

ANÁLISIS OPERACIONAL DE INTERSECCIONES REGULADAS CON SEMÁFOROS EN
LA CIUDAD DE PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER



HERNÁN DARÍO CARVAJAL VIRACACHA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL, QUÍMICA Y AMBIENTAL
PAMPLONA
AÑO 2019

ANÁLISIS OPERACIONAL DE INTERSECCIONES REGULADAS CON SEMÁFOROS EN
LA CIUDAD DE PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER

HERNÁN DARÍO CARVAJAL VIRACACHA

DOCUMENTO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

director

EDGAR PÉREZ FLÓREZ

INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL, QUÍMICA Y AMBIENTAL

PAMPLONA

AÑO 2019

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA PRESIDENTE DE JURADO

FIRMA JURADO

FIRMA JURADO

Pamplona, Norte de Santander, 04 de marzo de 2019.

Dedicatoria

*Primeramente, a **Dios** por haberme brindado la sabiduría, fortaleza, salud para lograr mi meta, ser un ingeniero civil.*

*A **mis padres** Gustavo Carvajal Villarreal y Flor Solanyi Viracacha Goyeneche quienes han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme. Gracias, por su apoyo incondicional, por sus consejos, por ser mi motivación de salir adelante, por sus palabras de ánimo, las cuales fueron mi fortaleza para seguir luchando. Simplemente los amo.*

*A **mis profesores** que contribuyeron en mi formación académica, que compartieron su conocimiento en el desarrollo de mi formación.*

*A la **Universidad de Pamplona** y sobre todo a la Facultad de Ingeniería quienes me dieron la oportunidad de ser parte de ella.*

... ¡Gracias !

Hernán Darío Carvajal Viracacha.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a dios por haberme permitido tener esta experiencia en la Universidad. Gracias a mi Universidad de Pamplona por brindarme la oportunidad de ser parte de ella.

Al programa de Ingeniería Civil, por su apoyo desde el inicio hasta el final de mi carrera.

A los docentes que hicieron parte de mi formación como Ingeniero. A los estudiantes de la materia Tránsito y Transporte, por su contribución en la toma de datos.

A el Ingeniero Edgar Pérez Flórez tutor de mi proyecto de investigación, por su apoyo y colaboración en la elaboración de este documento.

A el Intendente Carlos Alberto Echeverry Diaz, jefe de la Unidad de Tránsito y Transporte de Pamplona, por la información brindada, sobre accidentalidad en las intersecciones de la ciudad de Pamplona.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	13
CAPITULO I	15
EL PROBLEMA.....	15
1.1 Planteamiento del problema	15
1.2 Formulacion del problema	15
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivo General.....	16
1.3.2 Objetivos Específicos.	16
1.4 Justificación.....	17
CAPITULO II.....	18
MARCO TEORICO.....	18
2.1 Antecedentes	18
2.2 Bases teóricas.	19
2.2.1 Generalidades.	19
2.2.2 Componentes del semáforo.	19
2.2.3 Indicaciones de los semáforos.	22
2.2.4 Montaje de los semáforos.	23
2.2.5 Demarcación de intersecciones.	24
2.2.6 Requisitos para la instalación de un semáforo.....	25
2.2.7 Calculo de tiempos del semáforo.....	27
CAPITULO III.....	35
MARCO METODOLOGICO.....	35
3.1 Informacion primaria.....	35
3.1.1 Información preliminar.....	35
3.1.2 Formatos.	37
3.1.3 Equipos utilizados.....	38
3.2 Caracterizacion de intersecciones.	39
3.2.1 Intersección Calle 5 con Carrera 5.	40
3.2.2 Intersección Calle 6 con Carrera 4.	41

3.2.3 Intersección Calle 6 con Carrera 5	43
3.2.4 Intersección Calle 7 con Carrera 5	44
3.2.5 Intersección Calle 4 con Carrera 9	46
3.2.6 Intersección Calle 8 con Carrera 8	49
3.2.7 Intersección Calle 9 con Carrera 8	51
CAPITULO IV	55
ANALISIS DE DATOS Y RESULTADOS	55
4.1 Calculo de tiempos del semaforo	55
4.1.1 Intersección Calle 5 – Carrera 5	55
4.1.2 Intersección Calle 6 – Carrera 4	60
4.1.3 Intersección Calle 6 – Carrera 5	65
4.1.4 Intersección Calle 7 – Carrera 5	69
4.1.5 Intersección Calle 4 – Carrera 9	74
4.1.6 Intersección Calle 8 – Carrera 8	80
4.1.7 Intersección Calle 9 – Carrera 8	86
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Volumen mínimo de vehículos.	25
Tabla 2. Volumen mínimo de vehículos.	26
Tabla 3. Valor factor equivalente para vehículos.	29
Tabla 4. Automóviles directos equivalentes para vuelta a izquierda E_{VI}	29
Tabla 5. Automóviles directos equivalentes para vuelta a la Derecha E_{VD}	29
Tabla 6. Codificación de los movimientos en una intersección.....	37
Tabla 7. Valores de volúmenes vehiculares CII5 – Cr5.....	41
Tabla 8. Valores de volúmenes vehiculares CII6-Cr4.....	42
Tabla 9. Valores de volúmenes vehiculares CII6-Cr5.....	44
Tabla 10. Valores de volúmenes vehiculares CII 7-Cr5.....	46
Tabla 11. Valores de volúmenes vehiculares CII4-Cr9.....	48
Tabla 12. Valores de volúmenes vehiculares CII 8-Cr8.....	51
Tabla 13. Valores de volúmenes vehiculares CII 9-Cr8.....	54
Tabla 14. Calculo de flujo de automoviles directos equivalentes por hora.	61
Tabla 15. Calculo de flujo de automoviles directos equivalentes por hora.	66
Tabla 16. Calculo de flujo de automoviles directos equivalentes por hora.	70
Tabla 17. Calculo de flujo de automoviles directos equivalentes por hora.	75
Tabla 18. Calculo de flujo de automoviles directos equivalentes por hora.	81
Tabla 19. Calculo de flujo de automoviles directos equivalentes por hora.	87
Tabla 20. Resumen tiempos intersecciones en estudio.	92

