
	Central	3,60
	Izquierdo	3,00
Av. San Martín sentido oeste-este	Derecho	3,60
	Central	3,60
	Izquierdo	3,00
Av. José Ángel Lamas sentido norte	Derecho	3,60
	Central	3,60
	Izquierdo	3,30
Av. José Ángel Lamas sentido sur	Derecho	3,30
	Central	3,60
	Izquierdo	3,60

Fuente: Elaboración Propia

Luego de la construcción del elevado la av. José Ángel Lamas no presentó ningún tipo de modificación geométrica, mientras que en la av. San Martín solo fue modificada su geometría en las proximidades del elevado. Las paradas de autobús no fueron modificadas.

La avenida San Martín tiene en su eje central una divisoria que consta de un separador central sobre él se apoya una reja de aproximadamente 1 m de altura, además posee aceras espaciosas. Posee paradas de autobús espaciadas de manera variable.

La av. José Ángel Lamas en sentido norte tiene una pendiente del 2% y una divisoria que consta de un brocal que separa el canal central y el canal izquierdo, posee una isleta canalizadora en la que está ubicada un semáforo y que conduce el flujo de vehículos que cruzan a ella desde la av. San Martín. Del lado derecho posee una acera amplia, pues está unida a la plaza Italia mientras

que del lado izquierda la acera es de aproximadamente 1,20 m. Además en sentido norte da acceso a la calle el Carmen, la calle Nueva del Guarataro y a la calle transversal a la calle El Martillo.

En sentido sur la av. José Ángel Lamas tiene una pendiente del 3%, los canales poseen divisoria demarcada en el piso, conecta con la calle Sur y tiene un acceso que conecta desde la autopista Francisco Fajardo en un solo sentido.

Tabla N° 6: Ubicación de paradas de autobús en tramo avenida San Martín sentido este-oeste

<i>Ubicación parada más cercanas a la intersección</i>	<i>Distancia medida con respecto a la intersección con la av. José Ángel Lamas (m)</i>
Entre la estación de metro Capuchinos y la plaza Italia (Tramo Este)	120 m O-E 60 m E-O
Entre la plaza Italia y la Maternidad Concepción Palacios (Tramo Oeste)	115 m O-E 81 m E-O

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.1. Ubicación y descripción de la obra

El elevado está ubicado en la avenida San Martín en el municipio Libertador del Distrito Capital al oeste del Distrito Metropolitano de Caracas, perpendicular a la avenida José Ángel Lamas a nivel de la plaza Italia.



Figura. N° 14. Ubicación elevado San Martín. Fuente: Adaptación propia en base a información de Google Maps, 2015.

El elevado se construyó sobre el eje central de la av. San Martín sin ampliar los laterales vía, permitiendo darle continuidad al flujo que circula por esta en ambos sentidos, por lo que en las proximidades de su rampa de acceso la av. San Martín quedó reducida a 2 canales por sentido.

Además de esto fue necesario quitar el brocal que constituía la divisoria de la avenida y sustituirlo por una divisoria por demarcación.

Se agregó señales verticales de información en las rampas de acceso del elevado y en la av. San Martín en su nivel inferior en ambos sentidos como se aprecia en los Anexos N° 5-1 y Anexo N° 5-2.

4.1.1.2. Perfil longitudinal

La estructura está constituida por dos tramos de acceso, uno ubicado en el lado de Maternidad al oeste y el otro sentido del lado de El Silencio sentido este, posee dos tramos de aproximación y un tramo central tal como se muestra en la Figura N° 15. Las dimensiones de estos tramos se especifican en la Tabla N° 7

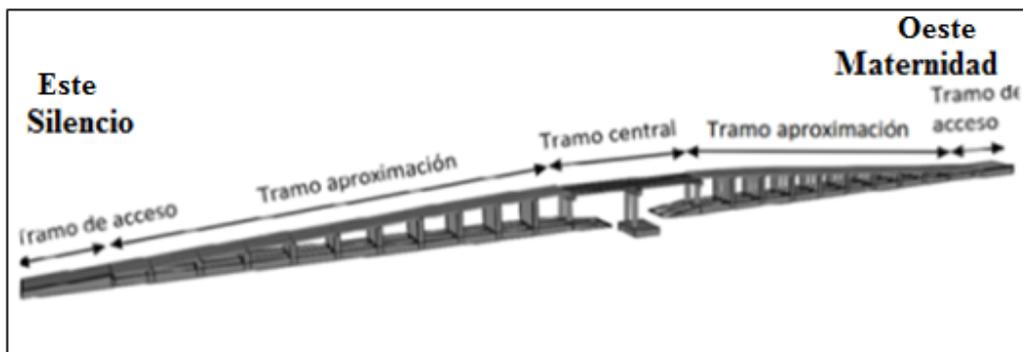


Figura N° 15. Tramos de acceso, aproximación y tramo central elevado San Martín. Fuente: Memoria descriptiva proyecto estructural para la construcción del elevado San Martín, municipio Libertador, Distrito Capital. 2014, 2015.

Tabla N° 7: Medidas de longitud de los tramos que conforman el elevado San Martín

Tramo	Longitud
Acceso oeste lado Maternidad	13,81 m.
Aproximación oeste lado Maternidad	86,46 m.
Tramo Central	31,01 m.
Aproximación este lado El Silencio	83,56 m.
Acceso este lado El Silencio	10,94 m.

Fuente: Adaptación propia, 2015.

4.1.1.3. Sección transversal

La sección transversal del elevado es de 8,00 m, para acomodar dos canales de 3,30 m, uno por sentido, con una divisoria central de 0,30 m a cada lado del eje central y barandas metálicas externas sobre un brocal de 0,40 m. de ancho.

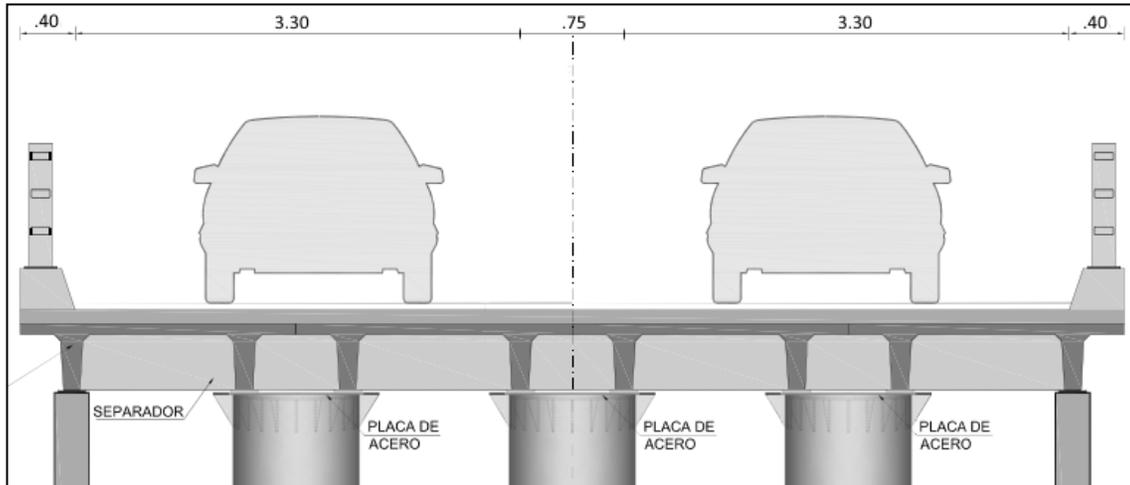


Figura N° 16. Sección transversal elevado San Martín. Fuente: Adaptación propia de la memoria descriptiva del proyecto estructural para la construcción del elevado San Martín, municipio Libertador, Distrito Capital (2014), 2015.

Debido a la incorporación del elevado las pilas centrales del mismo se encuentran ubicadas en la sección central de la intersección con la av. José Ángel Lamas, lo que genera un obstáculo para los conductores, dejando una longitud libre para los movimientos a cada lado de las pilas centrales de 14,85 m. (Anexo N° 7-4)

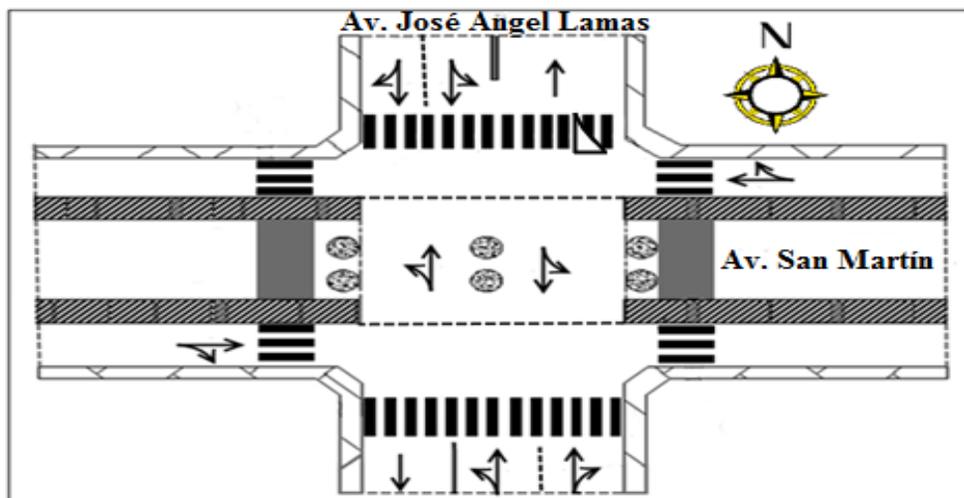


Figura N° 17: Movimientos permitidos en la intersección av. San Martín con av. José Ángel Lamas, esquina Palo Grande luego de la construcción del elevado. Fuente: Elaboración Propia, 2015.

4.1.2 Inventario vial

La zona de estudio (esquina Palo Grande, plaza Italia, intersección av. San Martín con av. José Ángel Lamas) es una intersección a nivel semaforizadas con las siguientes características:

Tabla N° 8: Inventario vial intersección av. San Martín con av. José Ángel Lamas.

	<i>Av. San Martín</i>	<i>Av. José Ángel Lamas</i>	<i>Elevado San Martín</i>
Sentido de circulación	Bidireccional	Bidireccional	Bidireccional
Número de canales por sentido	3 canales. En la sección próxima a las rampas de acceso del elevado tiene 2 canales	3 canales	1 canal
Calzada (m)	18,40	10,50	8,00
Estacionamiento lateral	No	No	No
Aceras (m) ⁽¹⁾	Sí, en sentido este-oeste la acera derecha e izquierda tienen aproximadamente 1,70 m, en sentido oeste-este la acera derecha tiene 2,00 m y la izquierda está unida a la plaza Italia	Sí, al norte aprox. 1,20 m acera derecha, la acera izquierda está unida a la plaza Italia	No
Transporte Público	Sí	Sí	Sí
Retiros	No	No	No
Estado pavimento	Bueno	Bueno	Bueno
Demarcación	Sí	Sí	Sí
Señalización	Sí	Sí	Sí
Isla (m)	No	Solo en sentido norte	No
Iluminación	Sí	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia en base a recopilación de información base en el sitio e información obtenida del MppTTOP de estudios realizados por ing. Francisco Gruber 2011.

⁽¹⁾ Observándose en sentido norte

4.1.3 Estudios administrativos

Para la proyección y construcción del elevado San Martín se utilizaron los parámetros de diseño presentados en la siguiente tabla:

Tabla N° 9: Parámetros de diseño del elevado San Martín

Parámetros de diseño	
Velocidad de Diseño (Elevado)	40 kph
Velocidad de Diseño (Inferior)	25 kph
Canal de circulación (Elevado)	3.30 m
Canal de Circulación (inferior)	3.30 m
Pendiente Máxima Longitudinal Elevado	8.04 %
Pendiente Mínima Longitudinal Elevado	2.05 %

Fuente: Adaptación propia de la memoria descriptiva del proyecto estructural para la construcción del elevado San Martín, municipio Libertador, Distrito Capital. 2014.

Los únicos datos referidos a la operación de las vías, obtenidos del MppTTOP previos a la elaboración de la obra son, los volúmenes hora-pico, el promedio diario de tránsito PDT y los niveles de servicio, los cuales se obtuvieron a partir de proyecciones de estudios realizados por el INTT y las alcaldías en Noviembre del año 2011.

Tabla N° 10: Datos operacionales de intersección previos a la construcción del elevado.

Vía	Nombre tramo	Volumen Hora Pico (veh eq.modelo/h) ⁽¹⁾	Volumen diario PDT ⁽²⁾	Nivel de servicio (año 2014)
Col Ppal 8	Av. San Martín	6700	49600	E
Col Sec 1	Av. José Ángel Lamas	1200	10090	D

Fuente: Adaptación propia en base a información obtenida del MppTTOP 2011.

⁽¹⁾ Vehículo Equivalentes por Hora Pico Max basado en proyección volumen hora máx. base datos INTT y alcaldías Nov. 2011

⁽²⁾ Los volúmenes son totales bidireccionales proyectados a 2014.

Por medio de la realización de conteos direccionales manuales se obtuvieron los volúmenes de vehículos en la intersección, además de la clasificación de los mismos para el año 2015.

4.1.4 Revisión de los parámetros geométricos establecidos en normas y análisis comparativo de los parámetros de diseño del proyecto del Elevado San Martín.

Para la revisión y verificación de los parámetros geométricos de los proyectos de las obras se utilizaron solo las siguientes normas vigentes en el país, puesto que son las que deben cumplirse en Venezuela:

- Manual venezolano de dispositivos uniformes para el control de tránsito 2009. INTT, FONTUR, CIDT.

- Norma para el proyecto de carreteras 1997 Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- Manual de Vialidad Urbana 1981. Ministerio del Desarrollo Urbano Despacho del Ministro.

Además del uso de las normas, se utilizaron como herramientas de medición para algunas distancias los programas Google Maps y Google Earth. Los parámetros geométricos evaluados están en función a la data que se pudo obtener de los mismos.

Tabla N° 11: Verificación del cumplimiento de los parámetros geométricos del Elevado San Martín.

<i>Vías Colectoras</i>			
<i>Parámetros geométricos recomendados en normas</i>		<i>Proyecto</i>	<i>Cumplimiento</i>
Velocidad de diseño (Km/h)	50	- ⁽¹⁾	-
Ancho de canal (m)	3,30	3,30	Cumple
Canales por sentido	2 – 1		Cumple
Despeje lateral (m)		0,30	Cumple
Divisoria	Sí, central	Sí, central demarcada	Cumple
Pendiente máxima (%)	8	8,04	Cumple
Longitud crítica con pendiente máxima (m)	300	94,5. Rampa acceso sentido este	Cumple
<i>Control de tránsito</i>			
Señalización	Sí	Sí, señalización vertical de información	Cumple
Iluminación	Sí	Sí	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

⁽¹⁾ La velocidad de diseño en la aproximación a la rampa de acceso del elevado es 25 Km/h y la velocidad de diseño de las rampas del elevado es de 40 Km/h, el valor que se establece en la tabla es la veloc. de diseño para una vía colectoras.

4.1.4.1 Análisis de los parámetros geométricos del proyecto del Elevado San Martín

El proyecto del elevado San Martín cumple con los parámetros geométricos requeridos en ingeniería de tránsito, además las avenidas San Martín y José Ángel Lamas también cumplen con los parámetros de ancho de canales, pendientes, anchos de aceras y despeje lateral especificados en normas para vías colectoras. Además también cumplen con los parámetros

para los dispositivos de control de tránsito como la demarcación de líneas de "pare" y paso peatonal tipo cebra establecidos en el Manual venezolano de dispositivos uniformes para el control de tránsito 2009. INTT, FONTUR, CIDT.

En la avenida San Martín en ambos sentidos posee en las proximidades a la intersección con la avenida José Ángel Lamas una demarcación de flechado para 2 grupos de movimientos diferentes, rectos más cruces y recto, a pesar de que cuenta con un solo canal de ancho 4,2 m.

Esta demarcación no es adecuada pues indica que posee 2 canales de ancho 2,10 m, el cual no es un ancho permisible para ningún tipo de vehículo, siendo el ancho mínimo de canal recomendado en normas para una vía colectora 3,0 m.

4.1.5 Estudios dinámicos

Para calcular la capacidad y niveles de servicio de las obras estudiadas, se realizaron conteos manuales y recorridos visuales, estos conteos se realizaron por medio de grabaciones con cámaras digitales.

Para la intersección entre la av. San Martín y la av. José Ángel Lamas entre los datos recaudados en campo están las fases del semáforo, el tiempo del ciclo de los mismos y los conteos de volúmenes direccionales clasificados de vehículos y peatones. Además de esto se tomaron los datos necesarios para calcular los diferentes factores que se requieren para calcular el flujo de saturación. Los conteos se realizaron desde la azotea del edificio residencial Lamas, torre B.

Tabla N° 12: Fases y ciclo del semáforo

	Av. José Ángel Lamas sentido sur-norte	Av. José Ángel Lamas sentido norte-sur	Av. San Martín sentido este-oeste	Av. San Martín sentido oeste-este
Verde	15 seg	15 seg	38 seg	65 seg
Amarillo	4 seg	4 seg	4 seg	4 seg
Rojo	19 seg	19 seg	42 seg	40 seg
Ciclo de semáforo	80 seg			

Fuente: Elaboración propia, 2015.

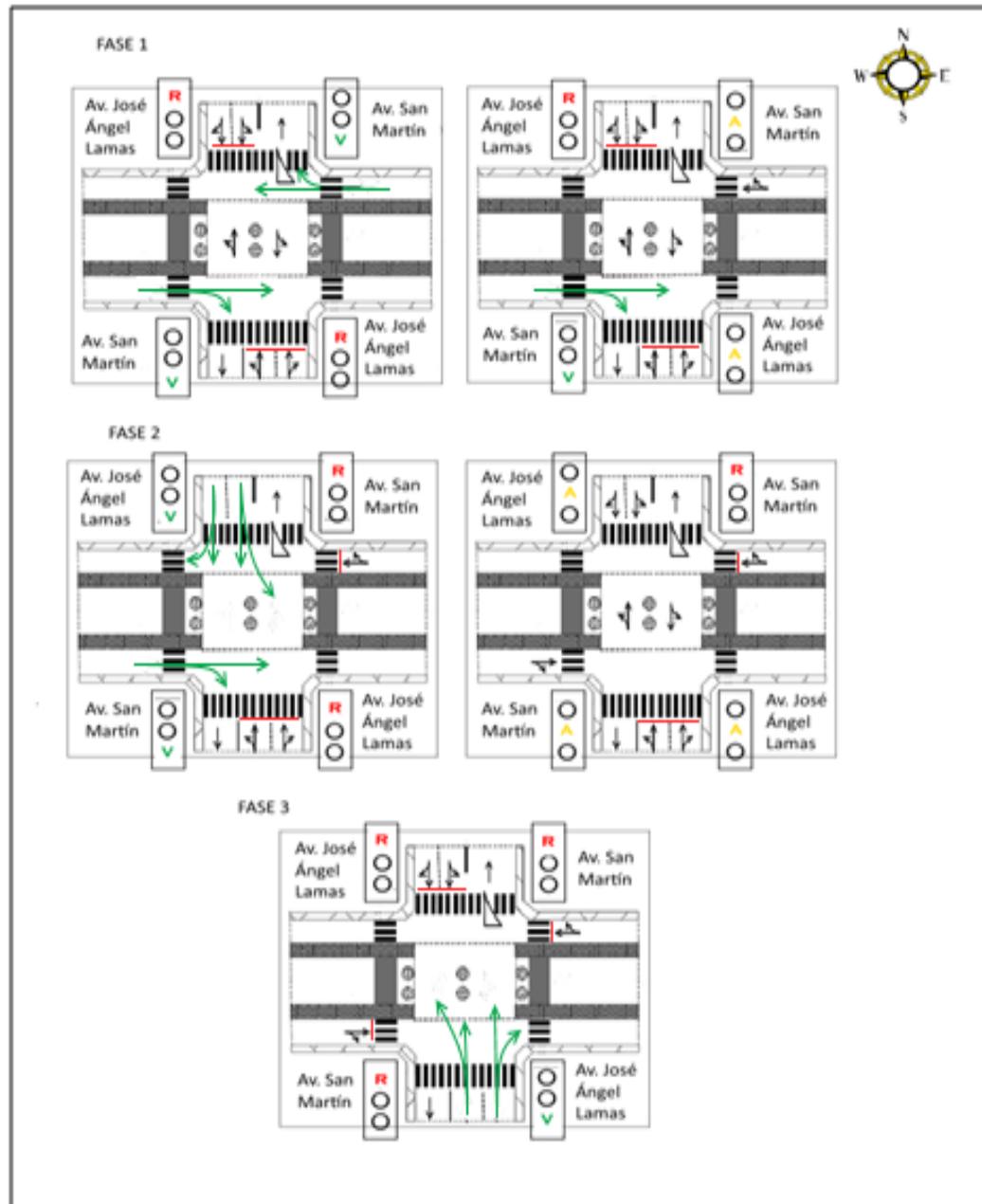


Figura. N° 18: Diagrama de fases. Fuente: Elaboración propia, 2015.