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Elementos que componen un semáforo.....	21
Figura 2. Combinación de caras.	23
Figura 3. Poste tipo pedestal, ménsula corta.....	23
Figura 4. Poste con ménsula larga.	24
Figura 5. Cruce de cebra.	24
Figura 6. Intervalo de cambio de fase.....	31
Figura 7. Diagrama de fases.	34
Figura 8. Clasificación general de vehículos.	36
Figura 9. Esquema de movimientos en una Intersección.....	37
Figura 10. Formato registro Vehicular.	38
Figura 11. Pistola radar.....	38
Figura 12. Localización las intersecciones en estudio.....	39
Figura 13. Estado actual de la intersección calle 5 con carrera 5.	40
Figura 14. Variación del volumen peatonal calle 5 con carrera 5.	40
Figura 15. Estado actual de la intersección calle 6 con carrera 4.	41
Figura 16. Variación del volumen peatonal calle 6 con carrera 4.	42
Figura 17. Estado actual de la intersección calle 6 con carrera 5.	43
Figura 18. Variación del volumen peatonal calle 6 con carrera 5.	43
Figura 19. Estado actual de la intersección calle 7 con carrera 5.	45
Figura 20. Variación del volumen peatonal calle 7 con carrera 5.	45
Figura 21. Estado actual intersección calle 4 con carrera 9, sector Norte - Sur.	46
Figura 22. Estado actual de la intersección calle 4 con carrera 9, sentido Oeste – Este.....	47
Figura 23. Ingreso, egreso a acceso Sur- Norte.	47
Figura 24. Variación del volumen peatonal calle 4 con carrera 9.	48
Figura 25. Estado actual de la intersección calle 8 con carrera 8, acceso Sur.	49
Figura 26. Estado actual de la intersección calle 8 con carrera 8, acceso Norte.	50
Figura 27. Variación del volumen peatonal calle 8 con carrera 8.	50
Figura 28. Estado actual intersección, acceso Norte.	52
Figura 29. Estado actual intersección, acceso Oeste.	52
Figura 30. Variación del volumen peatonal calle 9 con carrera 8.	53
Figura 31. Toma de velocidades.....	53
Figura 32. Ubicación intersección Cll 5 - Cr 5.....	55
Figura 33. Volúmenes horarios máximos mixtos actuales.	56
Figura 34. Automóviles directos equivalentes por hora.	57
Figura 35. Diagrama de tiempos en dos fases.	60
Figura 36. Ubicación intersección Cll 6 - Cr 4.....	60
Figura 37. Volúmenes horarios máximos mixtos actuales.	61
Figura 38. Automóviles directos equivalentes por hora.	62
Figura 39. Diagrama de tiempos en dos fases.	64
Figura 40. Ubicación intersección Cll 6 - Cr5.....	65

Figura 41. Volúmenes horarios máximos mixtos actuales.	65
Figura 42. Automóviles directos equivalentes por hora.	66
Figura 43. Diagrama de tiempos en dos fases.	69
Figura 44. Ubicación intersección CII 7 - Cr 5.	69
Figura 45. Volúmenes horarios máximos mixtos actuales.	70
Figura 46. Automóviles directos equivalentes por hora.	71
Figura 47. Diagrama de tiempos en dos fases.	73
Figura 48. Ubicación intersección CII 4 - Cr 9.	74
Figura 49. Volúmenes horarios máximos mixtos actuales.	74
Figura 50. Automóviles directos equivalentes por hora.	76
Figura 51. Diagrama de tiempos en cuatro fases.	80
Figura 52. Ubicación intersección CII 8 - Cr 8.	80
Figura 53. Volúmenes horarios máximos mixtos actuales.	81
Figura 54. Automóviles directos equivalentes por hora.	82
Figura 55. Diagrama de tiempos en cuatro fases.	85
Figura 56. Ubicación intersección CII 9 - Cr 8.	86
Figura 57. Volúmenes horarios máximos mixtos actuales.	86
Figura 58. Automóviles directos equivalentes por hora.	88
Figura 59. Diagrama de tiempos en cuatro fases.	92

RESUMEN

El presente proyecto contiene un análisis operacional de las intersecciones que actualmente se encuentran reguladas con semáforos en la Ciudad de Pamplona, Norte de Santander. Así, como también algunas intersecciones ubicadas en algunos puntos críticos del centro de la Ciudad; las cuales deberán cumplir con una serie de parámetros que justifique su instalación.

Las intersecciones en estudio serán las siguientes:

- Calle 4 con carrera 9
- Calle 5 con carrera 5
- Calle 6 con carrera 4
- Calle 6 con carrera 5
- Calle 7 con carrera 5
- Calle 8 con carrera 8
- Calle 9 con carrera 8

En este estudio se efectuó un trabajo de campo, en donde, se recolectó y posteriormente se analizó, una serie de datos esenciales para determinar si las intersecciones cumplen con los justificativos indicados en el apartado 2.2.6, expuesto en el Manual de Señalización Vial - dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclo-rutas de Colombia, Ministerio de Transporte, Resolución no. 1885 de 17 de junio de 2015.

Palabras claves: Análisis Operacional, Intersecciones, Justificativos, Regulación.

ABSTRACT

The present project contains an Operational Analysis of the Intersections that are currently regulated with traffic lights in the City of Pamplona, Norte de Santander. Thus, as well as some intersections located in some visually critical points of the city center, which must comply with a series of parameters that justify their installation.

The intersections under study will be the following:

- Street 4 with career 9
- Street 5 with career 5
- Street 6 with career 4
- Street 6 with career 5
- Street 7 with career 5
- 8th Street with 8th career
- 9th Street with 8th career

In this study a fieldwork was carried out, where a series of essential data was collected and subsequently analyzed to determine if the intersections comply with the justifications indicated in section 2.2.6, set out in the Road Signaling Manual - Uniform devices for the regulation of traffic on streets, highways and cycle routes of Colombia, Ministry of Transportation, Resolution no. 1885 of June 17, 2015.

Keywords: Operational Analysis, Intersections, Justifications, Regulation.

INTRODUCCION

La presente investigación se refiere al análisis operacional de intersecciones reguladas con semáforos que actualmente existen en la ciudad de Pamplona, Norte de Santander, así como otros puntos donde se requiere la instalación de estos dispositivos de control, basado en un estudio técnico que permita evidenciar el justificativo para su instalación.

El crecimiento acelerado del tráfico urbano y rural en las vías de la ciudad de Pamplona, Norte de Santander produce efectos negativos en la movilidad, como el aumento en pérdidas de tiempo, gastos de operación, densidad vehicular y contaminación ambiental.

Por tanto, teniendo en cuenta las condiciones actuales en la movilidad se requiere llevar a cabo un estudio, partiendo de una visión general de los sistemas que componen la Ciudad, y optar por estrategias que permitan mejorar el flujo vehicular generando ventajas como, un movimiento ordenado del tránsito, la disminución en la accidentalidad y aumento en la capacidad de la intersección.

Por este motivo la instalación de un semáforo no se debe considerar de forma aislada para la intersección donde se requiera controlar o realizar la regulación, pues no siempre la instalación de estos dispositivos va a mejorar la movilidad sino más bien van a ocasionar más traumatismo del que se quiere mejorar, por eso el estudio técnico determina si se justifica la instalación de dicho semáforo.

Para ello se realiza un diagnóstico de las intersecciones más importantes y conflictivas del centro de la Ciudad, por medio de la realización de aforos vehiculares para determinar congestionamientos, formación de colas vehiculares, tipos de giros, volumen vehicular,

circulación de peatones, presencia de zonas escolares y conflictos en general de la intersección, apoyados en personal capacitado de la asignatura tránsito y transporte, semillero sevia.

Este documento presenta, un descripción detallada de cada punto o intersección en estudio, seguido de análisis operativo; basado en estudios realizados en Estados Unidos de América y plasmados en documentos por el Manual de Capacidad de Carreras (HCM 2000).

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

El aumento progresivo del flujo vehicular y peatonal en las intersecciones de la ciudad de Pamplona, han puesto en juego factores muy importantes, como es la movilidad ordenada y la seguridad vial, que son aspectos fundamentales para un buen funcionamiento en la circulación de los elementos que componen el tránsito en la Ciudad.

Pamplona, por ser una ciudad turística y universitaria, ostenta de un aumento acelerado de vehículos y peatones en ciertos periodos del año; lo que provoca, un mayor conflicto entre conductores y peatones al momento de cruzar una intersección, generando demoras y molestias.

1.2 Formulación del problema

La regulación del flujo vehicular en las intersecciones donde existen semáforos actualmente, resulta poco efectiva para la seguridad y eficiencia en la movilidad de la Ciudad de Pamplona; al igual, que las intersecciones que no cuentan con ningún tipo de regulación, lo que genera, demoras y congestión en los cruces (intersecciones).

Ha esta problemática, se suma el mal uso de los carriles por parte de los conductores y vendedores informales, quienes hacen uso de este para parqueos y ventas ambulantes.

En relación a lo anterior se plantean las siguientes hipótesis :

¿ La regulación de una intersección con semáforos, mejorara la movilidad en el centro de la Ciudad?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General.

Determinar la funcionalidad de las intersecciones reguladas con y sin semáforos en la ciudad de Pamplona, Norte de Santander

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Efectuar aforos para determinar el volumen vehicular durante las 8 horas más representativas de un día promedio en zonas de mayor convergencia de tráfico.
- Realizar estudios de cuantificación en los semáforos existentes para determinar, tiempo de fases, longitud de ciclo, verde efectivo y ciclo óptimo.
- Investigar la frecuencia y severidad en accidentes peatonales y vehiculares.
- Determinar volúmenes peatonales en horas pico, para evaluar las demoras excesivas que se experimenta al cruzar la intersección.
- Priorizar puntos importantes de las intersecciones en el centro de la Ciudad, donde no existan semáforos para analizar la conveniencia de la instalación de estos dispositivos
- Recolectar la información necesaria en los sitios donde no existen semáforos; tal como los tipos de giro, vía principal, presencia de peatones y zonas escolares.
- Analizar los justificativos que según la Ingeniería de Transito se deben tener en cuenta a la hora de llevar acabo la instalación de un semáforo.
- Expresar en un documento los resultados obtenidos y analizados donde se evidencie la funcionalidad de los semáforos existentes y la viabilidad de la instalación de estos en otros sitios.

1.4 Justificación

El crecimiento vertiginoso de la industria automotriz ha hecho que el flujo vehicular aumente de una manera descontrolada, causando problemas de movilidad en las ciudades, desde las más pequeñas hasta las más grandes urbes.

Es así, como en la ciudad de Pamplona no se escapa a los distintos conflictos de las grandes ciudades en el tema del tránsito, por ende, se requiere que las autoridades regionales adopten medidas de control.

En este aspecto y por ello teniendo en cuenta que la Universidad de Pamplona cuenta con el programa de Ingeniería Civil, se propone un estudio técnico que apoye las iniciativas de los agentes gubernamentales en referente a la movilidad.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

El Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Pamplona, Norte de Santander, plantea analizar la red vial vigente con base al crecimiento de la ciudad. haciendo énfasis en el mejoramiento del sistema de transporte en la zona urbana y rural de la Ciudad, considerando estudios previos desarrollados por las entidades del Estado encargados de obtener y manejar temas como población e infraestructura vial, con el fin de establecer estrategias para mejorar el bienestar del Municipio.

El POT considera importante adecuar la capacidad vial de las intersecciones para mejorar el flujo vehicular en la Ciudad, utilizando sistemas de control y señalización vial, por lo tanto, se ve la necesidad de hacer estudios que permitan considerar dentro del sistema de tránsito, la importancia que se debe dar a los peatones, que en la actualidad no cuentan con áreas adecuadas para su movilización, sin olvidar el problema que genera el mal estado de la infraestructura vial.

En términos de antecedentes específicos, no se tiene conocimiento de ningún tipo de estudio de tránsito desarrollado a lo largo del corredor vial en la ciudad de Pamplona, norte de Santander. Al respecto solo se tiene referencia de una serie de estudios de tránsito desarrollados con propósitos académicos.

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Generalidades.

Los semáforos son dispositivos de señalización mediante los cuales se regula la circulación de vehículos, bicicletas y peatones en las vías, asignado el derecho de paso o prelación de vehículos y peatones secuencialmente, por las indicaciones de luces de color rojo, amarillo y verde, operadas por una unidad electrónica de control.

Funciones de los semáforos.

- Interrumpir periódicamente el tránsito de una corriente vehicular o peatonal para permitir el paso de otra corriente vehicular.
- Regular la velocidad para mantener la circulación continua a una velocidad constante.
- Eliminar o reducir el número y gravedad de algunos tipos de accidentes, principalmente los que implican colisiones perpendiculares
- Proporciona un ordenamiento controlado del tránsito.

Semáforos para el control del tránsito de vehículos. los criterios utilizados para esta clase de semáforos son aplicables a ciclorutas.

Se pueden clasificar en:

- Semáforos de tiempos fijos o predeterminados.
- Semáforos parcialmente accionados por el tránsito.
- Semáforos totalmente accionados por el tránsito.