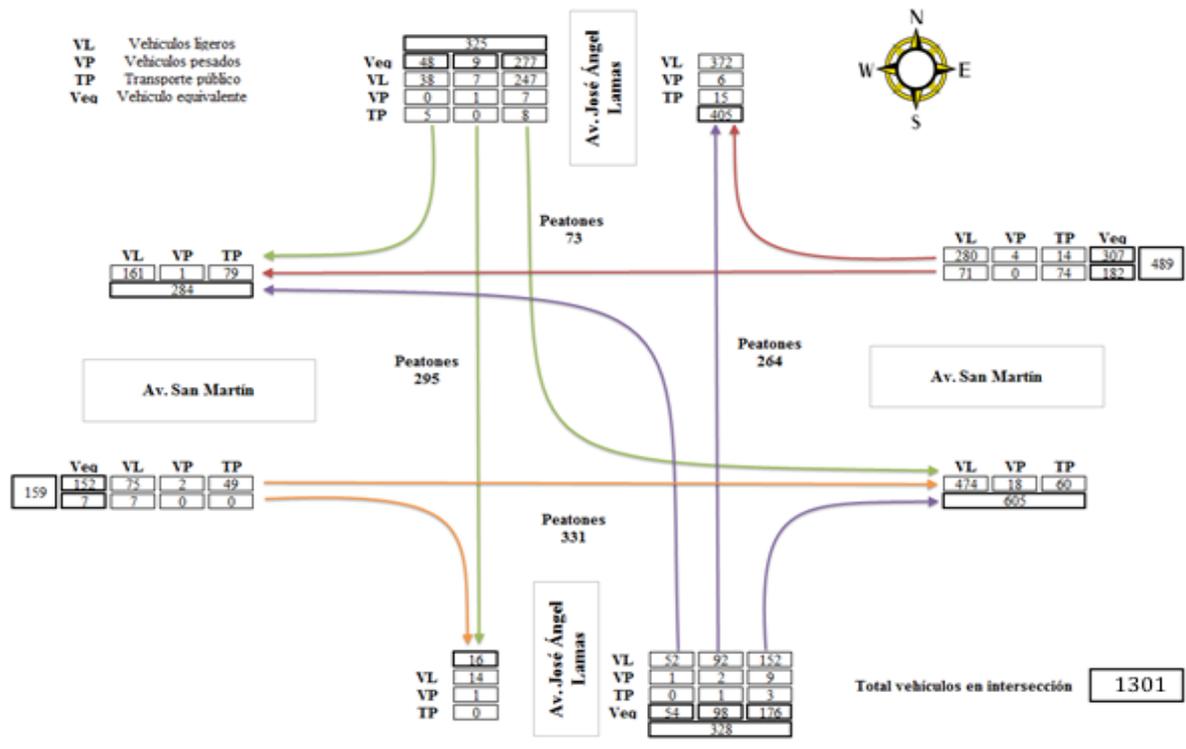


Figura. N° 19: Diagrama conteos direccionales clasificados flujo normal intersección av. San Martín con av. José Ángel Lamas. Fuente: Elaboración propia, 2015.

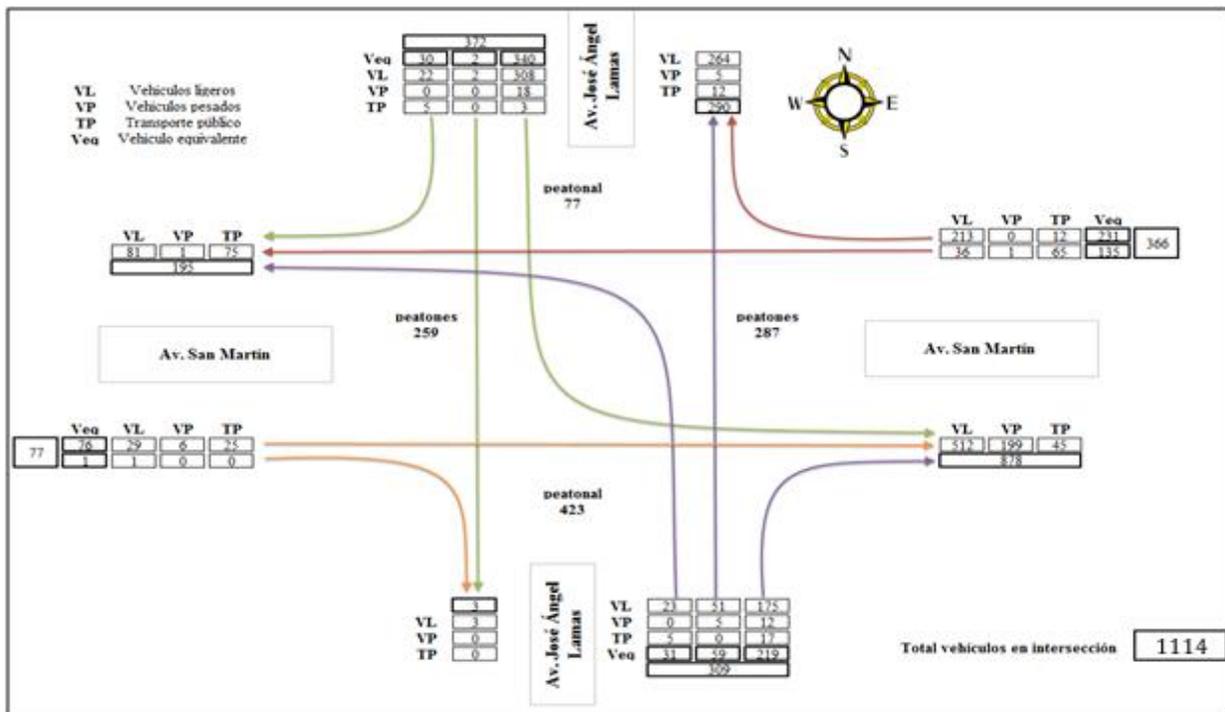


Figura. N° 20: Diagrama conteos direccionales clasificados hora-pico intersección av. San Martín con av. José Ángel Lamas. Fuente: Elaboración propia, 2015.

Durante la realización de los conteos se pudo apreciar que las fases de los semáforos de la intersección no estaban coordinadas entre ellas. La fase 1 que coordina los movimientos en la avenida San Martín en ambos sentidos posee tiempos en verde diferentes para el sentido este y oeste, en el sentido oeste el tiempo en verde medido en campo resultó 65 seg, esto genera conflicto con la fase 2 que permite los movimientos en la avenida José Ángel Lamas en sentido norte puesto que cuando esta fase comienza el semáforo en sentido Oeste en la avenida San Martín aun permanece en verde.

Esto genera que en la fase 2, los movimientos rectos y giros entren en conflicto con los movimientos rectos de los vehículos que viene desde el sentido oeste en la avenida San Martín.

Además de esto el semáforo peatonal de la avenida San Martín en sentido este y el semáforo peatonal de la avenida José Ángel Lamas en sentido sur, permiten el paso de peatones cuando las fases 2 y 3 ocurren, lo que genera conflicto entre los peatones y los vehículos que cruzan desde el sentido sur y los que giran desde el sentido norte de la av. José Ángel Lamas.

Debido a que las paradas para transporte público se encuentran muy próximas a la intersección y al inicio de la rampa del elevado en dirección El Silencio como se indica en la Tabla N° 6, estas generan conflictos al momento del abordaje y desembarque de pasajeros. Además de esto se observó durante los conteos y recorridos que con frecuencia los autobuses se detienen en las esquinas de la intersección para recoger o desembarcar pasajeros, lo que genera interferencias en el flujo vehicular que circula por estas avenidas.

4.1.6 Evaluación operacional de la intersección entre la avenida San Martín y la avenida José Ángel Lamas

Como la intersección entre la av. San Martín y la av. José Ángel Lamas presenta un desfase en las fases de los semáforos como ya se explicó anteriormente, se utilizaron para realizar el cálculo los tiempos del semáforo de la av. San Martín en sentido este para ambos sentidos, para que las fases 1 y 2 no presenten problemas, pues este es el modo en el cual deberían estar trabajando los semáforos.

Como no se hicieron conteos en las intersecciones en la avenida San Martín que se encuentran aguas abajo y aguas arriba de la intersección

estudiada se asumió en base al comportamiento del flujo vehicular observado en campo un grado de saturación de estas intersecciones de 0,70.

Tabla N° 13: Planilla de cálculo para la evaluación de la intersección av. San Martín con av. José Ángel Lamas año 2015.

Intersecciones Semaforzada			
Lugar de estudio	Caracas, Distrito Capital, Venezuela		
Vía de estudio	San Martín, Parroquia San Juan, Municipio Libertador		
Tramo Analizado	Intersección Av. San Martín con Av. José Ángel Lamas (Altura Plaza Italia)		
Fecha de estudio	Septiembre - Octubre 2015		
Geometría de la intersección			
Diagramas de fases y tiempo de duración			
Diagramas	Ø1	Ø2	Ø3
	Verde 38 seg Amarillo 4 seg 42 seg	Verde 15 seg Amarillo 4 seg 19 seg	Verde 15 seg Amarillo 4 seg 19 seg
Tiempo de ciclo (s) = 80 s			

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 14: Planilla de cálculo para la evaluación del elevado San Martín y la intersección av. San Martín con av. José Ángel Lamas año 2015

Datos de entrada semáforo												
Sentido	Este			Oeste			Norte			Sur		
Movimientos	G	Recto	Cruce	G	Recto	Cruce	Giro	Recto	Cruce	Giro	Recto	Cruce
Semáforo	Programado			Programado			Programado			Programado		
Tipo de llegada	2			2			2			2		
Estacionamiento	No			No			No			No		
Tiempo mínimo para peatones (seg)		77,96			85,14			28,84			88,55	
Datos de volumen												
Volumen (veh eq/h)		307	182		152	7	277	9	48	54	98	176
Factor hora-pico FHP		0,85			0,85			0,85			0,85	
% Vehículos pesados (%HV)		51,03	6,04		40,48	0	5,73	12,5	11,63	1,89	3,16	7,32
Tasa de flujo ajustada $V_p = V/FHP$ (veh/h)		361	214		179	8	326	11	56	64	115	207
Grupo de canal												
Tasa de flujo ajustado por grupo de canales, v (veh/h)		575			187			393			389	
Proporción de vehículos que giran o cruzan (Plt o Prt)		0,63			0,04			0,84			0,36	
Flujo de Saturación (s)												
Flujo base de Saturación		1900			1900			1900			1900	
Número de canales, N		1,00			1,00			2,00			2,00	
Factor de ajuste por ancho de canal, fw		1,00			1,00			1,00			0,97	
Factor de ajuste por vehículos pesados, Fhv		0,83			0,72			0,89			0,93	
Factor de ajuste por pendiente del acceso, fg		1,00			1,00			1,00			1,00	
Factor de ajuste por número de autobuses que paran, fbb		0,80			0,84			1,00			1,00	

Factor de ajuste por tipo de área, fa	0,90		0,90					0,90
Factor de ajuste por utilización de canal	1,00		1,00					0,93
Factor de ajuste por giros en el grupo de canal (fLt)						0,95		0,98
Factor de ajuste por cruces en el grupo de canal (fRt)	0,91		0,99					
Ajuste conflicto con peatones y bicicletas en giros						0,97		0,91
Ajuste conflicto con peatones y bicicletas en cruces	0,96		1,00					
Flujo de saturación (s)	992		1024			1701		1769
Capacidad por grupo De canal								
Tiempo de pérdida (s)	2		2			2		2
Tiempo efectivo en verde (s)	40		40			17		17
Relación g/C	0,463		0,463			0,17		0,175
Capacidad por grupo de canal (c)	496		512			386		376
Relación v/c	1		0,36			0,85		0,47
Relación v/s	0,58		0,18			0,18		0,07
Grupo de canal Crítico	X					X		
Tasa de flujo para grupo de canal crítico, Yc	0,88							
Pérdidas totales por ciclo, L (s)	12,00							
Capacidad de flujo crítico, Xc	1,07							
Demora								
Demora uniforme, d1 (s/veh)	13,59		7,3			23,7		20,6
Factor K	0,50		0,50					0,50
Incremento de la demora, d2 (s/veh)	27,6		0,87			9,49		1,00

Factor de ajuste por progresión, FP	1,38		1,57		1,06		1,18	
Demora, d (s/veh)	42		11,9		34,4		25,3	
Niveles de servicio para el grupo de canales	D		B		C		C	
Demora por aproximación, dA (s/veh)	32,39		11,8		34,7		25,4	
Demora en la intersección, dI (s/veh)	32,9							
Nivel de servicio en la intersección	C							

Fuente: Elaboración propia, 2015.

4.2 Ampliación de la autopista Francisco Fajardo-distribuidor Santa Cecilia-distribuidor Macaracuay

La obra se proyectó con intención de permitir la ampliación del ancho de la calzada de la autopista en ambos sentidos a lo largo de 2,615 kilómetros, la ampliación se divide en dos tramos. El tramo Santa Cecilia–Los Cortijos de 1,095 km y Los Ruices–Macaracuay de 1,520 km.

4.2.1. Caracterización de la Ampliación de la autopista Francisco Fajardo-distribuidor Santa Cecilia-distribuidor Macaracuay

4.2.1.1. Ubicación y descripción de la obra

La obra de ampliación de la autopista Francisco Fajardo se ubica en el municipio Sucre, comenzando a nivel del distribuidor Santa Cecilia y finalizando a nivel de la rampa de acceso a la avenida de Los Cortijos.

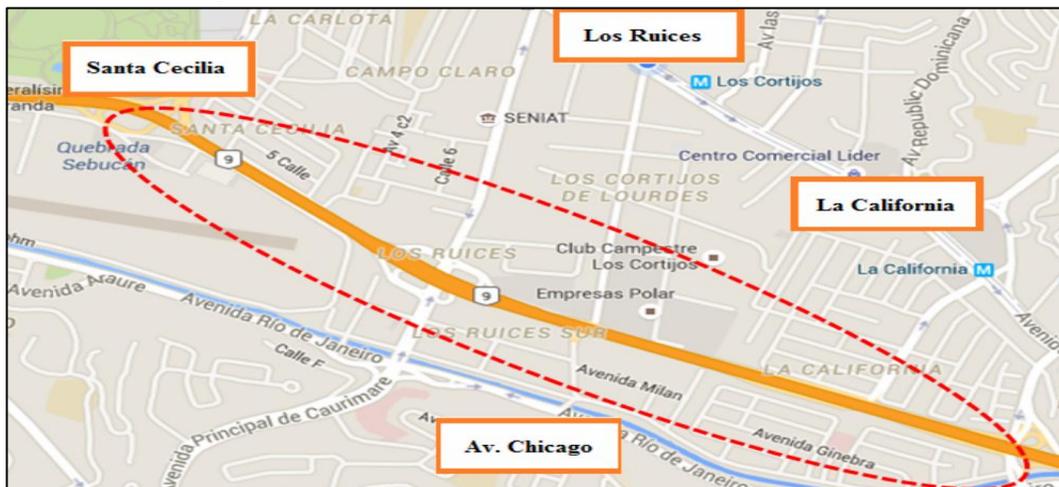


Figura N° 21: Ubicación de la ampliación de la autopista Francisco Fajardo, tramos distribuidor Santa Cecilia –Macaracuay. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 15: Parámetros de diseño del proyecto de la ampliación de la autopista Francisco Fajardo

Parámetros de diseño	
Velocidad de operación de canal lateral incorporado a la autopista	60 kph
Ancho de Sección (Tramos)	Variable de 29,53m a 36,73m.
Canales de Circulación (Tramos)	Variable de 3,00m a 3,60m
Pendiente Máx. Longitudinal	2,028 %
Pendiente Min. Longitudinal	1,209 %
Bombeo	2 %

Fuente: Adaptación propia, 2015.

4.2.1.2. Perfil longitudinal de la ampliación de la autopista Francisco Fajardo tramo Santa Cecilia – Macaracuay.

La ampliación se caracteriza por la configuración geométrica de los tramos, incorporaciones y las entradas y salidas de la misma.

➤ *Tramo Santa Cecilia – Los Ruices.*

Se llevaron a cabo obras para la modificación de un nuevo puente en el distribuidor Santa Cecilia para que la sección de la calzada en este tramo de la autopista para que debajo de este pudiese ampliarse. Esta nueva sección condujo a una reducción del hombrillo y una reubicación de las cunetas para el drenaje en la autopista, en sentido este.

Se realizó el desplazamiento hacia el norte de la rampa Los Ruices–Centro, incorporando un canal de aceleración con el objetivo de adecuar la rampa para el nuevo ancho de la calzada en la autopista.

➤ *Tramo Los Ruices- Macaracuay*

El tramo conformado por 5 canales de circulación en cada sentido, presenta en sentido oeste–este un ancho de canal de 3,60 metros para un total de 18 metros de calzada y sentido este–oeste presenta 4 canales de circulación de 3,60 metros y un canal de 3,30 para un total de 17,70 metros, la divisoria central de la autopista en dicho tramo presenta una defensa de 0,73 metros de ancho.

Se realizaron obras de mejoramiento en la geometría de la pista sentido Petare–Los Ruices en los primeros 260 metros del tramo, debido a la limitación física presente en dicho tramo se realizó una transición en el ancho del canal de la calzada en sentido este–oeste de 3,60 metros a 3,30 metros.

A partir de los 460 metros desde el inicio de la ampliación el ancho de la calzada se mantiene con 4 canales de 3,30 metros y un canal de 3 metros en sentido este-oeste con un total de 5 canales y una calzada de 16,20 metros de ancho hasta los 640 metros.

A partir de los 640 comienza una transición para restituir el ancho del canal de 3,30 metros a 3,60 metros, desarrollando esta transición a lo largo de 200 metros de longitud.

Se realizaron adaptaciones en salidas y entradas de la autopista en la avenida Chicago y avenida Los Cortijos, en donde se incorporaron el movimiento sentido este-Los Cortijos y las rampas La California Norte a Macaracuay.

La ampliación termina con una distancia longitudinal de 1,520 Kilómetros.

➤ *Salidas y entradas de la autopista*

❖ Av. Chicago (Salida al Sur) desincorporación hacia La California sur.

Se realizaron modificaciones en la salida con el fin de adaptar el alineamiento al nuevo ancho de canal de la calzada con sentido Oeste-Este. Posee un tramo curvo de 50 metros de radio y un tramo recto de enlace con el alineamiento original de la avenida, El ancho de la calzada es de 6,00 metros. La longitud de la salida es de 33,949 metros al inicio y 45,244 metros hasta el final.

❖ Av. Chicago (sur-este) incorporación de La California sur.

Se realizaron modificaciones en la entrada para adaptar el ancho de la calzada de la autopista, la entrada cuenta con un pequeño tramo recto y uno curvo de 30 metros de radio, la longitud total es de 65,064 metros.

❖ Av. Los Cortijos (Salida al Norte) desincorporación hacia Los Cortijos.

Se llevó a cabo la incorporación de la salida de la autopista a la avenida Los Cortijos incorporando movimientos hacia el norte. El tramo posee un alineamiento de un único tramo curvo de 30 metros de radio y una longitud de arco de 39,229 metros.

❖ Av. Los Cortijos (Oeste) incorporación hacia Los Cortijos.

Se realizó la adaptación del acceso al nuevo ancho de la calzada, el tramo posee un tramo curvo compuesto de 15 y 100 metros de radio respectivamente, el acceso tiene una longitud de 49,192 metros.

➤ *Rampas*

❖ Rampa a la California Norte, desincorporación hacia La California.

La rampa hacia La California Norte fue proyectada para adaptarse al ancho de la calzada ampliada sentido oeste-este. El alineamiento de la rampa posee dos tramos rectos y dos curvos de 1000 metros de radio enlazando el alineamiento original de la rampa.

❖ Rampa Macaracuay Sur.

Se realizó la adaptación a la rampa para el nuevo ancho de calzada ampliada sentido oeste-este. El alineamiento de la rampa posee dos tramos rectos y se conecta con la rampa hacia Macaracuay original, la longitud total es de 194,228 metros.

4.2.1.3. *Sección transversal típica*

- Tramo Santa Cecilia – Los Ruices.
 - ❖ Se amplió a 4 canales de circulación por sentido.
 - ❖ Cuenta 4 canales de 3,60 metros en cada sentido, sumando un ancho de calzada de 28,80 m.
 - ❖ Posee una defensa central existente de 0,73 metros.

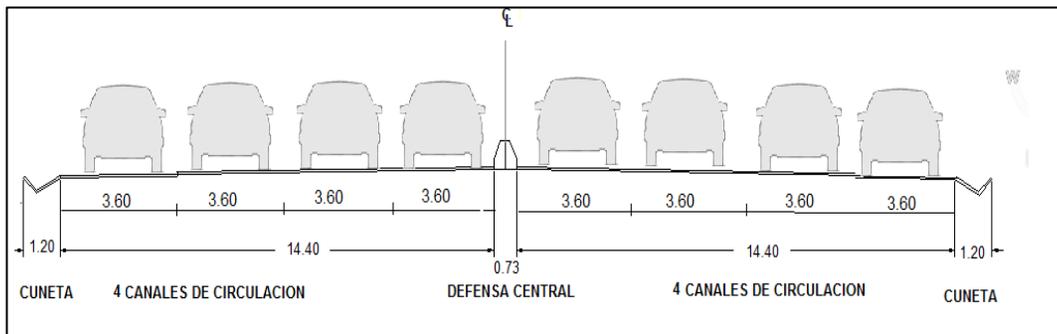


Figura N° 22. Sección transversal tramo Santa Cecilia – Los Cortijos. Fuente: Adaptación propia.

➤ Tramo Los Ruices - Macaracuay.

El tramo se caracteriza por presentar variaciones en la sección trasversal típica por la presencia de elementos físicos como obras de drenajes que no permiten proyectar una sección constante durante todo el tramo.

Para la caracterización de la sección transversal variable se selecciona como origen de las progresivas el Distribuidor Santa Cecilia sentido oeste – este.

- Tramo Los Ruices - Macaracuay. (0 + 260)
 - ❖ Se amplió a 5 canales de circulación por sentido.
 - ❖ Sentido oeste-este los 5 canales son de 3,60 m de ancho, con un total de 18,00 m.
 - ❖ Sentido este-oeste presenta 4 canales de 3,60 y un canal de 3,30 m para un total de 17,70 m.
 - ❖ La defensa central existente tiene un ancho de 0,73 m.

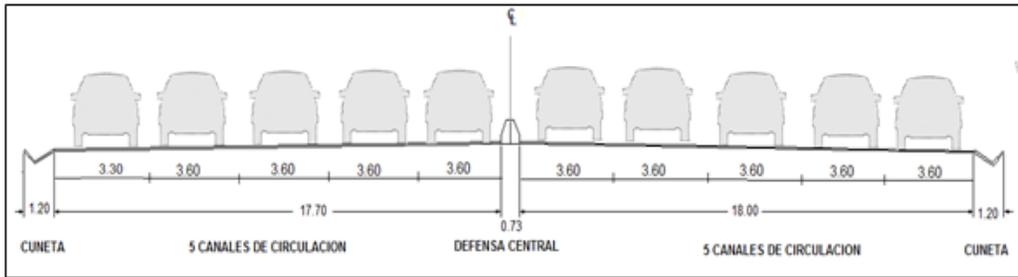


Figura. N° 23: Sección transversal típica ampliación autopista Francisco Fajardo tramo Los Ruices-Macaracuay, (0 + 260). Fuente: Adaptación propia.

- Tramo Los Ruices - Macaracuay. (0 + 460)
 - ❖ Se amplió a 5 canales de circulación por sentido.
 - ❖ Sentido oeste-este los 5 canales son de 3,60 m de ancho, con un total de 18 m.
 - ❖ Sentido este-oeste presenta 4 canales de 3,60 y un canal de 3,30 m para un total de 17,70 m.
 - ❖ La defensa central existente tiene un ancho de 0,73 m.
 - ❖

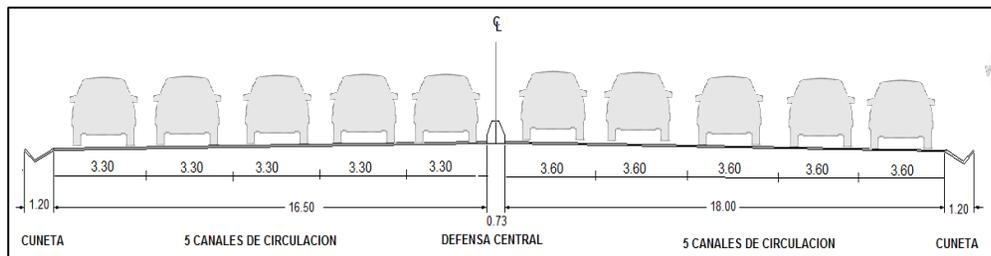


Figura. N° 24. Sección transversal típica ampliación autopista Francisco Fajardo tramo Los Ruices-Macaracuay, (0 +460) m. Fuente: Adaptación propia.

- Tramo Los Ruices - Macaracuay. (0 + 640)
 - ❖ Se amplió a 5 canales de circulación por sentido.
 - ❖ Sentido oeste-este los 5 canales son de 3,60 m de ancho, con un total de 18 m.
 - ❖ Sentido este-oeste presenta 4 canales de 3,30 y un canal de 3,00 m para un total de 16,20 m.
 - ❖ La defensa central existente tiene un ancho de 0,73 m.

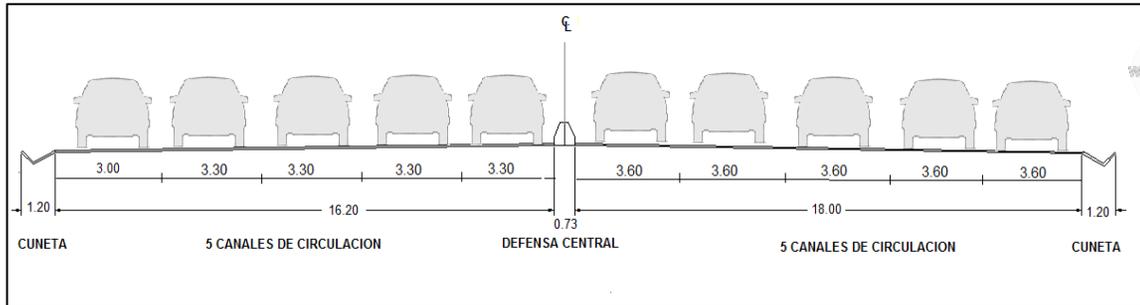


Figura. N° 24. Sección transversal típica ampliación autopista Francisco Fajardo tramo Los Ruices-Macaracuay, (0 + 640m). Fuente: Adaptación propia.

4.2.2. Inventario vial

La zona de estudio consta de dos tramos de la autopista Francisco Fajardo, el primero el tramo Santa Cecilia – Los Ruices y el segundo tramo de Los Ruices – Macaracuay dividido en tres partes debido a que la sección no permanece constante a lo largo del tramo.

Tabla N° 16: Inventario vial de la ampliación autopista Francisco Fajardo

	Tramos Santa Cecilia- Los Ruices.	Tramo los Ruices – Macaracuay (longitud 260 m)	Tramo los Ruices – Macaracuay (longitud 200 m)	Tramo los Ruices – Macaracuay (Longitud 180 m)
Sentido de circulación	Bidireccional	Bidireccional	Bidireccional	Bidireccional
Canales por sentido	4	5	5	5
Ancho de canal (m)	3,60	3,60	Variable 3,30m a 3,60	Variable 3,00m a 3,60
Calzada (m)	18,00	18,00	18 O-E y 17,70 E-O	18 O-E y 16,2 E-O
Divisoria Central (m)	0,73			
Estacionamiento lateral	No			
Estado pavimento	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno - Irregular
Demarcación	Si			
Señalización	Si			
Iluminación	Si			

Fuente: Elaboración propia en base a recopilación de información base en el sitio e información obtenida del MppTTOP, ing. Francisco Gruber 2011.

4.2.3 Estudios administrativos

Los únicos datos obtenidos previos a la elaboración de la obra son los volúmenes hora-pico y volumen diario los cuales se obtuvieron a partir de proyecciones del 2011, información suministrada por el MppTTOP, los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla N° 17: Datos de capacidad y niveles de servicio para tramos de la autopista Francisco Fajardo año 2014.

Vía/(Tramo Vial)	Flujo Max Hor	N Canales	Sentido	Capacidad		NDS	Condición Flujo
	VEPH	p/s	Circulación	VPH	V/C		
	(1)			(2)	(3)	(4)	
Autopista Francisco Fajardo	10839	3	Bidireccional	10.800	1,00	F	Forzado
Tramo distrib Altamira y Santa Cecilia							
Autopista Francisco Fajardo	7961	3	Bidireccional	10.800	0,74	D	Inestable
Tramo entre distrib Sta Cecilia y Ruices							

Fuente: MppTTOP, Estudio de impacto vial parque Bolivar antiguo aeródromo La Carlota. Capacidad y niveles de servicio tramos vialidad zona de estudio 2011. Año 2014.

(1) Vehículo Equivalentes por Hora Pico Max basado en proyección volum hora max base datos INTT y Alcaldías Nov 2011

(2) Capacidad según Manual de Vialidad Urbana / Mindur y Manual de Capacidad Carreteras / HCM 1994.

(3) $V/C = (1) / (2)$

(4) NDS = Nivel de Servicio

4.2.4 Revisión de los parámetros geométricos establecidos en normas y análisis comparativo de los parámetros de diseño del proyecto de la ampliación de la autopista Francisco Fajardo-distribuidor Santa Cecilia-distribuidor Macaracuay.

Tabla N° 18: Verificación de cumplimiento de parámetros geométricos del proyecto de la ampliación de la autopista Francisco Fajardo - distribuidor Santa Cecilia - Distribuidor Macaracuay

Vías expresas (Autopistas urbanas)			
Parámetros recomendados en normas		Proyecto	Cumplimiento
Velocidad de diseño (Km/h)	80	80	Cumple
Componentes de la calzada			
Ancho mínimo de canal (m)	3,6	3	No cumple
Número canales por sentido	2 – 4	5	Cumple
Divisoria central	Sí	Sí	Cumple
Ancho de hombrillo (m)	3,00	No posee	No cumple
Hombrillo Interior o franja de protección (m)	0,60	No posee	No cumple
Bombeo (%)	2	2,00	Cumple
Eje en perfil			
Pendiente máxima	4	-1,237	Cumple
Canales de desaceleración y aceleración			
Canal de desaceleración + Transición (m)	120 - 90	No posee	No cumple
Canal de aceleración + Transición (m)	210 - 150	No posee	No cumple
Transición (m)	70	200	Sí
Señalización			
Señalización para vehículos	Sí	Sí	Cumple
Iluminación	Sí	Sí	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4.1 Análisis comparativo de los parámetros geométricos del proyecto de la Ampliación de la autopista Francisco Fajardo-distribuidor Santa Cecilia-distribuidor Macaracuay

El proyecto de la ampliación de la autopista Francisco Fajardo cumple con la mayoría de los parámetros geométricos requeridos en ingeniería de tránsito para una vía expresa especificados en las normas venezolanas, sin embargo no cuenta con algunos de ellos que son de especial importancia como la existencia de un hombrillo o canales apropiados de desaceleración o aceleración.

Esta ausencia de canal de emergencia u hombrillo es importante pues hace que la autopista en el tramo ampliado no posea la capacidad de albergar vehículos que hayan presentado algún tipo de imprevisto y requieran detenerse. Así mismo, la ausencia de canales de aceleración y desaceleración que cuenten con una longitud adecuada para cumplir su función representan una falta de seguridad a los usuarios al no permitirle reducir o aumentar sus velocidades a una tasa adecuada para incorporarse a las vías aledañas o a la autopista, y tiene un efecto negativo en la velocidad de flujo de los demás vehículos que circulan por estas vías.

A lo largo del tramo de la ampliación se generan además una serie de transiciones a causa de los cambios en el número de canales que presenta en algunos tramos la autopista, los cuales no cuentan con una longitud de transición que permita el reacomodo de los vehículos de manera gradual ocasionando que el reacomodo deba realizarse de manera apresurada lo que puede generar conflictos entre los vehículos.

4.2.5 Estudios dinámicos

En el caso de la ampliación de la autopista Francisco Fajardo se realizaron conteos manuales direccionales clasificados en 2 puntos diferentes a lo largo del tramo de la ampliación, estos tramos fueron:

- A la altura del distribuidor Santa Cecilia, estos conteos se realizaron desde el parque Generalísimo Francisco de Miranda.
- A la altura de la avenida Chicago, conteos realizados desde las instalaciones de la empresa de envíos DHL

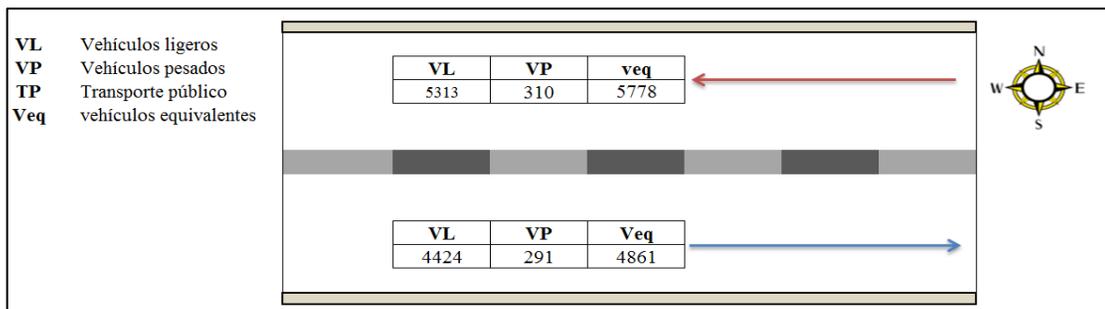


Figura. N° 26: Diagrama conteos direccionales clasificados flujo normal autopista Francisco Fajardo tramo distribuidor Santa Cecilia – Los Ruices en ambos sentidos. Fuente: Elaboración propia, 2015.

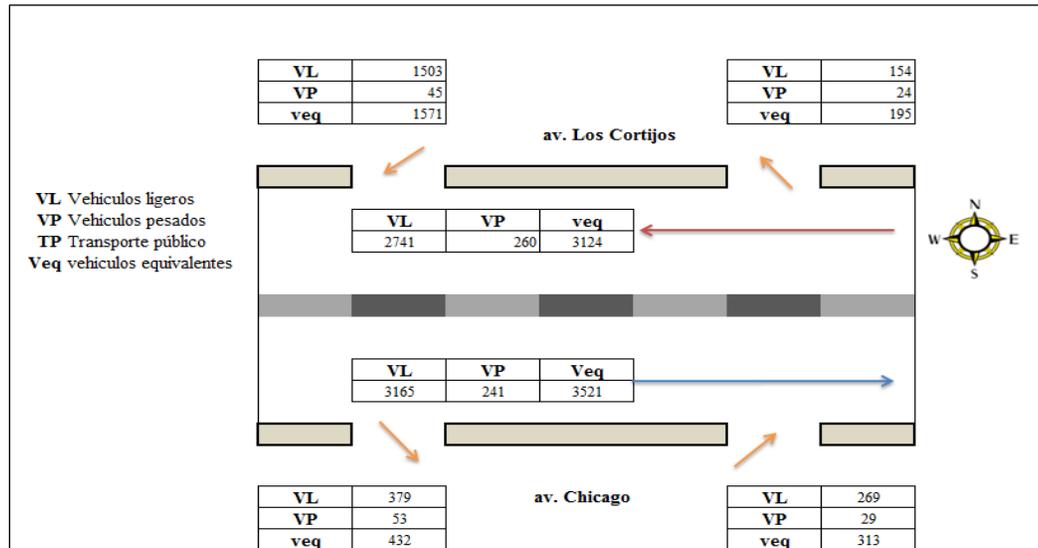


Figura. N° 27: Diagrama conteos direccionales clasificados flujo normal autopista Francisco Fajardo tramo Los Ruices-Macaracuay en ambos sentidos. Fuente: Elaboración propia.

Para el tramo de la rampa de La California–Macaracuay no se pudieron realizar conteos debido a la ubicación, por lo que se tomaron las proyecciones otorgadas por el MppTTOP para el año 2015 para realizar los cálculos.

4.2.6 Evaluación operacional segmento básico autopista Francisco Fajardo

4.2.6.1. Evaluación autopista Francisco Fajardo – distribuidor Santa Cecilia – distribuidor Los Ruices año 2014

Para el año 2014 se obtuvieron datos sobre el nivel de servicio de la autopista Francisco Fajardo, esta determinación del nivel de servicio se baso en proyecciones de estudios realizados en el año 2001 y ajustados en el año 2011 por parte del MppTTOP.

Para el tramo a estudiar como segmento básico, es decir, el tramo distribuidor Santa Cecilia y el distribuidor Los Ruices, para el año 2014 el nivel de servicio que presentaba era **F**.

El objetivo de estas modificaciones y obras implementadas es la de mejorar el nivel de servicio a **D** en dicho tramo.

4.2.6.2. Evaluación ampliación de la autopista Francisco Fajardo-distribuidor Santa Cecilia – distribuidor Macaracuay. Tramo distribuidor Santa Cecilia – distribuidor Los Ruices. Año 2015

Tabla N° 19: Planilla de conteos manuales Hora-pico en tramo de autopista dist. Santa Cecilia - dist. Los Ruices sentido oeste-este, realizados posterior a la ampliación en el Año 2015.

Conteos Manuales		
Lugar de estudio	Caracas, Distrito Capital, Venezuela	
Vía de estudio	Autopista Francisco Fajardo	
Tramo Analizado	Santa Cecilia - Los Ruices	
Sentido de estudio	Oeste – Este	
Fecha de estudio	Septiembre - Octubre 2015	
Hora del conteo	Inicio 6:37 p.m.	
Datos de flujo Hora-pico		
Número de vehículos livianos	2995	Veh
Número de vehículos pesados	272	Veh
Número de vehículos equivalentes pesados	408	Veh
Número de vehículos equivalentes totales	3404	Veh
% Vehículos pesados	8,33	
Distribución de vehículos por canales ⁽¹⁾		
Canal	%	
1	19	
2	23	
3	26	
4	32	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

⁽¹⁾ Distribución calculada como el promedio de las distribuciones por canal calculadas en los conteos realizados.

Tabla N° 20: Planilla de cálculo para la evaluación de la operación del segmento básico de la autopista en flujo normal (distribuidor Santa Cecilia - distribuidor Los Ruices) sentido oeste-este luego de la Ampliación, año 2015 con velocidades medidas en campo.