2.2.2 Componentes del semáforo.

Según el manual colombiano de dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorutas de Colombia, Bogotá D.C., mayo 2004, publicado por el instituto nacional

de vías INVÍAS, p (749). Se tienen las siguientes definiciones para los elementos que componen un semáforo:

Cabeza. Es la armadura que contiene las partes visibles del semáforo. Cada cabeza contiene un número determinado de caras orientadas en diferentes direcciones.

Soportes. Son las estructuras que se usan para sujetar la cabeza del semáforo y tiene como función situar los elementos luminosos del semáforo en la posición en donde el conductor y el peatón tengan la mejor visibilidad y puedan observar sus indicaciones.

La clasificación de los soportes según la ubicación de la intersección:

Ubicación a un lado de la vía:

- Poste
- Ménsula

Ubicación en la vía:

- Ménsulas largas sujetas a postes laterales
- Cables de suspensión
- Postes y pedestales en islas

El manual de señalización vial, hace las siguientes recomendaciones para la altura libre según el tipo de soporte:

- Semáforos con soporte tipo poste y ménsula corta: Mínima 2,50 – Máxima 4,50 [m]
- Semáforos con soporte tipo ménsula larga: Mínima 4,50 – Máxima 6,00 [m]
- Semáforos suspendidos: Mínima 4,50 – Máximo 6,00 [m]

Cara. Es el conjunto de unidades ópticas (lente, reflector, lámpara y portalámparas) que están orientadas en la misma dirección. En cada cara del semáforo existirán como mínimo dos, usualmente tres.

Lente. Es la parte de la unidad óptica que por refracción dirige la luz proveniente de la lámpara y de sus reflectores en la dirección deseada.

Visera. Es un elemento que se coloca encima o alrededor de cada una de las unidades ópticas, para evitar que, a determinadas horas, los rayos del sol incidan sobre estas y den la impresión de estar iluminadas.

Placa de contraste. Elemento utilizado para incrementar la visibilidad del semáforo y evitar que otras fuentes lumínicas confundan al conductor.

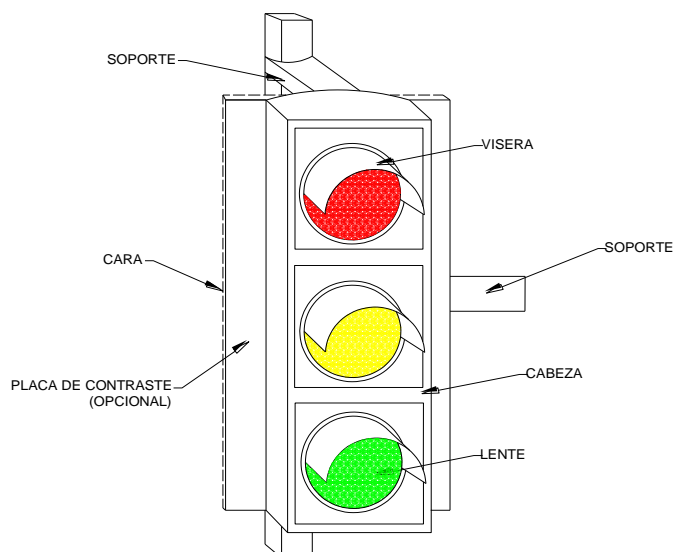


Figura 1. Elementos que componen un semáforo.

Equipos de control. Es un mecanismo electromecánico o electrónico que sirve para ordenar los cambios de luces en los semáforos. Adicionalmente, puede realizar las funciones como procesar la información generada por los detectores para ajustar los tiempos a las necesidades de la intersección.

Detectores. Son dispositivos capaces de registrar variables de tránsito tales como: volumen, velocidad, ocupación, sentido, tipo de tránsito, presencia, etc.

Mantenimiento. Un mantenimiento adecuado es muy importante para el funcionamiento eficiente de los semáforos y para prolongar la vida útil de los mismos. Por ende, se debe llevar un registro detallado del mantenimiento evitando fallas en el sistema.

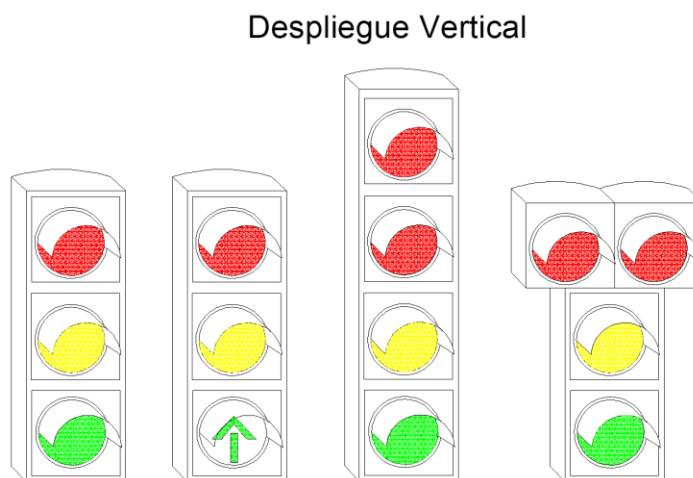
Pintura. Todo equipo de los semáforos debe ser pintado por los menos cada año y limpiado cada seis meses para evitar corrosión. Los postes y ménsulas deberán pintarse en color amarillo y blanco, con franjas negras y repintarse cada año como mínimo.

2.2.3 Indicaciones de los semáforos.

Señales luminosas. Según el Artículo 119 las señales luminosas se interpretarán de la siguiente manera:

- Roja: indica el deber de detenerse sin pasar la raya inicial de la zona de peatones.
- Amarilla: Indica “atención” para un cambio de luces o señales y para que el cruce sea desalojado por los vehículos que se encuentran en él. Está prohibido iniciar la marcha en luz amarilla.
- Verde: Singénica “vía libre”.

En la figura 2, se muestra las combinaciones y despliegues que normalmente utilizan en el sistema de semaforización.



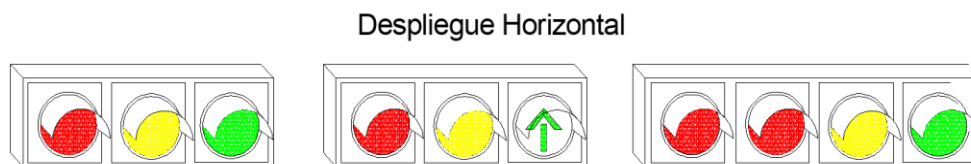


Figura 2. Combinación de caras.

Fuente: Elaboración propia a partir del Manual de Señalización, 2015.Pag 765.

2.2.4 Montaje de los semáforos.

La selección del lugar para los postes de cualquier sistema de semáforos influirá en la seguridad de la intersección, en la cantidad de daños a los postes y semáforos por impactos de vehículos o de su carga y en la visibilidad de las caras.