<i>Segmento básico de autopista</i>			
Lugar de estudio	Caracas, Distrito Capital, Venezuela		
Vía de estudio	Autopista Francisco Fajardo		
Tramo Analizado	Santa Cecilia - Los Ruices		
Sentido de estudio	Oeste – Este		
Fecha de estudio	Septiembre - Octubre 2015		
Condición de flujo	Normal		
<i>Datos de flujo</i>			
Volumen horario (por sentido)		5778	veh eq/h
Tipo de conductor		Diario	veh/día
Terreno		Llano	
Factor de hora pico		0,86	
% Camiones		8,33	
% Veh. recreacionales, P _R		0,00	
Distribución por sentido ⁽¹⁾		60/40	
<i>Cálculo de ajustes de flujo, volumen ajustado</i>			
Número de canales (por sentido)	N	4,00	
Factor de ajuste por tipo de conductores	f _P	1,00	
Equivalente en vehículos livianos para camiones	E _C	1,50	
Equivalente en vehículos livianos p/veh recreacionales	E _R	0,00	
Factor de ajuste por vehículos pesados	f _{HV}	0,96	
<i>Nivel de servicio y medidas de rendimiento</i>			
Volumen horario ajustado	V _p	1562	(pc/h/ln)
Velocidad	S	60,00	km/h
Densidad	D	45	(pc/h/ln)
Nivel de Servicio ⁽²⁾	NDS	E	

Fuente: Elaboración propia

⁽¹⁾ Distribución estima en base a lo observado en los recorridos en campo realizados.

⁽²⁾ Calculado con la Curva velocidad vs volumen ajustado presentada en Anexo N° 28

⁽³⁾ Calculada con la Fórmula N° 1, para $C_i = 2000$ como establece las Normas para el Proyecto de Carreteras 1997. Tabla N° 3.

Se utilizó una velocidad media medida en campo de 60 Kph obtenida del promedio de 100 muestras tomadas en campo.

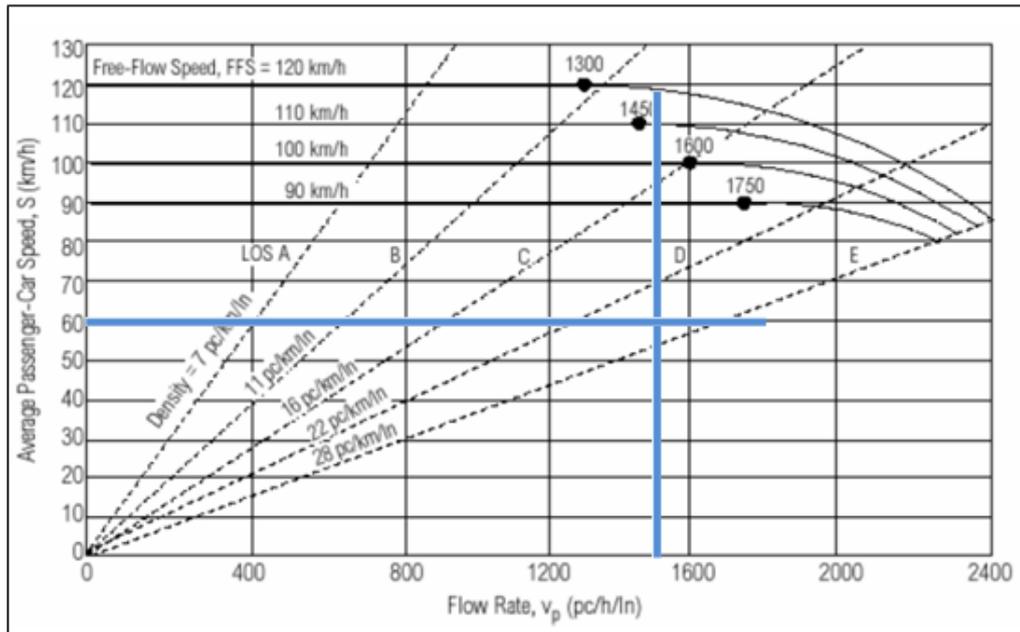


Figura N° 28. Curva de velocidad vs volumen ajustado para el estudio realizado en el año 2015 en hora-pico. Fuente: Adaptación propia, 2015.

Ocurre que la metodología utilizada del HCM 2000 está formulada para trabajar con la velocidad de flujo libre y no la velocidad medida en campo, aunque es importante poder visualizar que ocurre cuando se utiliza la velocidad real y no una estimación y comparar este resultado con el que se obtienen haciendo uso de la velocidad estimada por el procedimiento establecido en el HCM 2000.

A continuación se realiza el mismo procedimiento en dos escenarios, ambos utilizando la velocidad estimada por el HCM 2000, en el primer caso con 4 canales condición posterior a la ampliación y luego con 3 canales condición previa a la ampliación.

Tabla N° 21: Planilla de conteos manuales en flujo normal en tramo de autopista dist. Santa Cecilia - dist. Los Ruices sentido oeste-este, Posterior a la ampliación en el año 2015.

Conteos Manuales		
<i>Lugar de estudio</i>	Caracas, Distrito Capital, Venezuela	
<i>Vía de estudio</i>	Autopista Francisco Fajardo	
<i>Tramo Analizado</i>	Santa Cecilia - Los Ruices	
<i>Sentido de estudio</i>	Oeste-Este	
<i>Fecha de estudio</i>	Septiembre - Octubre 2015	
<i>Hora del conteo</i>	Inicio 3:15 p.m.	
Datos de flujo normal		
Número de vehículos livianos	5313	veh
Número de vehículos pesados	310	veh
Número de vehículos equivalentes pesados	465	veh
Número de vehículos equivalentes totales	5778	veh
% Vehículos pesados	5,51	
Distribución de vehículos en canales %		
Canal	%	
1	19	
2	23	
3	26	
4	32	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 22: Planilla de cálculo para la evaluación de la operación del segmento básico de la autopista (distribuidor Santa Cecilia - distribuidor Los Ruices) sentido oeste-este, posterior a la ampliación en el año 2015, con Velocidades estimada por la metodología en HCM 2000.

<i>Segmento básico de autopista</i>			
Lugar de estudio	Caracas, Distrito Capital, Venezuela		
Vía de estudio	Autopista Francisco Fajardo		
Tramo Analizado	Santa Cecilia - Los Ruices		
Sentido de estudio	Oeste-Este		
Fecha de estudio	Septiembre - Octubre 2015		
Condición de flujo	Normal		
<i>Datos de Velocidad</i>			
Longitud del tramo	L	200	M
Ancho de carril	A _c	3,60	M
Despeje lateral derecho	DI	0,30	M
Intensidad de distribuidores	ID	0,80	I/km
Número de carriles (por sentido)	N	4,00	canales
Velocidad de flujo libre (medida)	VFL	60,00	km/h
Velocidad de flujo libre de referencia	VFFS	110,00	km/h
<i>Ajuste de la velocidad</i>			
Ajuste x ancho de carril		0,00	
Ajuste x obstrucciones laterales		1,30	
Ajuste x número de carriles		2,40	
Ajuste x intensidad distribuidores		6,00	
FFS		100,30	Kph
<i>Datos de flujo</i>			
Volumen horario (por sentido)		5778	Veh eq/h
Tipo de conductor		Diario	veh/día
Terreno		Llano	
Factor de hora pico		0,86	
% Camiones		5,51	
% Veh. recreacionales, P _R		0,00	
Distribución por sentido ⁽¹⁾		50/50	
<i>Cálculo de ajustes de flujo, volumen ajustado</i>			
Factor de ajuste por tipo de conductores	f _P	1,00	
Equivalente en vehículos livianos para camiones	E _C	1,50	
Factor de ajuste por vehículos pesados	f _{HV}	0,97	

Nivel de servicio y medidas de rendimiento			
Volumen horario ajustado	V _p	1562	(pc/h/ln)
Velocidad	S	100,30	km/h
Densidad	D	16	(pc/h/ln)
Nivel de Servicio ⁽²⁾	NDS	C	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

- (1) Distribución estima en base a lo observado en los recorridos en campo realizados.
- (2) Calculado con la Curva velocidad vs volumen ajustado presentada en Figura N° 29

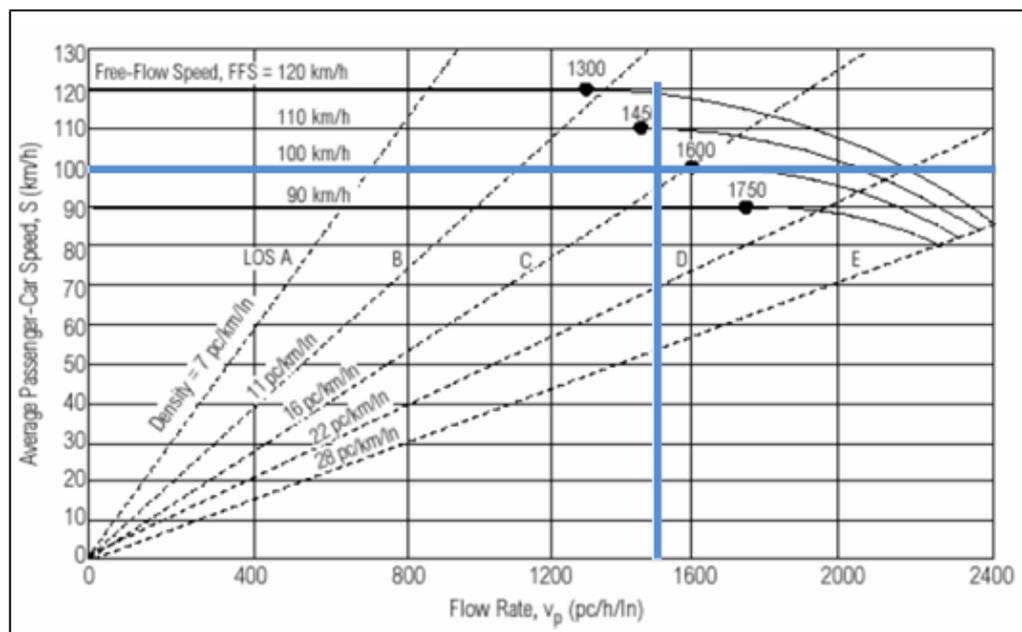


Figura N° 29: Curva de velocidad vs volumen ajustado para el estudio realizado en el año 2015 en flujo normal sentido oeste-este. Utilizando la velocidad medida en campo. Fuente: Adaptación propia.

Se realizó el mismo procedimiento tomando las mismas condiciones y utilizando el número de canales que poseía la autopista antes de ejecutarse la obra de ampliación, con la intención de poder comparar ambos resultados y conocer el efecto de la obra sobre el comportamiento del tránsito.

Tabla N° 23: Planilla de cálculo para la evaluación de la operación del segmento básico de la autopista (distribuidor Santa Cecilia - distribuidor Los Ruices) sentido oeste-este, previo a la ampliación en el año 2015, con Velocidades estimadas por la metodología en HCM 2000.

<i>Segmento básico de autopista</i>			
Lugar de estudio	Caracas, Distrito Capital, Venezuela		
Vía de estudio	Autopista Francisco Fajardo		
Tramo Analizado	Santa Cecilia - Los Ruices		
Sentido de estudio	Oeste – Este		
Fecha de estudio	Septiembre - Octubre 2015		
Condición de flujo	Normal, Previo a la ampliación		
<i>Datos de flujo</i>			
Volumen horario (por sentido)		5778	Veh eq/h
Tipo de conductor		Diario	veh/día
Terreno		Llano	
Factor de hora pico		0,86	
% Camiones		5,51	
% Veh. recreacionales, P _R		0,00	
Distribución por sentido ⁽¹⁾		50/50	
<i>Datos de Velocidad</i>			
Longitud del tramo	L	200	M
Ancho de carril	A _c	3,60	M
Despeje lateral derecho	DI	0,30	M
Intensidad de distribuidores	ID	0,80	I/km
Número de carriles (por sentido)	N	3,00	canales
Velocidad de flujo libre (medida)	VFL	60,00	km/h
Velocidad de flujo libre de referencia	VFFS	110,00	km/h
<i>Ajuste de la velocidad</i>			
Ajuste x ancho de carril		0,00	
Ajuste x obstrucciones laterales		1,30	
Ajuste x número de carriles		4,80	
Ajuste x intensidad distribuidores		6,00	
FFS		97,90	Kph
<i>Cálculo de ajustes de flujo, volumen ajustado</i>			
Factor de ajuste por tipo de conductores	f _p	1,00	
Equivalente en vehículos livianos para camiones	E _C	1,50	
Factor de ajuste por vehículos pesados	f _{HV}	0,97	

Nivel de servicio y medidas de rendimiento			
Volumen horario ajustado	V _p	2083	(pc/h/ln)
Velocidad	S	97,90	km/h
Densidad	D	21	(pc/h/ln)
Nivel de Servicio ⁽²⁾	NDS	E	

Fuente: Elaboración propia.

- (1) Distribución estima en base a lo observado en los recorridos en campo realizados.
 (2) Calculado con la Curva velocidad vs volumen ajustado presentada en Figura N° 30

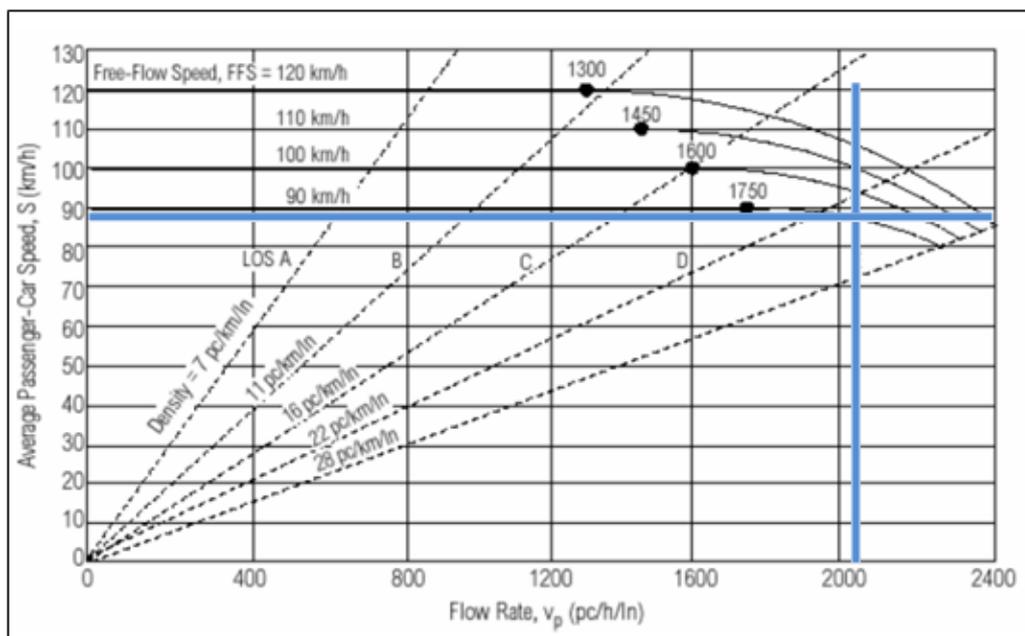


Figura N° 30. Curva de velocidad vs volumen ajustado para estudio del tramo básico previo a la ampliación y realizado en el año 2015, flujo normal sentido oeste-este . Utilizando la velocidad estimada de flujo libre del HCM 2000. Fuente: Adaptación propia

4.2.7 Evaluación operacional de entradas y salidas a la autopista Francisco Fajardo

4.2.7.1. Evaluación operacional de entradas y salidas a la autopista Francisco Fajardo anterior a la ampliación en el año 2014.

Tabla N° 24: Planilla de datos de nivel de servicio de la autopista Francisco Fajardo en el tramo distribuidor Los Ruices - La California en el año 2014.

Ubicación		
Lugar de estudio	Caracas, Distrito Capital, Venezuela	
Vía de estudio	Autopista Francisco Fajardo	
Tramo Analizado	Distribuidor Los Ruices – La California	
Sentido de estudio	Bidireccional	
Fecha de estudio	Proyección de conteos realizados en 2011 por INTT para el año 2014	
Datos de flujo		
Volumen diario PDT ⁽¹⁾	784000	Veh/día
Nivel de servicio	D	

Fuente: Dirección de estudios y proyectos MppTTOP. 2014

⁽¹⁾ Los volúmenes son totales bidireccionales proyectados a 2014.

Tabla N° 25: Planilla de datos de nivel de servicio de la autopista Francisco Fajardo en el tramo La California - Distribuidor Macaracuay año 2014.

Ubicación		
Lugar de estudio	Caracas, Distrito Capital, Venezuela	
Vía de estudio	Autopista Francisco Fajardo	
Tramo Analizado	La California – Distribuidor Macaracuay	
Sentido de estudio	Bidireccional	
Fecha de estudio	Proyección de conteos realizados en 2011 por INTT para el año 2014	
Datos de flujo		
Volumen diario PDT ⁽¹⁾	83888	Veh/día
Flujo máx. Horario ⁽²⁾	6991	Veh eq/h
Nivel de servicio	D	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 26: Planilla de conteos manuales en flujo normal en autopista Francisco Fajardo salida y entrada av. Chicago año 2015.

Conteos Manuales								
Lugar de estudio	Caracas, Distrito Capital, Venezuela							
Vía de estudio	Autopista Francisco Fajardo							
Tramo Analizado	Tramo Los Ruices – Macaracuay							
Sitio de estudio	Av. Chicago Salida/Entrada							
Fecha de estudio	Septiembre - Octubre 2015							
Hora del conteo	Inicio 4:30 p.m.							
Datos de flujo normal								
canal	1	2	3	4	5	6	7	veh
Número de vehículos livianos	212	318	560	868	1207	379	269	veh
Número de vehículos pesados	13	20	60	72	76	35	29	veh
Número de vehículos equivalentes pesados	20	30	90	108	114	53	44	veh
Número de vehículos equivalentes totales	232	348	650	976	1315	432	313	veh
% Vehículos pesados	5,77	1,98	5,93	6,18	5,92	8,45	9,73	
Vehículos totales equivalentes	3521							
Distribución de vehículos en canales								

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 27: Planilla de cálculo de la evaluación de la salida de la autopista hacia la av. Chicago sur año 2015.

Rampas uniones							
Lugar de estudio		Caracas, Distrito Capital, Venezuela					
Vía de estudio		Autopista Francisco Fajardo					
Tramo Analizado		Los Ruices – Macaracuay					
Rampa (Desincorporación)		Av. Chicago salida sur					
Fecha de estudio		Septiembre - Octubre 2015					
Datos de entrada							
Conversión a tasa de flujo							
terreno:	Nivel	SFF	65	Kph	SFR ⁽¹⁾	40	Kph
Conversión						$\frac{V}{PHF \times f_{HV} \times f_P}$	
(pc/h)	V (veh/h)	FHP	% Veh Pes.	F HV	Fp		
VF ⁽²⁾	3521	0,86	5,51	0,97	1	4482	
VR ⁽³⁾	432	0,86	8,55	0,96	1	556	
Estimación de V12/ Áreas de Divergencia							
$V_{12} = V_R + (V_F - V_R) \times P_{FD}$							
P Fd ⁽⁴⁾	0,436						
V12 ⁽⁵⁾	2267					Pc/h	
Verificación de la Capacidad							
	Actual			Max			
Vf1 = VF	44 81	(Veh/h)		2250/canal		Ok	
V12	2267	(Veh/h)		4400		Ok	
VFO = VF-VR(6)	3926	(Veh/h)		2250/canal		Ok	
VR ⁽⁷⁾	556	(Veh/h)		1900		Ok	
Nivel de Servicio							
$D_R = 2,642 + 0,0053V_{12} - 0,0183L_D$							
DR ⁽⁸⁾	14,1					Veh/km/can	
NDS	C						

Fuente: Elaboración propia

- (1) Velocidad determinada en campo producto de 100 muestras.
- (2) Vehículos que transitan fuera del canal alimentado de la rampa de desincorporación.
- (3) Vehículos que transitan por la rampa de desincorporación.
- (4) Proporción de flujo de autopista que permanece en el canal alimentador de la rampa de incorporación. Anexo N° 22.
- (5) Flujo en canales de aproximación a la rampa.
- (6) verificación de capacidad aguas abajo de la rampa.
- (7) Verificación de flujo máx. de vehículos en la rampa..
- (8) Densidad de rampa.

Tabla N° 28: Planilla de cálculo de la evaluación de la incorporación a la autopista desde la avenida Chicago sentido sur-este año 2015.

Rampas uniones							
Lugar de estudio	Caracas, Distrito Capital, Venezuela						
Vía de estudio	Autopista Francisco Fajardo						
Tramo Analizado	Los Ruices – Macaracuay						
Rampa (incorporación)	Av. Chicago Sur-Este						
Sentido de estudio	Oeste – Este						
Fecha de estudio	Septiembre - Octubre 2015						
Datos de entrada							
terreno:	Nivel	SFF	70	Km/h	SFR ⁽¹⁾	45	Km/h
Conversión a tasa de flujo							
(pc/h)	V (veh/h)	FHP	% Veh Pes.	F HV	Fp	$v = \frac{V}{PHF \times f_{HV} \times f_p}$	
VF ⁽²⁾	3521	0,86	5,51	0,97	1	4221	
VR ⁽³⁾	313	0,86	9,73	0,95	1	383	
Estimación valor V12/ Áreas combinadas							
$V_{12} = V_R + (V_F - V_R) \times P_{FD}$							
P FM ⁽⁴⁾	0,186						
V12 ⁽⁵⁾	786						Pc/h
Verificación de la Capacidad							
	Actual			Max			
VFO ⁽⁶⁾	4604	(Veh/h)		2250/canal			ok
VR12 ⁽⁷⁾	1169	(Veh/h)		4600			ok
Nivel de Servicio							
$D_R = 3,402 + 0,00456 V_R - 0,0048 V_{12} - 0,01278 L_A$							
DR ⁽⁸⁾	8,91						Veh/km/canal
NDS	B						

Fuente: Elaboración propia

- (1) Velocidad determinada en campo producto de 100 muestras.
- (2) Vehículos que transitan fuera del canal alimentado de la rampa de incorporación.
- (3) Vehículos que transitan por la rampa de incorporación.
- (4) Proporción de flujo de autopista que permanece en el canal alimentador de la rampa de incorporación. Anexo N° 21
- (5) Flujo en canales de aproximación a la rampa.
- (6) Verificación de capacidad aguas abajo de la rampa.
- (7) Verificación de flujo máx. de vehículos en la rampa.
- (8) Densidad de rampa

**Tabla N° 29: Planilla de conteos manuales en flujo normal en autopista
Francisco Fajardo salida y entrada av. Los Cortijos año 2015.**

Conteos Manuales								
Lugar de estudio	Caracas, Distrito Capital, Venezuela							
Vía de estudio	Autopista Francisco Fajardo							
Tramo Analizado	Tramo Los Ruices-Macaracuay							
Sitio de estudio	Av. Los Cortijos							
Fecha de estudio	Septiembre - Octubre 2015							
Hora del conteo	Inicio 4:30 p.m.							
Datos de flujo normal								
Canal	1	2	3	4	5	6	7	veh
Número de vehículos livianos	333	655	464	519	770	154	1503	veh
Número de vehículos pesados	58	63	44	50	45	27	45	veh
Número de vehículos equivalentes pesados	87	95	66	75	68	41	68	veh
Número de vehículos equivalentes totales	420	750	530	587	838	195	1571	veh
% Vehículos pesados								
Vehículos totales equivalentes	3124							
Distribución de vehículos en canales %								

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 30: Planilla de cálculo de la evaluación de la salida de la autopista Francisco Fajardo a la avenida Los Cortijos norte año 2015.

Rampas uniones							
Vía de estudio				Autopista Francisco Fajardo			
Tramo Analizado				Distribuidor Los Ruices entrada			
Rampa Desincorporación				Av. Los cortijos (Salida al Norte)			
Sentido de estudio				Oeste – Este			
Fecha de estudio				Septiembre - Octubre 2014			
Datos de entrada							
Terreno	Nivel	SFF	70	Km/h	SFR ⁽¹⁾	45	Km/h
Conversión a tasa de flujo							
pc/h	V(veh/h)	FHP	% Veh Pes.	FHV	Fp	$v = \frac{V}{PHF \times f_{HV} \times f_p}$	
VF ⁽²⁾	3124	0,86	8,75	0,95	1	2824	
VR ⁽³⁾	195	0,86	14,91	0,93	1	244	
Estimación valor V12 / Áreas de divergencia							
$V_{12} = V_{(R)} + (V_F - V_R) \times P_{(FD)}$							
P Fd ⁽⁴⁾				0,436			
V12 ⁽⁵⁾				1805			
Verificación de la capacidad							
	Actual (Veh/h)		Max				
Vf1 = VF	3824		2250/can		ok		
V12	1805		4400		ok		
VFO = VF-VR ⁽⁶⁾	3580		2250/can		ok		
VR ⁽⁷⁾	244		1900		ok		
Nivel de servicio							
$D_R = 2,642 + 0,0053V_{12} - 0,0183L_D$							
DR ⁽⁸⁾		11,7		Veh/km/canal			
NDS		B					

Fuente: Elaboración propia.

- (1) Velocidad determinada en campo producto de 100 muestras.
- (2) Vehículos que transitan fuera del canal alimentado de la rampa de desincorporación.
- (3) Vehículos que transitan por la rampa de desincorporación.
- (4) Proporción de flujo de autopista que permanece en el canal alimentador de la rampa de incorporación. Anexo N° 22
- (5) Flujo en canales de aproximación a la rampa.
- (6) verificación de capacidad aguas abajo de la rampa.
- (7) Verificación de flujo máx. de vehículos en la rampa.
- (8) Densidad de rampa

Tabla N° 31: Planilla de cálculo de la evaluación de la incorporación a la autopista Francisco Fajardo desde la av. Los Cortijos sentido oeste año 2015.

Rampas uniones								
Lugar de estudio	Caracas, Distrito Capital, Venezuela							
Vía de estudio	Autopista Francisco Fajardo							
Tramo Analizado	Los Cortijos – Macaracuay							
Rampa (incorporación)	Los cortijos entrada oeste							
Sentido de estudio	Oeste – Este							
Fecha de estudio	Septiembre - Octubre 2015							
Datos de entrada								
terreno:	Nivel	SFF	70	Km/h	SFR ⁽¹⁾	45	Km/h	
Conversión a tasa de flujo								
(pc/h)	V (veh/h)	FHP	% Veh Pes.	F HV	Fp	$v = \frac{V}{PHF \times f_{HV} \times f_p}$		
VF ⁽²⁾	3124	0,86	8,75	0,97	1	3824		
VR ⁽³⁾	1571	0,86	2,9	0,95	1	1965		
Estimación valor V12 / Áreas combinadas								
$V_{12} = V_R + (V_F - V_R) \times P_{FD}$								
P FM ⁽⁴⁾	0,022							
V12 ⁽⁵⁾	81							Pc/h
Verificación de la Capacidad								
	Actual		Max					
VFO ⁽⁶⁾	5668	(Veh/h)	2250/can	ok				
VR12 ⁽⁷⁾	2004	(Veh/h)	4600	ok				
Nivel de Servicio								
$D_R = 3,402 + 0,00456 V_R + 0,0048 V_{12} - 0,01278 L_A$								
DR ⁽⁸⁾	12,55							Veh/km/canal
NDS	C							

Fuente: Elaboración propia.

- (1) Velocidad determinada en campo producto de 100 muestras.
- (2) Vehículos que transitan fuera del canal alimentado de la rampa de incorporación.
- (3) Vehículos que transitan por la rampa de incorporación.
- (4) Proporción de flujo de autopista que permanece en el canal alimentador de la rampa de incorporación. Anexo N° 21
- (5) Flujo en canales de aproximación a la rampa.
- (6) verificación de capacidad aguas abajo de la rampa.
- (7) Verificación de flujo máx. de vehículos en la rampa.
- (8) Densidad de rampa.

Tabla N° 32: Planilla de cálculo de evaluación de la salida La California sur

Rampas uniones							
Vía de estudio				Autopista Francisco Fajardo			
Tramo Analizado				La California - Macaracuay			
Rampa Desincorporación				La california Sur			
Sentido de estudio				Oeste – Este			
Fecha de estudio				Septiembre - Octubre 2015			
Datos de entrada							
Terreno	Nivel	SFF	70	Km/h	SFR ⁽¹⁾	60	Km/h
Conversión a tasa de flujo							
pc/h	V(veh/h)	FHP	% Veh Pes.	FHV	Fp	$v = \frac{V}{PHF \times f_{HV} \times f_p}$	
VF ⁽²⁾	3424	0,86	8,01	0,95	1	2824	
VR ⁽³⁾	523	0,86	2,1	0,93	1	244	
Estimación valor V12 / Áreas de divergencia							
$V_{12} = V_{(R)} + (V_F - V_R) \times P_{(FD)}$							
P Fd ⁽⁴⁾				0,436			
V12 ⁽⁵⁾				2165			
Verificación de la capacidad							
	Actual (Veh/h)		Max				
Vf1 = VF	3824		2250/can		ok		
V12	1805		4400		ok		
VFO = VF-VR ⁽⁶⁾	3580		2250/can		ok		
VR ⁽⁷⁾	244		1900		ok		
Nivel de servicio							
$D_R = 2,642 + 0,0053V_{12} - 0,0183L_D$							
DR ⁽⁸⁾		13,6		Veh/km/canal			
NDS		B					

Fuente: Elaboración propia

- (1) Velocidad determinada en campo producto de 100 muestras.
(2) Vehículos que transitan fuera del canal alimentado de la rampa de desincorporación.
(3) Vehículos que transitan por la rampa de desincorporación.
(4) Proporción de flujo de autopista que permanece en el canal alimentador de la rampa de incorporación. Anexo N° 22
(5) Flujo en canales de aproximación a la rampa.
(6) verificación de capacidad aguas abajo de la rampa.
(7) Verificación de flujo máx. de vehículos en la rampa..
(8) Densidad

Tabla N° 33: Evaluación de la salida hacia Macaracuay

Rampas uniones							
Vía de estudio				Autopista Francisco Fajardo			
Tramo Analizado				La California - Macaracuay			
Rampa Desincorporación				Macaracuay Sur			
Sentido de estudio				Oeste – Este			
Fecha de estudio				Septiembre - Octubre 2015			
Datos de entrada							
Terreno	Nivel	SFF	70	Km/h	SFR ⁽¹⁾	60	Km/h
Conversión a tasa de flujo							
pc/h	V(veh/h)	FHP	% Veh Pes.	FHV	Fp	$v = \frac{V}{PHF \times f_{HV} \times f_P}$	
VF ⁽²⁾	3390	0,86	8,01	0,96	1	4106	
VR ⁽³⁾	523	0,86	2,1	0,96	1	633	
Estimación valor V12 / Áreas de divergencia							
$V_{12} = V_{(R)} + (V_F - V_R) \times P_{(FD)}$							
P Fd ⁽⁴⁾				0,436			
V12 ⁽⁵⁾				2148			
Verificación de la capacidad							
		Actual (Veh/h)		Max			
Vf1 = VF		4106		2250/can		ok	
V12		2148		4400		ok	
VFO = VF-VR ⁽⁶⁾		3473		2250/can		ok	
VR ⁽⁷⁾		633		1900		ok	
Nivel de servicio							
$D_R = 2,642 + 0,0053V_{12} - 0,0183L_D$							
DR ⁽⁸⁾		13,47		Veh/km/canal			
NDS		C					

Fuente: Elaboración propia

- (1) Velocidad determinada en campo producto de 100 muestras.
(2) Vehículos que transitan fuera del canal alimentado de la rampa de desincorporación.
(3) Vehículos que transitan por la rampa de desincorporación.
(4) Proporción de flujo de autopista que permanece en el canal alimentador de la rampa de incorporación. N° 22
(5) Flujo en canales de aproximación a la rampa.
(6) verificación de capacidad aguas abajo de la rampa.
(7) Verificación de flujo máx. de vehículos en la rampa..
(8) Densidad de rampa.

CAPITULO V - ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Análisis de resultados de la evaluación del elevado San Martín

El elevado San Martín se construyó para aliviar el congestionamiento y mejorar el nivel de servicio de la intersección entre la avenida San Martín y la avenida José Ángel Lamas en la esquina Palo Grande-plaza Italia, para evaluar la intersección se determinó su nivel de servicio y la demora en la intersección siendo este último el parámetro de eficiencia en intersecciones semáforizadas.

La demora calculada en la intersección resultó ser 32,9 seg/veh y el nivel de servicio de la misma C, los niveles de servicio para los accesos también fueron determinados. Comparándose los niveles de servicio de los accesos con los suministrados para el año 2014 por el MppTTOP, resultó una mejora en el nivel de servicio para los acceso de la avenida José Ángel Lamas con tiempos de demora entre 25 y 34 segundos, mientras que para la avenida San Martín los niveles de servicio permanecieron iguales y la demora resulto ser 32,9 seg. Al estudiar el comportamiento y distribución del flujo vehicular en la intersección y el elevado se determinó que el flujo de vehiculos que transitan por la estructura del elevado es el 78% del total de vehiculos registrados que se movilizan a lo largo de la avenida San Martín en ambos sentidos.

En base a estos resultados podemos decir que el elevado contribuyó al mejoramiento de los niveles de servicio y la disminución de la demora en la intersección, a pesar de esto en el elevado y la intersección se producen con frecuencia conflictos, puesto que la distancia entre las paradas de autobuses que se encuentran en las proximidades de la rampa de acceso del elevado en sentido este es tan pequeña (menor a 10 m) que los autobuses que con frecuencia utilizan el elevado generan conflictos con los vehículos que circulan por la parte inferior del elevado en la avenida San Martín al cambiarse de canal en cuanto salen de la rampa para realizar la maniobra de embarque y desembarque de pasajeros.

Además de esto durante los conteos y recorridos se observó que en la intersección inmediata al elevado en sentido este-oeste (intersección de la av. San Martín y la calle Sur) a la altura de la maternidad Concepción Palacios que se encuentra a 120 m de la intersección estudiada se producen conflictos; cuando el semáforo que controla los movimientos de giro y rectos de la intersección av. San Martín-calle Sur se encuentra en rojo con frecuencia se genera una longitud de

cola que se aproxima mucho a la rampa de acceso del elevado en sentido oeste, llegado en ocasiones hasta el elevado, lo que genera conflicto con los vehículos que usan el elevado para ir en esa dirección.

Este mismo fenómeno se produce durante la hora-pico pero en sentido contrario, a pesar de que la intersección previa en sentido este-oeste (intersección esquina Albañales) se encuentra a una distancia mucho mayor de la intersección entre la av. San Martín y la av. José Ángel Lamas que la intersección anterior, el flujo vehicular que se dirige a esta hora (entre 7:40 y 8:40 am) hacia El Silencio y el Centro (sentido este) es tan grande que la avenida San Martín se congestiona por completo, haciendo que la longitud de cola del semáforo ubicado en la esquina Albañales llegue a la intersección en la esquina los Palo Grande-plaza Italia (intersección estudiada) y con frecuencia se extienda más allá de dicha intersección, afectando también el flujo vehicular que transita por el elevado.

Un factor importante que se observó durante el periodo de estudio y que afecta la operación en la intersección es la incompatibilidad en las fases, pues el semáforo de la avenida San Martín sentido oeste mantiene su luz verde durante toda la fase del semáforo de la av. José Ángel Lamas en sentido norte, ocasionando conflicto con los vehículos que giran y van rectos desde esta dirección. Esto mismo ocurre con los semáforos peatonales de la av. San Martín sentido este, los semáforos vehiculares de la av. José Ángel Lamas en sentido norte y sur y el semáforo peatonal de este último sentido.

Otro factor que afecta la intersección es la cantidad de autobuses que realizan maniobras de abordaje y desembarque de peatones en la avenida San Martín en las paradas de autobuses (y con frecuencia justo en la esquina de la plaza Italia) que se encuentran en la parte inferior del elevado en la sección de la av. San Martín que fue reducida a un canal de 4,20 m, pues el 80 % de los autobuses realizan estas paradas. Esta proporción afecta el flujo de saturación y hace que las demoras que se presentan aumenten. Cabe destacar que esta condición se presenta en ambos sentidos de la av. San Martín.

En la av. San Martín la construcción del elevado conllevó a la modificación de la sección transversal de la misma a lo largo de toda la longitud del elevado, generando que en la cercanía a la intersección la av. San Martín ahora presente un solo canal de 4,20 m aunque en esta misma haya una demarcación que indique que son dos canales. Esta demarcación es un error, puesto que si el canal se divide para

generar dos canales estos no cumplen con el ancho mínimo establecidos por las normas (2,8 m) para vías colectoras.

5.2. Análisis de resultados evaluación de la ampliación de la autopista Francisco Fajardo–distribuidor Santa Cecilia–distribuidor Macaracuay.

El tramo estudiado como segmento básico fue el tramo distribuidor Santa Cecilia – distribuidor Los Ruices, ya que es considerado el tramo más crítico en cuanto al problema de congestiónamiento se refiere. Este se evaluó con la utilización de la metodología establecida en el HCM 2000, para el sentido de la autopista con mayor cantidad de vehículos contabilizados, siendo este el sentido oeste – este.

Este proceso se realizó tres veces, la primera utilizando la velocidad medida en campo, la segunda utilizando la metodología de estimación de la velocidad establecida en la HCM 2000 para la condición de 4 canales posterior a la ampliación y la tercera vez utilizando la velocidad estimada por la metodología del HCM 2000 con la condición de 3 canales previa a la ampliación.

En el primer caso se analizó para el año 2015 posterior a la ampliación y con la velocidad medida en campo, se determinó que el nivel de servicio obtenido para la autopista en su tramo Santa Cecilia – Los Ruices fue E.

En el segundo caso se analizó con el número de canales que poseía la autopista previo a la ampliación y utilizando la velocidad estimada por medio del procedimiento de la metodología del HCM 2000, obteniendo como resultado un nivel de servicio C.

En el tercer caso se analizó con el número de canales que poseía la autopista previo a la ampliación en el año 2014 obteniendo como resultado un nivel de servicio E.

Analizando los resultados se observa que en los dos últimos casos los cuales son los que permiten realizar una comparación directa se observa una mejora en el nivel de servicio del tramo estudiado, mejorando así de un nivel E a un nivel de servicio C gracias a la incorporación de la ampliación que le otorga un canal adicional al segmento de autopista.

La capacidad de la autopista se incrementó en un 33% lo cual era de esperar ya que se trata de una ampliación, lo cual permite una mejor distribución y acomodo del flujo vehicular a un nuevo ancho de calzada y mejorando así la operación del tramo en estudio y le otorga a la autopista una mejor continuidad en sus secciones transversales.

Sin embargo se observaron un factor que afectan el comportamiento y funcionamiento operacional de la autopista, este recae en la eliminación del canal de emergencia, elemento establecido en la normativa como elemento fundamental, representa un factor de afectación importante al aumentar la sensibilidad (congestionamiento debido a situaciones imprevistas), mediante visitas al campo se pudo apreciar el tránsito posee poca respuesta ante situaciones no previstas como vehículos accidentados ya que estos no poseen un canal en donde refugiarse y pasa a ser un obstáculo en el flujo vehicular. La velocidad de flujo se ve altamente afectada por la existencia de las transiciones en la geometría de las calzadas como ya antes se indicó, siendo la velocidad la principal medida de eficiencia para esta vía.

Las salidas de la autopista y entradas a ella al no poseer una configuración geométrica indicada para longitudes de aceleración y desaceleración en alguno de los casos pasan a ser factores de interferencia al flujo, en el caso de las salidas y entradas estudiadas se determinó el comportamiento del flujo y su nivel de servicio, la salida norte a los Cortijos desde la autopista sentido este-oeste y la entrada a la autopista desde los Cortijos presentaron un nivel de servicio determinado B y C respectivamente, siendo estas desincorporaciones e incorporaciones los elementos que definen el funcionamiento del segmento, indica que la incorporación del canal lateral permite que cierta mejora en este tramo sentido oeste-este, el agregar una salida más desde la autopista representa en este caso una solución viable para los vehículos que se dirigen hacia el norte desde este punto de la autopista, reduciendo así su tiempo de viaje con la nueva salida.

Cabe destacar que el acceso a la avenida Los Cortijos hacia el norte estaba contemplada como una de las obras que conformaban el plan de "Soluciones

Viales", sin embargo al estar dentro del alcance de la evaluación de los tramos ampliados de la autopista no se consideró como una evaluación apartada.

En sentido sur de la autopista se evaluaron las desincorporaciones e incorporaciones a la autopista desde la av. Chicago, estas presentaron un comportamiento similar a las del lado norte, con la diferencia que la salida hacia la av. Chicago presenta deficiencia con respecto a longitud necesaria para desacelerar, la velocidad determinada en campo para esta incorporación fue de 40 kph para los vehículos que ingresaban a la rampa de salida, por su parte la av. Chicago posee poca longitud una vez es superada la desincorporación a la autopista hacia un único canal, lo que la hace propensa a afectar el flujo de la autopista si se llegara a generar congestión ante cualquier situación imprevista en la avenida, pudiendo producir un congestión que llegue al nivel de la autopista.