Los postes laterales se pueden clasificar en:

- Poste tipo pedestal.
- Poste con ménsula corta.
- Poste con ménsula larga.

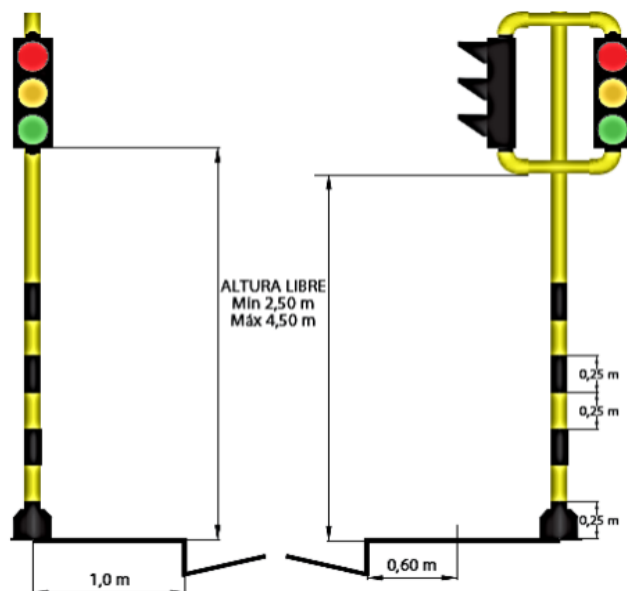


Figura 3. Poste tipo pedestal, ménsula corta.

Fuente: Manual de Señalización, 2015. Pag 779.

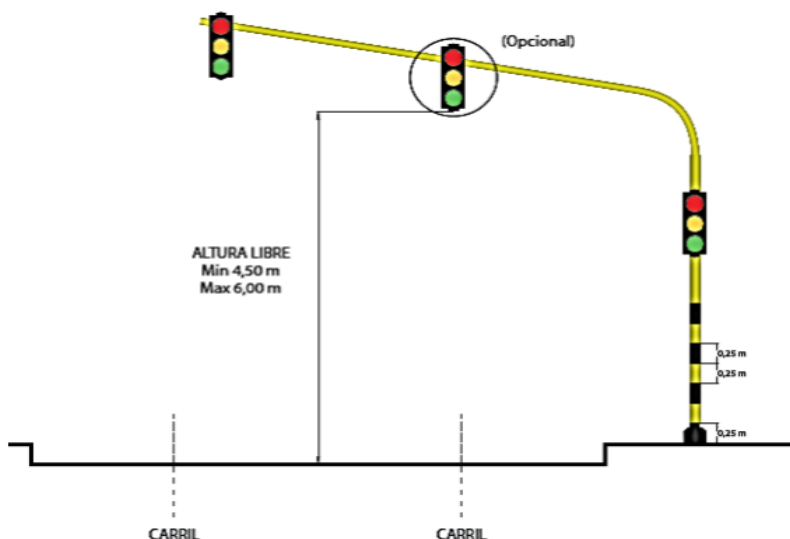


Figura 4. Poste con ménsula larga.

Fuente: Manual de Señalización, 2015. Pag 780.

2.2.5 Demarcación de intersecciones.

Según el manual de Señalización vial, 2015. Las demarcaciones de las intersecciones, deberán contener una línea de detención por sentido y una sucesión de líneas paralelas de 10 a 50 cm de ancho, separadas entre sí 40 a 100 cm y colocadas en posición perpendicular al flujo peatonal en forma “cebreada”, con una longitud igual al ancho de las aceras entre las que se encuentran situadas, pero en ningún caso menor de 2,0 m.

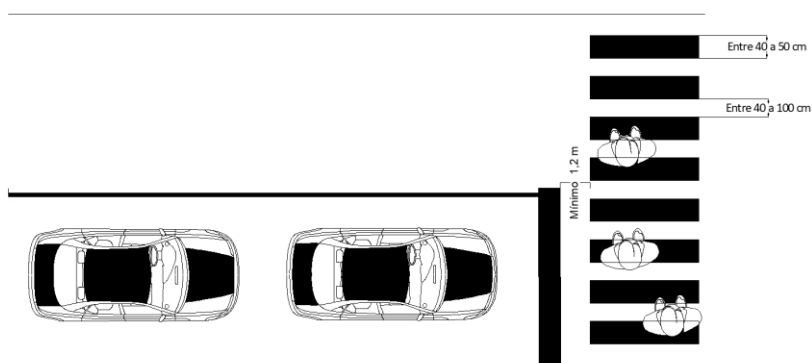


Figura 5. Cruce de cebra.

Fuente: Elaboración propia a partir del Manual de Señalización, 2015. Pag 390.

2.2.6 Requisitos para la instalación de un semáforo.

Semaforos de tiempos fijos o predeterminados. De acuerdo a las recomendaciones que plantea el manual de señalización, para la instalación de semáforos de tiempos fijos o predeterminados, se deberá cumplir con las siguientes condiciones Y/o requisito:

Volumen mínimo de vehículos. Aquí la intensidad del tránsito de las vías que se cruzan es la principal justificación. Se cubre este requisito cuando en cualesquiera de las ocho horas de un día representativo, se presenten los volúmenes mínimos indicados en la tabla. Los volúmenes para las calles principal y secundaria corresponden a las mismas ocho horas. El sentido del tránsito de mayor volumen en la calle secundaria puede ser para un acceso durante algunas horas y del otro sentido las restantes.

Tabla 1. Volumen mínimo de vehículos.

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en la calle principal (Total en ambos accesos)		Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria (un solo sentido)	
Calle principal	Calle secundaria	Urbano	Rural	Urbano	Rural
1	1	500	350	150	105
2 o más	2 o mas	600	420	150	105
2 o más	2 o mas	600	420	200	140
1	1	500	350	200	140

Fuente: Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. James Cárdenas G. Pag 442.

Volumen mínimo de vehículos. Se aplica cuando las condiciones de operación de la calle principal son de tal naturaleza que el tránsito en la calle secundaria sufre demoras o riesgos excesivos, al entrar o cruzar la calle principal. el requisito se satisface cuando durante cada una de las cualesquiera de las ocho horas de un día representativo, en la calle principal y en el acceso

de mayor volumen de la calle secundaria, se tiene los volúmenes mínimos indicados en la tabla y si la instalación de semáforos no trastorna la circulación progresiva del tránsito.

Tabla 2. Volumen mínimo de vehículos.