Este tramo de Los Cortijos a La California en función a los resultados obtenidos se puede llegar a dictaminar que existe un mejoramiento es dicho tramo.

Llegando al final de la ampliación de la autopista y evaluando las rampas de desincorporación hacia La California sur y Macaracuay presentaron niveles de servicio B y C respectivamente, representando un comportamiento positivo para las condiciones establecidas en la autopista, presentando las características geométricas más favorables al poseer una longitud para desacelerar lo suficientemente apropiado para realizar una transición gradual para el conductor.

Analizando el congestión a lo largo de los tramos antes mencionados se debe exponer que el factor de afectación que predominaba previo a la incorporación de la ampliación de la autopista recae sin duda en la falta de continuidad y el efecto de cuello de botella que se generaba, en este aspecto se puede decir que la ampliación otorga una mejor continuidad a la autopista.

La velocidad seleccionada para el diseño de la incorporación del canal lateral de la autopista a lo largo de los tramos evaluados fue de 60 kph esto se debe a que la velocidad base de 80 kph es afectada de tal manera ya que la autopista presenta una gran cantidad de obstáculos en su franja derecha en ambos sentidos que reducen la capacidad de operación debido a las constantes, salidas y entradas, así como el poseer distribuidores consecutivos en longitudes cortas comparándolas

con lo recomendado en normas para el diseño que especifica espaciamientos entre distribuidores de 1,5 a 2 kilómetros.

5.3. Propuestas y evaluación de rutas

➤ Propuestas para San Martín

Como alternativa al congestionamiento que se produce en dicha intersección se proponen los siguientes planteamientos.

En la zona sur de la av. José Ángel Lamas a la altura de su intersección con la av. San Martín está conformada de antiguos galpones industriales, depósitos comerciales y algunas viviendas, siendo esta vía una calle local en donde se presentan una afluencia de personas baja en comparación al resto de las zonas adyacentes a esta. Se observó por medio de visitas al sitio que esta ruta es poco transitada, alrededor del 8% del total de los vehículos contabilizados que transitan por la intersección.

Uno de los problemas que se presenta en la intersección y que afecta la operación se debe al mal uso de la vía por parte de los conductores que irrespetan la demarcación y señalizaciones, en muchos casos durante el periodo de estudio se observó cómo los conductores utilizan el canal destinado para el movimiento norte-sur a lo largo de la av. José Ángel Lamas a contraflujo como se muestra en la siguiente figura.



Figura. N° 31: Conflicto por uso indebido de canal intersección av. San Martín con av. José Ángel Lamas. Fuente: Elaboración propia.

Por esto se propone eliminar el movimiento sentido norte-sur de la av. José Ángel Lamas y dejar dicho canal en sentido para movimientos de giro, puesto que se puede acceder a la calle Sur desde la intersección de esta con la av. San Martín a la altura de la maternidad Concepción Palacios.

Como una alternativa operacional se plantea utilizar semáforos coordinados por controladores a lo largo de toda la avenida San Martín para mejorar la movilidad en la avenida.

La colocación en todas las vías arteriales y colectoras de la ciudad de Caracas de un sistema integrado de cámaras y semáforos computarizados que permitan desde un centro de control saber cuáles son las vías arteriales y colectoras que se encuentran congestionadas y establecer fases para darle movilidad a las mismas durante estos periodos para reducir las demoras y congestionamiento.

➤ ***Propuestas autopista Francisco Fajardo***

La ampliación de la Autopista Francisco Fajardo debido a su jerarquía y al ser la vía principal de tránsito de la ciudad de Caracas y que conecta la ciudad con otras poblaciones del país, posee una complejidad para proyectar modificaciones de forma integral pues el espacio lateral en la mayor parte de su longitud está delimitado por el uso de las áreas a su alrededor, dejando como opción la de incorporar obras por tramos específicos de la autopista con la finalidad de mejorar el flujo en aquellas zonas de mayor conflicto y congestionamiento.

La autopista Francisco Fajardo sentido oeste – este se encuentra con una barrera de movilidad vehicular a nivel de la Base Aérea Generalísimo Francisco Miranda, por lo que una de las propuesta que se han realizado se centrará en la conectividad vial por medio de la utilización de esta Base Aérea en vista que ya en esta zona se están planificando otros proyectos de índole recreativa, también podría utilizarse para permitir el paso vehicular al incorporar obras viales al margen norte de dicha base.

Se propone la utilización de parte de la Base Aérea Generalísimo Francisco Miranda para una nueva ampliación de los canales existentes con la finalidad de otorgarle a la autopista un ancho de calzada que permita la incorporación de un canal de emergencia que fue eliminado en la obra de ampliación durante el año 2014, esta medida se enfoca en disminuir la alta sensibilidad que posee la autopista actualmente en los segmentos donde se eliminó el canal de emergencia, ya que uno

de los problemas que se observó durante la realización del presente trabajo especial de grado es la sensibilidad que posee la autopista al responder de manera deficiente ante una situación imprevista como por ejemplos los automóviles accidentados que se convierten en un obstáculo directo al flujo de la vía en estos tramos.

Otra propuesta es la de utilizar una estructura que cruce por encima de la Base Aérea de La Carlota con la finalidad de conectar las vías en sentido norte-sur. Según expresa el ingeniero Daniel Quintini, la pista de emergencia de La Carlota puede seguir funcionando junto con la incorporación de un puente que apoye sus columnas sobre la base aérea con una elevación de entre 8 a 10 metros sobre el terreno, con la finalidad de crear un cruce vial norte-sur propuesto desde hace tiempo.

En el caso de la autopista las alternativas de rutas significativas recaen en la construcción de autopistas alternas que manejen el tránsito de paso. Actualmente se realizan trabajos para ejecutar la construcción de las autopistas perimetrales a la ciudad de Caracas como la autopista Perimetral del Sureste la cual recibiría el tránsito de vehículos pesados que atraviesan la ciudad de Caracas para ir al otro extremo del país, según la ingeniera Cecilia Herrera (2015) esta medida se traduciría en una reducción de minutos en los viajes de traslados dentro de la ciudad de Caracas y expone como una solución de mayor importancia la construcción de la autopista La Verota-Kempis que enlazaría los Valles del Tuy con Araira, retirando el paso de vehículos pesados del sistema vial urbano de la ciudad.

Estas propuestas están planteadas en el plan de movilidad 2015, la construcción de estas alternativas aliviarían el tránsito que recibe la autopista Francisco Fajardo hasta en un 40 % según proyecciones realizadas por el MppTTOP. Dichas alternativas se presentan en la siguiente figura.

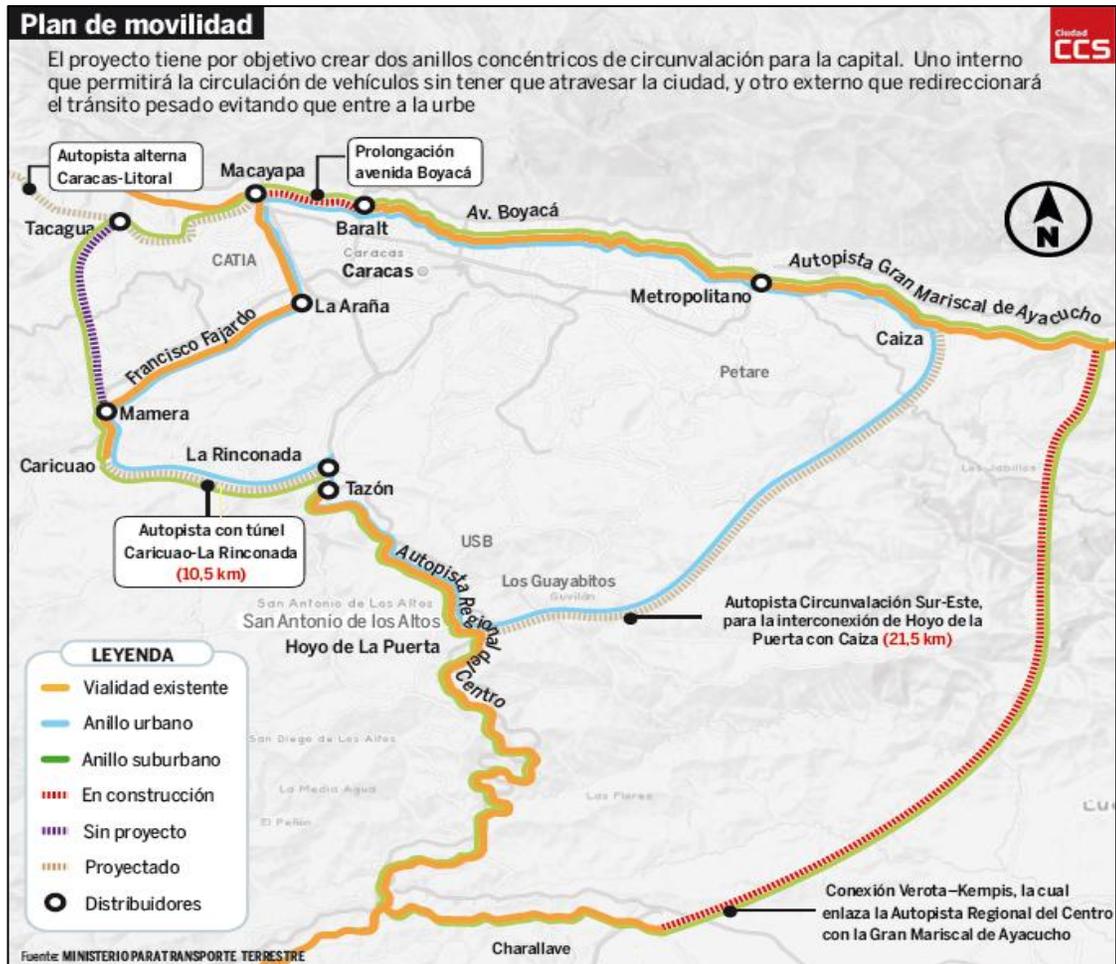


Figura. N° 33. Plan de movilidad en caracas. Fuente: Presentación Ingeniero Cecilia Herrera (2014).

CAPITULO VI - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se logró realizar con éxito la evaluación del comportamiento del tránsito en 2 obras del plan "Soluciones Viales" ejecutadas e inauguradas en la ciudad de Caracas por el MppTTOP en el año 2014.
- Se llevó a cabo un proceso de compilación de data, entrevistas y levantamiento de información en campo necesaria para caracterizar de la manera más detallada posible las 2 obras seleccionadas presentadas en el plan de "Soluciones Viales" implementadas en la red vial de la ciudad de Caracas ejecutadas e inauguradas en el año 2014.
- Se realizó la revisión del cumplimiento de algunos parámetros geométricos de diseño presentados en los proyectos de las 2 obras seleccionadas del plan "Soluciones Viales" con las recomendaciones establecidas en las normas venezolanas.

Para el caso del Elevado San Martín el mismo cumple con la mayoría de los parámetros geométricos que se evaluaron los cuales fueron: cantidad de canales por sentido, despeje lateral, divisoria, pendiente máxima, longitud crítica con pendiente máxima, señalización e iluminación, sin embargo, debe exponerse que no cumple con el ancho mínimo de canales.

La ampliación de la autopista Francisco Fajardo tramo Santa Cecilia - Macaracuay no cumple con algunos de los parámetros geométricos, siendo estos las longitudes de los canales de aceleración y desaceleración y el ancho del canal de emergencia (hombrillo).

- Se realizó la evaluación operacional de las 2 obras seleccionadas del plan "Soluciones Viales" a través de la metodología propuesta en el Highway Capacity Manual 2000. para ese tipo de obras.

Para el elevado San Martín se evaluaron la capacidad, nivel de servicio, y demora en la intersección entre la av. San Martín y la av. José ángel Lamas pudiendo verificarse que el elevado de San Martín está cumpliendo con la función para la cual se construyó (mejorar el nivel de servicio de la

intersección entre la av. San Martín y la av. José ángel Lamas) puesto que el nivel de servicio de ambas colectoras de mejoró.

En el caso de la ampliación de la autopista Francisco Fajardo se evaluó el tramo entre Santa Cecilia -Los Ruices como un segmento básico de autopista y se evaluaron las entradas y salidas de la autopista (conectan la autopista con la av. Chicago, la av. Los Cortijos y la California Sur) tomándose para esta evaluación operacional la velocidad de flujo, el nivel de servicio, y capacidad que presentaban estos tramos, para los cuales hubo un aumento de la capacidad de la autopista a lo largo de la ampliación realizada, y una mejora en los niveles de servicio de algunos de estos tramos al tener una mejor continuidad en la geometría de las secciones transversales que le otorga la ampliación.

- Mediante la evaluación y análisis de los resultados obtenidos de las 2 obras se puede llegar a una conclusión sobre el estado y funcionamiento de las obras, concluyendo que la incorporación de las obras a la red vial de la ciudad de Caracas representan una mejora en términos generales en las zonas donde estas se ejecutaron, sin embargo al no existir conexión y continuidad entre las obras aplicadas pues fueron construidas y proyectadas como soluciones puntuales no generan una mejora a nivel del comportamiento del tránsito de manera general en las vías.
- En la autopista Francisco Fajardo se concluye que el fondo del problema del tránsito recae en la falta espacio en su geometría, la cual limita la posibilidad de incorporar obras de infraestructura vial, así como la falta de conexiones entre las vías de la ciudad de Caracas especialmente conexiones norte – sur que hace que la autopista sea la principal opción para movilizarse en el área de la ciudad.
- Se realizó el estudio de las posibles rutas alternas que pudieran aplicarse en las zonas donde se ejecutaron las 2 obras estudiadas, con la intención de contribuir con el mejoramiento del funcionamiento en las obras evaluadas.

Además de esto se mencionan algunas soluciones viales que se han planteado en los últimos años y que abordan el tema del tránsito de paso que se moviliza en la ciudad de Caracas.

- Se plantearon recomendaciones sobre los controles de operación en las 2 obras estudiadas con la finalidad de mejorar el funcionamiento de las obras, basándose en las observaciones en campo, análisis y evaluación operacional.

6.2. Recomendaciones

En el presente trabajo la evaluación se enfocó en las obras que se incorporaron a la red vial de la ciudad de Caracas en el año 2014, recomendamos para futuros trabajos especiales de grado, realizar estas evaluaciones a otras obras de infraestructura vial realizadas en la ciudad de Caracas y fuera de esta, ya sea que formen parte del plan "Soluciones Viales" o no con la intención de conocer su funcionamiento y diagnosticar el efecto que estas tuvieron sobre el tránsito en las zonas de ejecución..

Se recomienda realizar una nueva evaluación de la autopista Francisco Fajardo en el tramo estudiado en el presente trabajo especial de grado una vez incorporado el nuevo distribuidor Los Ruices (actualmente en construcción, 2015), con la intención de determinar el efecto que la incorporación de este distribuidor tiene sobre la autopista.

Se recomienda también realizar este tipo de evaluaciones de manera más detallada por los organismos públicos competentes en todas las obras de infraestructura vial que se realicen, puesto que este tipo de investigaciones permite conocer el funcionamiento operacional de estas obras y determinar si la construcción de las mismas represento una mejora en la capacidad y nivel de servicio de las vías que estas afectan de manera de establecer soluciones eficaces y eficientes a la problemática vial que presentan las vías del país.

Mediante la realización de Trabajo de investigación se pudo conocer la dificultad existente para la obtención de la data necesaria para la proyección y diseño de las obras de infraestructura vial en el país, puesto que este tipo de información es indispensable para la apropiada planificación del crecimiento de una ciudad, se recomienda a los organismos públicos a los que compete invertir en realizar estudios de tránsito en zonas y lugares representativos en las diferentes ciudades a lo largo de todo el territorio nacional de manera con una frecuencia al menos semestral para generar una base de datos actualizada con la que se pueda contar para la realización de futuros proyectos viales. Además de estudios de tránsito, se recomienda la actualización de los planos de vialidad del país y de la normativa venezolana vigente con la que se diseña actualmente.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Acceso (intersección), “Cada una de las calzadas o porciones longitudinales de calzada por donde el tránsito llega a una intersección”.

Accidente de tránsito, “Suceso eventual o acción en la que involuntariamente resultan daños para personas o cosas y en cuya ocurrencia participa al menos un vehículo”.

Aceleración, “Incremento de la velocidad en la unidad de tiempo”.

Acera, “Parte de la vía, a lo largo de la calzada, destinada principalmente a la circulación de peatones”.

Adelantamiento, “Maniobra mediante la cual un vehículo se sitúa delante de otro u otros que lo precedían en el mismo canal de una calzada”.

Alineamiento, “Eje trazado de una vía que puede seguir una trayectoria recta o curva”.

Altura libre, “Espacio libre sobre la acera o calzada medido en dirección vertical”.

Arteria, “Calle destinada primordialmente a facilitar la circulación del tránsito de paso. Su fin secundario es el acceso a las propiedades colindantes”.

Avenida, “Arteria o calle céntrica ancha e importante por el alto nivel de actividades humanas que tienen lugar a lo largo de ella”.

Barrera (vía), “Obstáculo que prohíbe el paso a una vía o a parte de ella, y que sirve para desviar el tránsito”.

Bifurcación, “Lugar donde una calzada se divide en dos”.

Brecha (Demarcación), “Segmento sin pintar en la demarcación de líneas segmentadas”.

Brecha (Vehículo), “Tiempo que transcurre entre el paso, por un punto fijo de una vía, del extremo trasero de un vehículo y el delantero del vehículo que lo sigue”.

Brecha aceptable, "Brecha entre dos vehículos sucesivos que usa el conductor de un tercer vehículo para efectuar una maniobra de cruce o confluencia".

Brocal, "Pieza o inclinada de concreto, piedra u otros materiales, colocada a lo largo del borde de la calzada que define claramente su límite".

Calzada, "Parte de una vía por donde transitan los vehículos, en uno o en ambos sentidos, con o sin separador físico".

Calle, "Vía urbana de uno o dos sentidos donde se permite la circulación del tránsito".

Calle de sentido reversible, "Calle en la cual el tránsito circula en un sentido en ciertas horas del día y en sentido contrario en otras".

Calle local, "La que está destinada principalmente a dar acceso a propiedades".

Calle principal, "De dos calles que se intersecan, la que conduce el mayor volumen de tránsito".

Calle secundaria, "De dos calles que se intersecan, la que conduce el menor volumen de tránsito".

Canalización, "Obstáculos o marcas que se oponen en las vías para obligar a las corrientes vehiculares a seguir ciertas trayectorias".

Carga, "El peso de lo que transporta un vehículo".

Carretera, "Vía en zonas no urbanas con circulación en ambos sentidos, son divisoria física".

Canal, "Parte de la calzada destinada para la circulación de una fila de vehículos".

Canal de aceleración Canal de cambio de velocidad destinado a aceleraciones.

Canal de adelantamiento, "El que está dispuesto para que unos vehículos sobrepasen a otros".

Canal de Contraflujo, "Canal con sentido de circulación contrario al principal del grupo de canales a que pertenecen".

Canal de desaceleración, "Canal de cambio de velocidad destinado a desaceleraciones".

Canal de Giro, "El que está reservado para los vehículos que giren".

Canal Exclusivo, "Canal reservado para ejecutar ciertas clases de movimiento, como el giro a la izquierda, o para ser usados por un tipo especial de vehículo como el autobús o taxi".

Canal para vehículos de alta ocupación (VAO), "Canal reservado para vehículos cuyo número de ocupantes es de dos o más".

Canales Convergentes, "Canales que se aproximan hasta que convergen en uno".

Choque (Accidente), "Encuentro violento entre un vehículo y un objeto fijo".

Circulación Vehicular, "Movimiento del tránsito de vehículos por una vía, calzada o canal".

Cola, "Fila de peatones o vehículos detenidos o casi detenidos".

Conductor, "Persona que conduce o maneja un vehículo".

Conflicto, "Dificultad que surge cuando dos o más vehículos compiten por el mismo espacio en la vía".