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en la calle principal (Total en ambos accesos)		Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria (un solo sentido)	
Calle principal	Calle secundaria	Urbano	Rural	Urbano	Rural
1	1	750	525	75	53
2 o más	1	900	630	75	53
2 o más	2 o mas	900	630	100	70
1	2 o mas	750	525	100	70

Fuente: Elaboración propia a partir de Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. James Cárdenas G. Pag 443.

Los volúmenes para las calle principal y secundaria corresponden a las mismas ocho horas. Durante esas ocho horas, el sentido de circulación del volumen mayor de la calle secundaria, puede ser en un sentido por horas y en el otro por el resto. Tanto en el requisito 1 como para el requisito 2, los volúmenes a nivel rural pueden ser utilizados, cuando la velocidad dentro de la cual circula el 85% del tránsito (velocidad limite) de la calle principal excede los 70 km/h, o si la intersección está ubicada en una población de menos de 10,000 habitantes.

Volumen mínimo de peatones. Se satisface este requisito si durante cada una de cualesquiera de las ocho horas de un día representativo se tiene los siguientes volúmenes: 600 o más vehículos por hora en ambos sentidos en la calle principal, o bien 1,000 o más vehículos por hora si la calle principal tiene camellón; en el cruce de mayor volumen. Este requisito también tiene aplicación en cruce peatonales a mitad de cuadra. El semáforo que se instale conforme a este requisito en una intersección aislada, debe ser del tipo accionado por el transito con botón para uso de los peatones.

Movimiento o circulación progresiva. Este requisito se satisface en las calles aisladas de un sentido y en las que los semáforos, en caso de haber, están muy distantes entre sí para conservar los vehículos agrupados y a la velocidad deseada, y en el caso de una calle de doble circulación donde los semáforos existentes no permiten el grado deseado de control, agrupamientos, velocidades, etc. En los sistemas alternos el espaciamiento entre semáforos y los adyacentes, debe estar relacionado con la duración del ciclo (verde, amarillo y rojo) y con la velocidad de proyecto. No se debe considerar la instalación de semáforos bajo este requisito si resultan espaciamientos menores de 300 metros.

Antecedentes acerca de accidentes. Este requisito debe ir relacionado con alguno de los anteriores, ya que por sí solo no justifica la instalación de semáforos. En muchas ocasiones suceden más accidentes después de instalarlos que antes; por tanto, si ninguno de los requisitos, exceptuando el relativo a los accidentes, se satisface, debe presuponerse que no será necesario instalar el semáforo. Los requisitos relativos a los accidentes se satisfacen:

Combinación de las condiciones anteriores. Cuando ninguno de los requisitos anteriores se cumple en un 100%, pero dos o más se satisfacen en un 80% de los valores indicados para cada uno de ellos, se puede considerar justificada su instalación. Las decisiones, en estos casos excepcionales, deben basarse en un análisis completo de todos los factores que intervienen.

2.2.7 Calculo de tiempos del semáforo.

A continuación, se presenta de manera secuencial los conceptos, formulas y pasos que se deben tener en cuenta en el cálculo de los tiempos del semáforo.

Vehiculos Equivalentes. Todos los vehículos que ingresan a una intersección, ya sean pesados o livianos, generan algún tipo de demora, debido a su movimiento, ya sea a la izquierda

o a la derecha, que los vehículos que continúan de frente, por ende, se hace necesario la utilización de algunos factores de equivalencia.

El factor de ajuste por vehículos pesados, se calcula con la siguiente ecuación:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad (2.1)$$

Donde:

f_{HV} = Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados.

P_T = Porcentaje de camiones en la corriente vehicular.

P_B = Porcentaje de autobuses en la corriente vehicular.

P_R = Porcentaje de automóviles recreativos en la corriente vehicular.

E_T = Automóviles equivalentes a un camión.

E_B = Automóviles equivalentes a un autobús.

E_R = Automóviles equivalentes a un vehículo recreativo.

Los movimientos de vuelta hacen que los vehículos consuman mayor tiempo, por ende, se requiere tener factores por movimiento de vuelta (E_{VD} o E_{VI}) para convertir automóviles que dan la vuelta en automóviles equivalentes que sigue su curso directamente. Igualmente, el factor de hora de máxima demanda (FHMD), convierte los volúmenes horarios de máxima demanda (VHMD) en tasas de flujo (q).

Posteriormente, los volúmenes horarios mixtos (VHMD), se convierten a flujos de automóviles directos equivalentes por hora que no dan vuelta (q_{ADE}) mediante la expresión:

$$q_{ADE} = \frac{VHMD}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{HV}} \right) (E_{VD} \text{ o } E_{VI}) \quad (2.2)$$

Donde:

q_{ADE} = Flujo de automóviles directos equivalentes.

$E_{VD} \text{ o } E_{VI}$ = Factor por movimiento de vuelta.

VHMD = Volumen horario máxima demanda.

$FHMD$ = Factor horario máxima demanda.

f_{HV} = Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados.

Tabla 3. Valor factor equivalente para vehículos.

Descripción	Factor	Valor
Valores recomendados por HCM 200	E_T, E_B	2,0
Valor para proyectos y diseños de tiempos	$FHMD$	0,95

Fuente: Elaboracion propia a partir de Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. James Cárdenas G.

Tabla 4. Automóviles directos equivalentes para vuelta a izquierda E_{VI}

Flujo opuesto (Vehículos/ Hora)	Número de carriles opuestos		
	1	2	3
0	1.1	1.1	1.1
200	2.5	2.0	1.8
400	5.0	3.0	2.5
600	10.0	5.0	4.0
800	13.0	8.0	6.0
1.000	15.0	13.0	10.0
≥1,200	15.0	15.0	15.0
Para vueltas a la izquierda protegidas		$E_{VI} = 1,05$	

Fuente: Roess, Prassas and Mcshane. Traffic Engineering. 2004. Pag 451.

Tabla 5. Automóviles directos equivalentes para vuelta a la Derecha E_{VD}

Volumen peatonal en el cruce peatonal en conflicto (peatón / hora)	Equivalente
Ninguno (0)	1.18
Bajo (50)	1.21
Moderado (200)	1.32
Alto (400)	1.52
Extremo (800)	2.14

Fuente: Roess, Prassas and Mcshane. Traffic Engineering. 2004. Pag 451.

Intervalo de cambio de fase. El intervalo cambio de fase, tiene como funcionalidad, alertar al usuario de un cambio en la asignación de derecho al uso de la intersección. Se debe considerar el tiempo de percepción – reacción del conductor, la deceleración y finalmente el tiempo necesario de despeje de la intersección.

$$y = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W + L}{v} \right) \quad (2.3)$$

$\left(t + \frac{v}{2a} \right)$ = *Tiempo de recorrido a distancia de parada (Amarillo)*

$\left(\frac{W + L}{v} \right)$ = *Tiempo para atravesar la intersección (Verde)*

Donde:

y = *intervalo de cambio de fase, ámbar mas todo rojo (s).*

t = *Tiempo de percepción – reacción del conductor (usualmente 1,00 s).*

v = *Velocidad de aproximación de los vehículos (m/s).*

a = *Tasa de desaceleración (valor usual 3,05 m/s²).*

W = *Ancho de la intersección (m).*

L = *Longitud de vehículo (valor típico 6.10 m).*

Para el caso de la intersección ubicada en la calle 4 con carrera 9 “terminal de transporte” se utilizó valor de L (longitud de vehículo) de 18.50 m, basado en la longitud máxima para vehículos tractocamiones 3S3, expuesto en la RESOLUCIÓN NO.004100 del 28 diciembre 2004. Artículo 7^o (dimensiones); el valor “ L ” es adquirido, debido a la mayor demanda de vehículo de este tamaño.

La velocidad de aproximación “ v ” hace referencia a la velocidad límite prevaleciente y/o al percentil P_{85} de la velocidad.

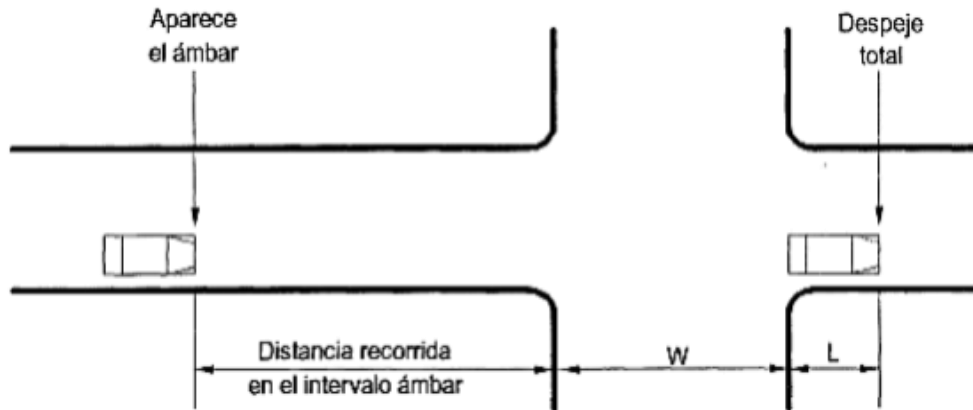


Figura 6. Intervalo de cambio de fase.

Fuente: Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. James Cárdenas G. Pag 448.

Flujo de saturación y tiempo perdido. R. Akcelik estudio la capacidad que tienen las intersecciones con semáforos, basándose en los flujos de saturación, vehículos equivalentes, tiempo perdido y verde efectivo.

El investigador define la tasa de saturación(s), como la tasa máxima de vehículos que cruzan la línea de AITO, la cual permanece constante hasta que la fila de vehículos se disipa.

Esta tasa de vehículos que cruzan la línea al arrancar es menor durante los primeros segundos, hasta que los vehículos en cola logren acelerar y alcanzar una velocidad de marcha constante. Posterior a la terminación del verde, la tasa de vehículos que cruzan la línea disminuye, debido a que los vehículos disminuyen su velocidad o se detienen.

El tiempo perdido por fase, es la diferencia entre la demora inicial a cruzar la intersección y la ganancia final al cruzarla, la cual se obtiene con la siguiente ecuación:

$$l_i = y_i = A_i \quad (2.4)$$

El tiempo perdido por ciclo (L) está dada por la siguiente ecuación:

$$L = \left(\sum_{i=1}^{\varphi} l_i \right) + TR \quad (2.5)$$

Donde:

L = Tiempo perdido por ciclo.

TR = Tiempo total todo rojo.

La ecuación entre la relación de flujo actual (q) a flujo de saturación (s), para el acceso o movimiento en el carril crítico para cada fase:

$$y_i = \frac{q_{i_{max}}}{s} \quad (2.6)$$

Longitud de Ciclo. F.V Webster, demostró que la demora mínima que sufren todos los vehículos en una intersección regulada con semáforo, se puede obtener a partir de una longitud de ciclo, la cual se calcula con la siguiente expresión.

$$C_o = \frac{1.5 L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\varphi} Y_i} \quad (2.7)$$

Donde:

C_o = Tiempo óptimo de ciclo (s).

L = Tiempo total perdido por ciclo (s).

Y_i = Máximo valor de la relación entre el flujo actual y flujo de saturación para cada acceso crítico en la fase i .

φ = Numero de fases.

“Normalmente, para los semáforos de tiempo predeterminado, se emplean ciclos entre los 30 y 120 segundos.

Los valores por debajo de 30 y por encima de 120 segundos conducen a demoras muy altas, lo cual en buena parte se debe a los tiempos perdidos, por el mayor número de ciclos durante una hora. Estos ciclos cortos proporcionan capacidades muy pequeñas. También, los ciclos muy pequeños tienen una mayor probabilidad de fallar con mayor frecuencia, es decir que la demanda sobrepasa la capacidad en mayor número de ciclos, resultando una operación deficiente.

Longitudes por encima de 120 segundos tampoco son muy convenientes. Sabemos que, al aumentar el ciclo, se consigue mayor capacidad en la intersección. Cuando se tienen demandas de tránsito bajas e intermedias, con longitudes muy altas de ciclos resultan muchos tiempos verdes no utilizados lo cual, además de la demora que esto ocasiona, puede incentivar al irrespeto del semáforo por parte de algunos conductores.” (Andueza Saavedra, 2014, pág. 154)

Asignacion de Tiempo verdes. El tiempo verde efectivo total, disponible por ciclo para todos los accesos de la intersección, este dado por la siguiente ecuación:

$$g_T = C - L = C - \left[\left(\sum_{i=1}^{\varphi} l_i \right) + TR \right] \quad (2.8)$$

Donde:

g_T = *Tiempo verde efectivo total por ciclo para todos los accesos.*

C = *Longitud del ciclo (redondeado a los 5 segundos más cercanos).*

Reparto de los tiempos verdes efectivos. La asignación de los tiempos de verde efectivos para cada fase, este dado por la siguiente ecuación:

$$g_i = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^{\varphi} Y_i} (g_T) = \frac{Y_i}{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_{\varphi}} (g_T) \quad (2.9)$$

Determinacion de los tiempos verdes reales. los tiempos reales están dados por la siguiente ecuación:

$$G_i = g_i + l_i - A_i \quad (2.10)$$

Fases y diagrama de fases en una interseccion.