Congestión de tránsito, "Es técnicamente la situación que se crea cuando la demanda de tránsito excede el volumen máximo que puede circular por un punto de una vía".

Conteo de tránsito, "Medición de la cantidad de vehículos que pasan por uno o varios puntos de una vía durante un periodo de tiempo".

Contraflujo (Tránsito), "Circulación en sentido contrario al que normalmente se asigna a un grupo de canales".

Control de Tránsito, "Conjunto de medios destinados a ordenar la circulación".

Convergencia de Tránsito, “Unión de dos o más corrientes vehiculares para formar una sola”.

Corredor, “Conjunto de vías sensiblemente paralelas que ofrecen varias rutas alternativas a los viajes que se realizan entre dos o más zonas geográficas”.

Corrientes de Tránsito, “Pueden definirse cualitativa y cuantitativamente. Cualitativamente las corrientes de tránsito se definen por el nivel de servicio y cuantitativamente por los siguientes elementos: Velocidad, Densidad y Volumen de tránsito”.

Cruce, “1. Lugar donde una calzada se une o atraviesa otra u otras al mismo nivel”. “2. Maniobra en la que las trayectorias de los vehículos en una corriente de tránsito cortan a las de los vehículos de otra”.

Cuneta, “Conducto abierto que se hace a lo largo de una vía para que el agua corra por él”.

Curva Horizontal, “Curva del eje de una vía proyectada sobre un plano horizontal”.

Curva Vertical, “Alineamiento de la rasante que tiene proyección curvilínea sobre un plano vertical”.

Curva y contra Curva, “Curva compuesta del eje de una vía que consiste en dos arcos consecutivos con curvaturas en sentidos opuestos”.

Defensa, “Dispositivo que se emplea para contener o desviar a los vehículos que se salen de la calzada para evitar caídas, entrada en lugares peligrosos o choques con objetos fijos”.

Demora, “Tiempo perdido por los ocupantes de un vehículo cuando éste no puede ir a la velocidad que aquéllos desean”.

Derecho de Vía, “Franja de terreno destinada a la construcción, mantenimiento, seguridad, servicios auxiliares y ampliación de una vía”.

Desaceleración, “Disminución de la aceleración en la unidad de tiempo”.

Desvío, "Recorrido por uno o varios tramos de vías temporales o permanentes para evitar un obstáculo o un tramo en construcción, reconstrucción o reparación".

Detector (Tránsito), "Dispositivo que se coloca en una vía para registrar automáticamente el paso o presencia de vehículos".

Distancia de Frenado, "Longitud recorrida por un vehículo desde el instante en que se aplican los frenos hasta que se detiene el vehículo, incluyendo la distancia de patinaje".

Distancia de Visibilidad, "Tramo de vía que puede ver un conductor delante de él".

Distribuidor de Tránsito, "Intersección con uno o más pasos a desnivel y ramales de enlace".

Divergencia, "Proceso de división de una corriente vehicular en dos corrientes independiente".

Educación Vial, "Sistema de enseñanza para impartir actitudes prudentes y corteses a los usuarios de las vías y que propende a que se reconozca, acepten y acaten voluntariamente las normas y pautas que regulan el comportamiento humano en la vía pública".

Eje, "Línea imaginaria longitudinal que va por el centro de una vía o calzada".

Empalme, "Unión de una vía con otra en una intersección".

Espacio lateral libre, "El que existe entre el borde de la calzada y un obstáculo lateral".

Estacionamiento, "1. Acto mediante el cual un conductor deja su vehículo parado en cierto lugar y se aleja de él". "2. Lugar donde se proporciona espacio para estacionar dentro o fuera de la vía pública".

Fase de tránsito, "Parte del ciclo del semáforo que consta (1) de un intervalo durante el cual recibe siempre el derecho de paso un movimiento o combinación de movimientos vehiculares o peatonales, y (2) de uno o más intervalos de transición (generalmente)".

Girar (Intersección), "Cambiar de dirección un vehículo en una intersección. Generalmente es un cambio en ángulo recto".

Giro, "Acción que resulta en un cambio de dirección de la marcha de un vehículo".

Giro Compartido (Semáforo), "Giro que se hace en una intersección semaforizada utilizando brecha en corrientes de vehículos o peatones que obstaculizan el movimiento".

Giro en U, "Maniobra mediante la cual se invierte el sentido de la marcha de un vehículo".

Giro protegido (semáforo), "Giro que se hace en una intersección semaforizada si interferencia o conflictos con vehículos o peatones".

Hombriello, "Superficie adyacente a la calzada, destinada al estacionamiento de vehículos en casos de emergencia".

Intersección con señales de "Pare", "Intersección provista de señales de "Pare" en los accesos, que corresponden generalmente a la vía secundaria que cruza una principal".

Intersección Señalizada, "La que está regulada por señales que son habitualmente de "Ceda el Paso" o "Pare" ".

Ménsula (Semáforo), "Estructura en voladizo que sirve para suspender la cabeza de un semáforo sobre la calzada".

Movimiento de Tránsito, "Corriente vehicular que gira a la izquierda, a la derecha, o sigue de frente en una intersección".

Pasarela, "Especie de puente por encima de una calzada destinado al tránsito de peatones".

Paso peatonal, "Zona demarcada a fin de que los peatones la usen para cruzar una calzada".

Peatón, "Toda persona que ande a pie por la vía pública".

Pendiente, "Inclinación de una superficie con respecto un plano horizontal".

Pórtico de Señalización, “Estructura que pasa sobre la calzada de una vía, donde se colocan señales de tránsito”.

Pronóstico del Tránsito, “Predicción del volumen y distribución del tránsito que circulará por una vía, por parte de ella o en una sistema de vías, en una fecha futura”.

Proyecto, “Conjunto de Planos y otros documentos que contienen la información necesaria para construir una obra”.

Rampa, “Plano inclinado para que los vehículos puedan subir a un nivel superior y bajar del mismo”.

Rasante, “Línea longitudinal de una calzada que representa los niveles del centro de la superficie de rodamiento a lo largo de la calzada”.

Redoma, “Intersección donde no hay cruce a nivel directo, sino maniobras de entrecruce y movimientos alrededor de una isla central”.

Reductor de Velocidad, “Protuberancia transversal en el pavimento de una vía que se usa para hacer que los vehículos se detengan o disminuyan su velocidad apreciablemente”.

Retroreflexión, “Reflexión de la luz hacia el foco de la emite”.

Seguridad Vial, “Conjunto de conocimientos y actividades que tienen por objeto prevenir accidentes de tránsito en las vías públicas”.

Sentido de Circulación, “Cualquiera de las dos orientaciones que puede seguir el desplazamiento de vehículos a lo largo de una vía”.

Señal de tránsito, “Dispositivo para regular el tránsito que comunica su mensaje al usuario de la vía por medio de inscripciones o signos convencionales”.

Señalización Horizontal, “La que presenta letreros o símbolos en un plano horizontal, tales como las marcas en el pavimento”.

Señalización Vertical, “La que presenta letreros o símbolos en posición vertical, impresos generalmente en una placa”.

Separador, “Obstáculo físico longitudinal que se instala en una calzada para separar corrientes vehiculares que circulan en ellas”.

Tiempo de Reacción, “El que transcurre desde que un individuo recibe un estímulo hasta que comienza a actuar para responder a él”.

Transición, “Disminución gradual del ancho de un elemento geométrico de una vía, tal como el de una calzada cuando va desapareciendo un canal”.

Transporte Público, “Transporte de grupos de pasajeros en zonas urbanas”.

Vehículo de alta ocupación (Vao), “Vehículo cuyo número de ocupantes es mayor a dos personas”.

Vehículo Liviano, “Automóvil u otros vehículos que no tienen más de cuatro ruedas en contacto con la superficie de rodamiento en uso normal”.

Vehículo Pesado, “Cualquier Vehículo que tenga más de cuatro ruedas en contacto con la superficie de rodamiento en uso normal”.

Velocidad, “Relación entre la distancia recorrida por un móvil y el tiempo en que se ha tardado en recorrerla”.

Velocidad de Diseño, “La seleccionada para proyectar y relacionar entre sí las características físicas de una vía que influyen en la marcha de los vehículos”.

Velocidad Peatonal, “Velocidad a la que caminan los peatones”.

Vía, “Lugar debidamente acondicionado para el paso de peatones, vehículos o ambos”.

Vía Expresa “Vía con calzada separadas, limitación parcial de acceso y generalmente con pasos a desnivel en las intersecciones”.

Vía peatonal, “Vía para el movimiento de peatones, separadas del tránsito vehicular por un bordillo o ubicada en una faja de terreno independiente”.

Vialidad, “Lo concerniente al planteamiento, diseño, conservación y explotación de un sistema de vías”.

Volumen de Tránsito, “Número de Vehículos o peatones que pasan por un punto de una vía o cualquiera de sus partes durante la unidad de tiempo que suele ser un día o una hora”.

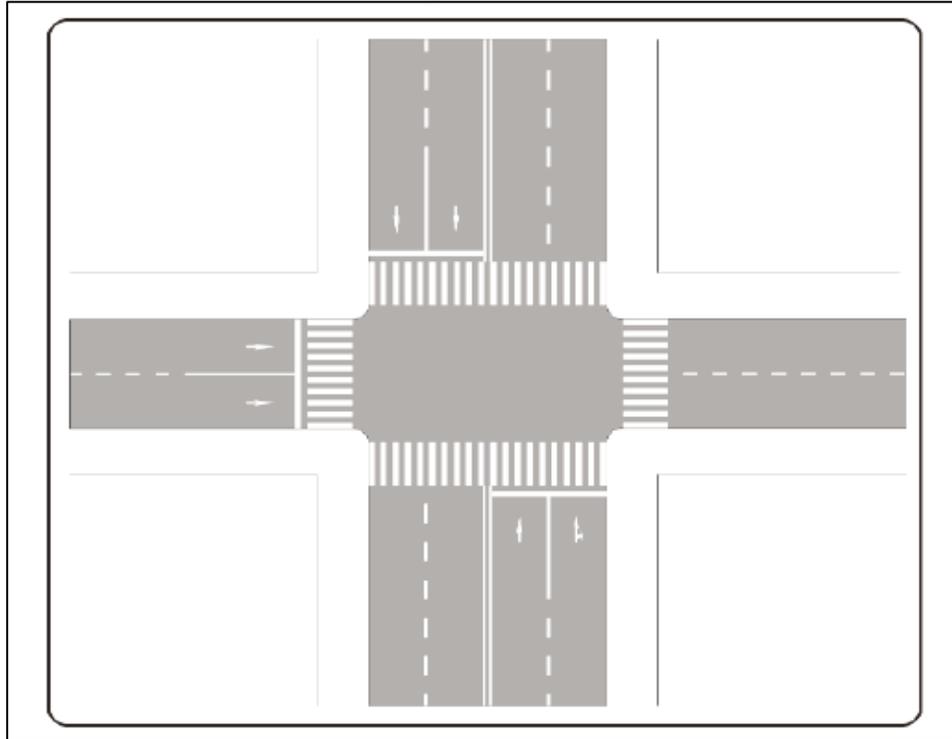
Zona de adelantamiento Prohibido, “Tramo de una carretera de dos o tres canales, con circulación en ambos sentidos, donde se prohíbe adelantar en uno o en los dos sentidos”.

Zona lateral de la vía, “Término general con que se designa el terreno contiguo a una vía o calzada”.

Zona Urbana, “Zona en la que gran parte del terreno está ocupado por edificaciones”.

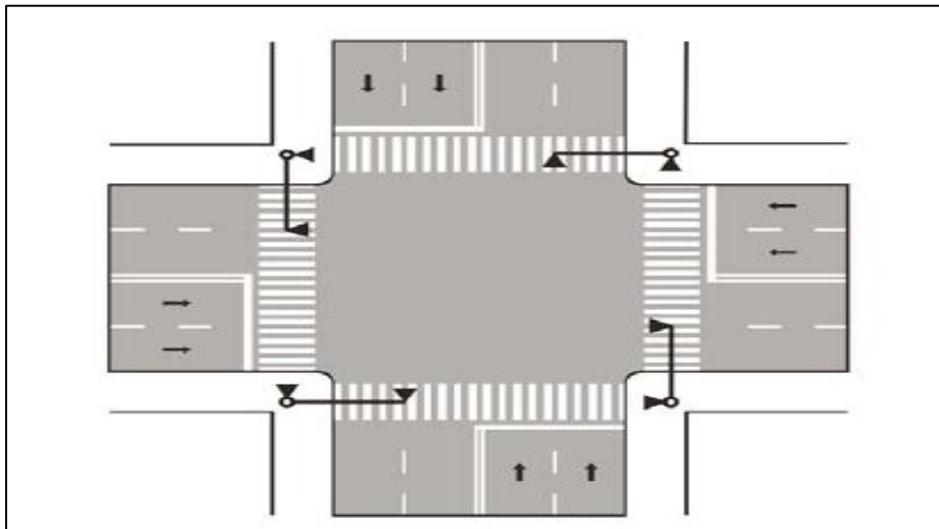
ANEXOS

Anexo N° 1: Líneas de aproximación a la línea de PARE



Fuente: Manual Venezolano de dispositivos de control de tránsito. 2001

Anexo N° 2-1: Ubicación y número recomendable de caras de semáforo en intersecciones con calles de doble sentido.



Fuente: Manual Venezolano de dispositivos de control de tránsito. 2009

Anexo N° 2-2: Señal de información para indicar destino.



Fuente: Manual Venezolano de dispositivos de control de tránsito. 2009

**Anexo N° 3: Esquina Palo Grande y plaza Italia antes de la construcción del
elevado San Martín**



Fuente: <http://www.panoramio.com/photo/24516743>. 2009. Recuperado 5 de Octubre de 2015.

**Anexo N° 4: Esquina Palo Grande y plaza Italia, modificación de las áreas
para la construcción del Elevado San Martín.**



Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 5-1: Señalización del elevado San Martín sentido este-oeste.



Fuente: http://www.el-nacional.com/caracas/Inauguraron-elevado-avenida-San-Martin_0_540546062.html. 2014. Recuperado el 5 de octubre de 2015.

Anexo N° 5-2: Señalización del elevado San Martín sentido oeste-este.



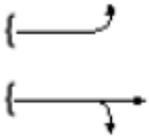
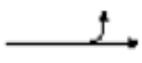
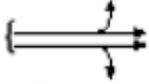
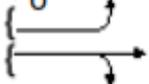
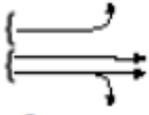
Fuente: <http://www.aporrea.org/tecno/n262516.html>. 2014. Recuperado el 5 de octubre de 2015

Anexo N° 6: Tabla de distribución direccional.

Distribución Direccional	Factor de Ajuste f_d
80/20	0,83
70/30	0,89
60/40	0,94
50/50	1,00

Fuente: Normas para el proyecto de carreteras. 1997

Anexo N° 7: Determinación del grupo de canal.

Número de Canales	Movimiento / Canal	Número de posible grupo de canales
1	I+R+D 	① 
2	EXC I  R+D 	② 
2	I+R  R+D 	①  ② 
3	EXC I  R  R+D 	②  ③ 

Fuente: Adaptación del Highway Capacity Manual 2000 realizada por FONTUR 2007.

Anexo N° 8: Tabla factor de ajuste para el flujo de saturación

Factor	Fórmula	Definición de variables	Notas
Ancho de canal	$f_w = 1 + \frac{(W - 3.6)}{9}$	W = ancho canal (m)	W ≥ 2.4 Si W > 4.8. considerar dos canales
Vehículos pesados	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$	% HV = % vehículos pesados en el volumen del grupo de canales	E _T = 2.0 vl /HV
Pendiente	$f_g = 1 - \frac{\% G}{200}$	% G = % pendiente para el grupo de canal.	-6 ≤ %G ≤ +10 Negativo en bajada
Estacionamiento	$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_m}{3600}}{N}$	N = número de canales del grupo de canales N _m = número de estacionamiento maniobras/h	0 ≤ N _m ≤ 180 f _p ≥ 0.050 f _p = 1.000 no hay maniobras.
Bloqueo de Buses	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_b}{3600}}{N}$	N = número de canales del grupo de canales N _b = número de buses paran/h	0 ≤ N _b ≤ 250 f _{bb} ≥ 0.050
Tipo de área	f _a = 0.900 en CBD f _a = 1.000 en otras áreas		
Utilización del Canal	$f_{lu} = v_g / (v_{g1} N)$	v _g = tasa de flujo no ajustada para grupo de canales. v _{g1} = tasa de flujo no ajustada del canal de mayor volumen, en el grupo de canales. N = número de canales en el grupo de canales	
Giro Izquierda	Fase protegida: Canal exclusivo: f _{LT} = 0.95 Canal compartido: $f_{LT} = \frac{1}{1.0 + 0.05 P_{LT}}$	P _{LT} = proporción de giros a la izquierda en el grupo de canal	En el anexo C del cap. 16 del HCM, se explica la fase no protegida
Giro Derecha	Fase protegida: Canal exclusivo: f _{RT} = 0.85 Canal compartido: f _{RT} = 1.0 - (0.15) P _{RT} Canal único: f _{RT} = 1.0 - (0.135) P _{RT}	P _{RT} = proporción de giros a la derecha en el grupo de canal	f _{RT} ≥ 0.050
Peatones Bicicleta	Ajuste por giros ala izq. f _{LPB} = 1.0 - P _{LT} (1 - A _{pbt}) (1 - P _{LTA}) Ajuste por giros a la der. f _{RPB} = 1.0 - P _{RT} (1 - A _{pbt}) (1 - P _{RTA})	P _{LT} = proporción de LT en el grupo de canales A _{pbt} = ajuste fase permitida P _{LTA} = proporción de giros a la izquierda protegido sobre total del tiempo verde para LT P _{RT} = proporción de giros a la derecha en el grupo de canales P _{RTA} = proporción de giros a la derecha del total usando el tiempo verde.	En el apéndice D del cap. 16 del HCM, se explica el procedimiento paso a paso.

Fuente: Adaptación del Highway Capacity Manual 2000 realizada por FONTUR 2007.

Anexo N° 9-1: Relación entre el tipo de llegada y relación de pelotón (R_p)

Tipo de Llegada	Rango de Relación de Pelotón (R _p)	Valor por Defecto (R _p)	Calidad de Progresión
1	≤0.50	0.333	Muy pobre
2	> 0.50-0.85	0.667	Desfavorable
3	> 0.85-1.15	1.000	Llegadas aleatorias
4	> 1.15-1.50	1.333	Favorable
5	> 1.50-2.00	1.667	Altamente favorable
6	> 2.00	2.000	Excepcional

Fuente: Adaptación del Highway Capacity Manual 2000 realizada por FONTUR 2007.

Anexo N° 9-2: Factor de ajuste de progresión para el cálculo de demora uniforme

Relación (g/C)	Tipo de Llegada (AT)					
	AT 1	AT 2	AT 3	AT 4	AT 5	AT 6
0.20	1.167	1.007	1.000	1.000	0.833	0.750
0.30	1.286	1.063	1.000	0.986	0.714	0.571
0.40	1.445	1.136	1.000	0.895	0.555	0.333
0.50	1.667	1.240	1.000	0.767	0.333	0.000
0.60	2.001	1.395	1.000	0.576	0.000	0.000
0.70	2.556	1.653	1.000	0.256	0.000	0.000
f _{PA}	1.00	0.93	1.00	1.15	1.00	1.00
Valor por defecto, R _p	0.333	0.667	1.000	1.333	1.667	2.000

Notas:

$$PF = (1 - P)f_{PA} / (1 - g/C).$$

Tabla basada sobre valores por defecto de f_{PA} y R_p

$$P = R_p * g/C \text{ (debe ser menor de 1.0).}$$

PF debe ser menor de 1.0 para AT 3 hasta AT 6.

Fuente: Adaptación del Highway Capacity Manual 2000 realizada por FONTUR 2007.

Anexo N° 10: valores de k según el tipo de controlador

Brecha mínima/accesos con semáforos accionados (s)	Grado de Saturación (X)					
	≤0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	≥1.0
≤2.0	0.04	0.13	0.22	0.32	0.41	0.50
2.5	0.08	0.16	0.25	0.33	0.42	0.50
3.0	0.11	0.19	0.27	0.34	0.42	0.50
3.5	0.13	0.20	0.28	0.35	0.43	0.50
4.0	0.15	0.22	0.29	0.36	0.43	0.50
4.5	0.19	0.25	0.31	0.38	0.44	0.50
5.0 ^a	0.23	0.28	0.34	0.39	0.45	0.50
Tiempo fijo o no accionado	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

Nota: Para una brecha mínima y k mínimo valor $X = 0.5$, $k = (1 - 2k_{min})(X - 0.5) + k_{min}$, $k = k_{min}$ y $k = 0.5$.
a.- Para brecha mínima > 5.0, extrapolar para hallar k, manteniendo $k = 0.5$.

Fuente: Adaptación del Highway Capacity Manual 2000 realizada por FONTUR 2007.

Anexo N° 11: Valores de I para grupo de canales con semáforos corriente arriba

	Grado de Saturación de la intersección corriente arriba, X_U						
	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	≥1.0
I	0.922	0.858	0.769	0.650	0.500	0.314	0.090

Nota: $I = 1.0 - 0.91 X_U^{2.48}$ y $X_U = 1.0$.

Fuente: Adaptación del Highway Capacity Manual 2000 realizada por FONTUR 2007.

Anexo N° 12: Criterios de niveles de servicio para intersecciones con semáforos

Nivel de Servicio	Demora / Vehículo (s/veh)
A	≤ 10
B	> 10 – 20
C	> 20 – 35
D	> 35 – 55
E	> 55 – 80
F	> 80

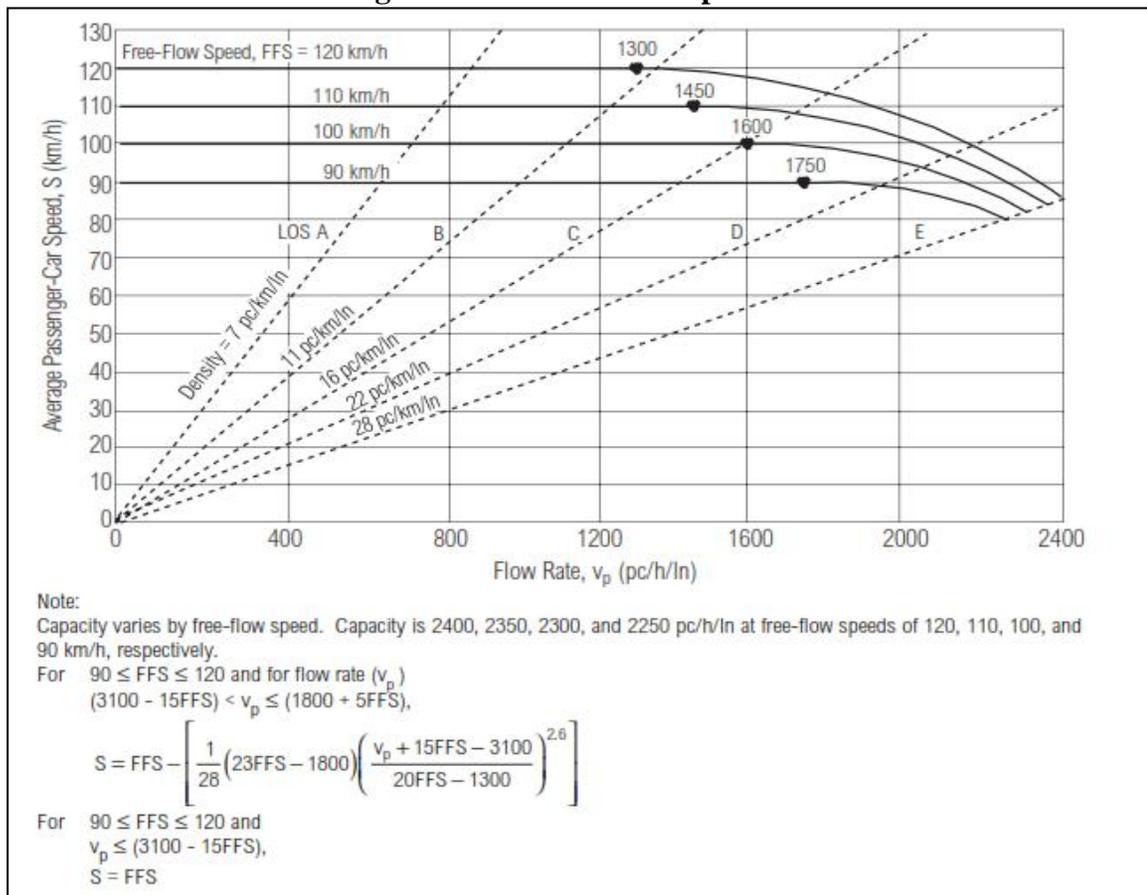
Fuente: Adaptación del Highway Capacity Manual 2000 realizada por FONTUR 2007.

Anexo N° 13: Tabla de vehículos equivalentes para segmento de autopista.

Factor	Tipo de Terreno		
	Llano	Ondulado	Montañoso
E_T (camiones y buses)	1.5	2.5	4.5
E_R (RVs)	1.2	2.0	4.0

Fuente: Adaptación Highway Capacity Manual 2000 realizada por FONTUR 2007.

Anexo N° 14: Curva velocidad vs volumen ajustado y niveles de servicio para segmentos básicos de autopistas



Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

**Anexo N° 15-1: Factores de equivalencia de vehículos pesados y autobuses
para autopistas en subidas**

Upgrade (%)	Length (km)	E_T								
		Percentage of Trucks and Buses								
		2	4	5	6	8	10	15	20	25
< 2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
≥ 2-3	0.0-0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.4-0.8	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.8-1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 1.2-1.6	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 1.6-2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	> 2.4	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
> 3-4	0.0-0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.4-0.8	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	> 0.8-1.2	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	> 1.2-1.6	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	> 1.6-2.4	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	> 2.4	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
> 4-5	0.0-0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.4-0.8	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	> 0.8-1.2	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	> 1.2-1.6	4.0	3.5	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	> 1.6	5.0	4.0	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0
> 5-6	0.0-0.4	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.4-0.5	4.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	> 0.5-0.8	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	> 0.8-1.2	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	> 1.2-1.6	5.5	5.0	4.5	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	> 1.6	6.0	5.0	5.0	4.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
> 6	0.0-0.4	4.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	> 0.4-0.5	4.5	4.0	3.5	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5
	> 0.5-0.8	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5
	> 0.8-1.2	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0
	> 1.2-1.6	6.0	5.5	5.0	5.0	4.5	4.0	3.5	3.5	3.5
	> 1.6	7.0	6.0	5.5	5.5	5.0	4.5	4.0	4.0	4.0

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Anexo N° 15-2: Factores de equivalencia de vehículos pesados y autobuses para autopistas en subidas

Upgrade (%)	Length (km)	E_R								
		Percentage of RVs								
		2	4	5	6	8	10	15	20	25
≤ 2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
> 2-3	0.0-0.8	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	> 0.8	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
> 3-4	0.0-0.4	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	> 0.4-0.8	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	> 0.8	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5
> 4-5	0.0-0.4	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.4-0.8	4.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	> 0.8	4.5	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0
> 5	0.0-0.4	4.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5
	> 0.4-0.8	6.0	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0
	> 0.8	6.0	4.5	4.0	4.5	3.5	3.0	3.0	2.5	2.0

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Anexo N° 15-3: Factores de equivalencia de vehículos pesados y autobuses para autopistas en bajadas

Downgrade (%)	Length (km)	E_T			
		Percentage of Trucks			
		5	10	15	20
< 4	All	1.5	1.5	1.5	1.5
4-5	≤ 6.4	1.5	1.5	1.5	1.5
4-5	> 6.4	2.0	2.0	2.0	1.5
> 5-6	≤ 6.4	1.5	1.5	1.5	1.5
> 5-6	> 6.4	5.5	4.0	4.0	3.0
> 6	≤ 6.4	1.5	1.5	1.5	1.5
> 6	> 6.4	7.5	6.0	5.5	4.5

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Anexo N° 16-1: Factor de ajuste por ancho de canal para la determinación de la velocidad de flujo libre

AJUSTE POR ANCHO DE CANAL (f_{lw}) (23-4)	
Ancho de Canal (m)	Reducir en FFS (km/h)
3.6	0.0
3.5	1.0
3.4	2.1
3.3	3.1
3.2	5.6
3.1	8.1
3.0	10.6

Fuente: Adaptación del Highway Capacity Manual 2000 realizada por FONTUR 2007.

Anexo N° 16-2: Factor de ajuste por despeje lateral para la determinación de la velocidad de flujo libre

Ajuste por despeje lateral (m)	Reducir en FFS (km/h)			
	Canales en un sentido			
	2	3	4	≥ 5
≥ 1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	1.0	0.7	0.3	0.2
1.2	1.9	1.3	0.7	0.4
0.9	2.9	1.9	1.0	0.6
0.6	3.9	2.6	1.3	0.8
0.3	4.8	3.2	1.6	1.1
0.0	5.8	3.9	1.9	1.3

Fuente: Adaptación del Highway Capacity Manual 2000 realizada por FONTUR 2007.

Anexo N° 16-3: Factor de ajuste por número de canales para la determinación de flujo libre

Números de Canales (un sentido)	Reducir en FFS(km/h)
≥ 5	0.0
4	2.4
3	4.8
2	7.3

Fuente: Adaptación del Highway Capacity Manual 2000 realizada por FONTUR 2007.

Anexo N° 16-4: Ajuste por densidad de distribuidores para la determinación de la velocidad de flujo libre

Distribuidores por Kilometros	Reducir en FFS (km/h)
≤ 0.3	0.0
0.4	1.1
0.5	2.1
0.6	3.9
0.7	5.0
0.8	6.0
0.9	8.1
1.0	9.2
1.1	10.2
1.2	12.1

Fuente: Adaptación del Highway Capacity Manual 2000 realizada por FONTUR 2007.

Anexo N° 17: Criterios de niveles de servicio para diferentes densidades en segmentos básico de autopista

Nivel de servicio	Rango Densidad (cp/km/canal)
A	0 - 7
B	>7 - 11
C	>11 - 16
D	>16 - 22
E	>22 - 28
F	>28

Fuente: Adaptación del Highway Capacity Manual 2000 realizada por FONTUR 2007.

Anexo N° 18: Criterios de niveles de servicios para segmentos básicos en autopistas

Criterio	Nivel de Servicio														
	A	B	C	D	E										
FFS = 120km/h															
Densidad Máxima (cp/km/canal)	7	11	16	22	28										
Mín. Vel. Promedio (km/h)	120.0	120.0	114.6	99.6	85.7										
Máximo (v/c)	0.35	0.55	0.77	0.92	1.00										
Volumen de Servicio (cp/h/canal)	840	1320	1840	2200	2400										
FFS = 110km/h															
Densidad Máxima (cp/km/canal)	7	11	16	22	28										
Mín. Vel. Promedio (km/h)	110.0	110.0	108.5	97.2	83.9										
Máximo (v/c)	0.33	0.51	0.74	0.91	1.00										
Volumen de Servicio (cp/h/canal)	770	1210	1740	2135	2350										
FFS = 100 km/h															
Densidad Máxima (cp/km/canal)	7	11	16	22	28										
Mín. Vel. Promedio (km/h)	100.0	100.0	100.0	93.8	82.1										
Máximo (v/c)	0.30	0.48	0.70	0.90	1.00										
Volumen de Servicio (cp/h/canal)	700	1100	1600	2065	2300										
FFS = 90 km/h															
Densidad Máxima (cp/km/canal)	7	11	16	22	28										
Mín. Vel. Promedio (km/h)	90.0	90.0	90.0	89.1	80.4										
Máximo (v/c)	0.28	0.44	0.64	0.87	1.00										
Volumen de Servicio (cp/h/canal)	630	990	1440	1955	2250										
<p>La capacidad en un segmento básico varía dependiendo de la velocidad en flujo libre, los valores de capacidad para diferentes velocidades son los siguientes</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Velocidad Flujo Libre (km/h)</th> <th>Capacidad (cp/h/canal)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>120</td> <td>2400</td> </tr> <tr> <td>110</td> <td>2350</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>2300</td> </tr> <tr> <td>90</td> <td>2250</td> </tr> </tbody> </table>						Velocidad Flujo Libre (km/h)	Capacidad (cp/h/canal)	120	2400	110	2350	100	2300	90	2250
Velocidad Flujo Libre (km/h)	Capacidad (cp/h/canal)														
120	2400														
110	2350														
100	2300														
90	2250														

Fuente: Adaptación del Highway Capacity Manual 2000 realizada por FONTUR 2007.

Anexo N° 19-1: Capacidad en áreas de unión

Freeway Free-Flow Speed (km/h)	Maximum Downstream Freeway Flow, v (pc/h)				Max Desirable Flow Entering Influence Area, v_{R12} (pc/h)
	Number of Lanes in One Direction				
	2	3	4	> 4	
120	4800	7200	9600	2400/ln	4600
110	4700	7050	9400	2350/ln	4600
100	4600	6900	9200	2300/ln	4600
90	4500	6750	9000	2250/ln	4600

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Anexo N° 19-2: Capacidad en áreas de divergencia

Freeway Free-Flow Speed (km/h)	Maximum Upstream, v_{F1} or Downstream Freeway Flow, v (pc/h)				Max Flow Entering Influence Area, v_{12} (pc/h)
	Number of Lanes in One Direction				
	2	3	4	> 4	
120	4800	7200	9600	2400/ln	4400
110	4700	7050	9400	2350/ln	4400
100	4600	6900	9200	2300/ln	4400
90	4500	6750	9000	2250/ln	4400

Fuente: Highway Capacity Manual 2000

Anexo N° 20: Criterios de niveles de servicio para áreas de unión y áreas de divergencia

LOS	Density (pc/km/ln)
A	≤ 6
B	> 6–12
C	> 12–17
D	> 17–22
E	> 22
F	Demand exceeds capacity

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Anexo N° 21: Modelo de predicción del valor V_{12} en rampas de entrada.

$v_{12} = v_F * P_{FM}$	
For 4-lane freeways (2 lanes each direction)	$P_{FM} = 1.000$
For 6-lane freeways (3 lanes each direction)	$P_{FM} = 0.5775 + 0.000092L_A$ (Equation 1)
	$P_{FM} = 0.7289 - 0.0000135(v_F + v_R) - 0.002048S_{FR} + 0.0002L_{up}$ (Equation 2)
	$P_{FM} = 0.5487 + 0.0801 v_D/L_{down}$ (Equation 3)
For 8-lane freeways (4 lanes each direction)	$P_{FM} = 0.2178 - 0.000125v_R + 0.05887L_A/S_{FR}$ (Equation 4)

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Anexo N° 22: Modelo de predicción del valor V_{12} en rampas de desincorporación.

$v_{12} = v_R + (v_F - v_R)P_{FD}$	
For 4-lane freeways (2 lanes each direction)	$P_{FD} = 1.00$
For 6-lane freeways (3 lanes each direction)	$P_{FD} = 0.760 - 0.000025v_F - 0.000046v_R$ (Equation 5)
	$P_{FD} = 0.717 - 0.000039v_F + 0.184v_U/L_{up}$ (Equation 6)
	$P_{FD} = 0.616 - 0.000021v_F + 0.038v_D/L_{down}$ (Equation 7)
For 8-lane freeways (4 lanes each direction)	$P_{FD} = 0.436$ (Equation 8)

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Anexo N° 23: Ecuaciones para el cálculo de V_{12} en rampas de desincorporación.

EXHIBIT 25-12. MODELS FOR PREDICTING V_{12} AT OFF-RAMPS	
$v_{12} = v_R + (v_F - v_R)P_{FD}$	
For 4-lane freeways (2 lanes each direction)	$P_{FD} = 1.00$
For 6-lane freeways (3 lanes each direction)	$P_{FD} = 0.760 - 0.000025v_F - 0.000046v_R$ (Equation 5)
	$P_{FD} = 0.717 - 0.000039v_F + 0.184v_U/L_{up}$ (Equation 6)
	$P_{FD} = 0.616 - 0.000021v_F + 0.038v_D/L_{down}$ (Equation 7)
For 8-lane freeways (4 lanes each direction)	$P_{FD} = 0.436$ (Equation 8)

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

Anexo N° 24: Ecuaciones para el cálculo de V_{12} en rampas de incorporación.

EXHIBIT 25-5. MODELS FOR PREDICTING v_{12} AT ON-RAMPS	
$v_{12} = v_F * P_{FM}$	
For 4-lane freeways (2 lanes each direction)	$P_{FM} = 1.000$
For 6-lane freeways (3 lanes each direction)	$P_{FM} = 0.5775 + 0.000092L_A$ (Equation 1)
	$P_{FM} = 0.7289 - 0.0000135(v_F + v_R) - 0.002048S_{FR} + 0.0002L_{up}$ (Equation 2)
	$P_{FM} = 0.5487 + 0.0801 v_D/L_{down}$ (Equation 3)
For 8-lane freeways (4 lanes each direction)	$P_{FM} = 0.2178 - 0.000125v_R + 0.05887L_A/S_{FR}$ (Equation 4)

Fuente: Highway Capacity Manual 2000.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación, introducción a la metodología científica*. (5^{ta} edición). Caracas: Editorial Episteme C.A.

Carciente, J. (1980). *Carreteras estudio y proyecto*. (2^{da} edición). Caracas: Ediciones Vega s.r.l

Garber, N y Hoel, L. (2005). *Ingeniería de tránsito y carreteras* (3^{era} edición). México D.F.: Editorial Thomson.

Paquette, R y Wright, P. (1999). *Ingeniería de carreteras*. (2^{da} reimpresión). México D.F.: Editorial Limusa S.A.

Diseño Geométrico ampliación de la autopista Francisco Fajardo desde Santa Cecilia a Macaracuay. Caracas-Venezuela. Memoria Descriptiva. (2014). G. Mc Quhae consultores C.A. y Silmar C.A. Venezuela.

Proyecto estructural para la construcción del elevado San Martín, municipio Libertador, distrito capital. (2014). Diseño y construcciones integrados, Pilperca y Ministerio del poder popular para el Transporte Terrestre y Obras Publicas. Venezuela

Referencia normas técnicas

Highway Capacity Manual (2000). Transportation research board. Estados Unidos.

Manual de Mantenimiento vial (1986). Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Venezuela

Manual de Vialidad Urbana (1981). Ministerio del Desarrollo Urbano Despacho del Ministro. Venezuela

Manual venezolano de dispositivos uniformes para el control de tránsito (2009). INTT, FONTUR, CIDT. Venezuela

Normas para el proyecto de carreteras (1997). Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Venezuela

Referencias Electrónicas

Buffone M, (2014, 17 de Marzo). Red Vial de Venezuela. Obras de la democracia venezolana. Recuperado el 31 de Enero de 2015.

<http://obrasdelademocraciavenezolana.blogspot.com/2014/03/red-vial-de-venezuela.html>

Betancourt, E. (2013, 12 de octubre). El 60% de la vialidad de venezuela está deteriorada según el Colegio de Ingenieros. Diario Republica. Recuperado el 31 de Enero de 2015.

<http://www.diariorepublica.com/nacionales/el-60-de-la-vialidad-de-venezuela-esta-deteriorada-segun-el-colegio-de-ingeniero>

Esparragpza, Y. (2014, 19 de junio) 51 proyectos viales están en construcción en 16 estados del país. Hinterlaces. Recuperado el 1 de febrero de 2015.

<http://www.hinterlaces.com/analisis/economia/51-proyectos-viales-estan-en-construccion-en-16-estado-del-pais>

Herrera, R. (2014. 13 de octubre). Soluciones viales para Caracas tienen 70% de avance. Diario Ultimas Noticias. Recuperado el 1 de febrero de 2015.

<http://www.ultimasnoticias.com.ve/noticias/ciudad/parroquias/infografia---soluciones-viales-para-caracas-tienen-asp>

Velázquez, M. (2009). Diccionario vial. Venezuela. Editores Terra. Venezuela. Recuperado 31 de Enero de 2015.

http://www.intt.gob.ve/repositorio/biblioteca/educacion_y_seguridad_vial/glosario%20de%20terminos%202013.pdf