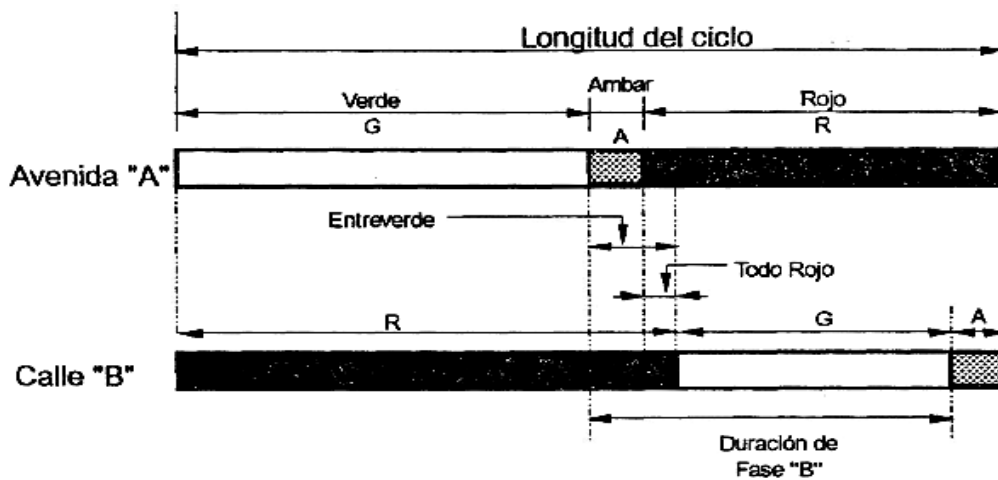


Figura 7. Diagrama de fases.

Fuente: Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. James Cárdenas G. Pag 447.

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1 Información primaria

A continuación, se describe el procedimiento que se requiere para alcanzar el objetivo propuesto en el proyecto.

Lo primero que se realiza, es la ubicación (*ver apartado 3.2*) de las intersecciones reguladas con y sin dispositivos de tránsito (semáforos) que presente conflicto vehicular, verificando su estado actual, y recopilando información necesaria para el estudio.

La información se recopila con base en los parámetros expuestos en libros guía y manuales viales, como son los datos internos, es decir; trabajos de campo, como pueden ser datos sobre los peatones, tráfico, movilidad, o los distintos tipos de funcionalidad de cada intersección.

Una vez recopilada toda la información posible, se realiza un diagnóstico de cada intersección (*ver apartado 4.1*). Esto es evaluar cada uno de los datos obtenidos y encontrar los aspectos que se deban mejorar para posteriormente darle solución.

3.1.1 Información preliminar

Como información primaria y cumpliendo con el correcto desarrollo de actividades propuestas para el estudio, se realizaron capacitaciones al grupo de aforadores y supervisores de campo, y demás personas requeridas en la ejecución de las actividades. En donde se explicó claramente las condiciones del proyecto y las indicaciones necesarias para una buena toma de datos. Una vez cumplido lo anterior, se realizan visitas de campo en los puntos escogidos estratégicamente, recolectando información necesaria como: volumen peatonal y vehicular,

sentido del flujo y movimientos realizados (directo, giro de derecha o izquierda) y estado actual de la infraestructura vial.

Para la compilación de información se utilizó el método tomado del Manual de Planeación y Diseño Para la Administración del Tránsito, elaborado por Cal y Mayor para la Secretaria Distrital de Bogotá D.C. El cual clasifica a cada vehículo de acuerdo a las siguientes categorías: Automóvil, bus, camión (C2P, C2G, C3-C4, C5,>C5).









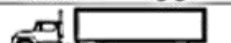

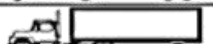
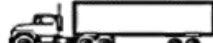
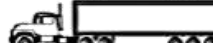
TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
AUTOS		
BUSES	BUNETA	
	BUS	
	BUS METROPOLITANO	
C2-P	CAMION DE DOS EJES PEQUEÑO	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE	
C3 Y C4	CAMION C3	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
> C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

Figura 8. Clasificación general de vehículos.

Fuente: Cartilla de volúmenes vehiculares INVIAS, 2011. Pag 305.

De acuerdo con las maniobras realizadas por los conductores, el anterior manual establece la siguiente codificación de los movimientos que se realizan en una intersección

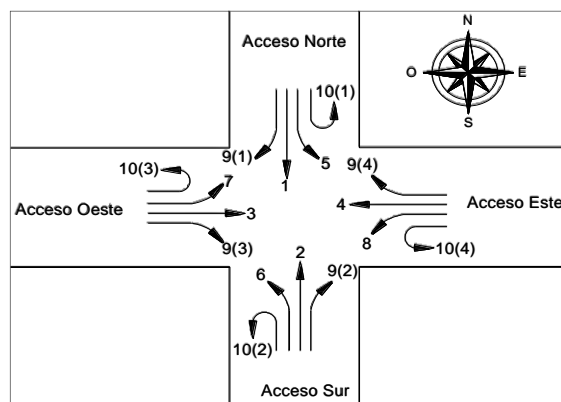


Figura 9. Esquema de movimientos en una Intersección

Fuente: Elaboración propia a partir del Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y Transporte.

Tabla 6. Codificación de los movimientos en una intersección.

Acceso	Movimiento	Código
Norte	Directo	1
	Giro a Izquierda	5
	Giro a Derecha	9(1)
	Giro en U	10(1)
Sur	Directo	2
	Giro a Izquierda	6
	Giro a Derecha	9(2)
Oeste	Giro en U	10(2)
	Directo	3
	Giro a Izquierda	7
Este	Giro a Derecha	9(3)
	Giro en U	10(3)
	Directo	4
	Giro a Izquierda	8
	Giro a Derecha	9(4)
	Giro en U	10(4)

Fuente: Elaboración propia a partir del Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y Transporte.

3.1.2 Formatos.

Conocida la categoría y el movimiento, se registra la información de campo en el siguiente formato, en periodos de 15 minutos, clasificando el 100 % de los vehículos observados.

3.2 Caracterización de intersecciones.

El siguiente análisis operacional se realizó siguientes intersecciones de la ciudad de Pamplona, Norte de Santander.

- Calle 5 con carrera 5; Sin regulación [1]
- Calle 6 con carrera 4; Sin regulación [2]
- Calle 6 con carrera 5; Sin regulación [3]
- Calle 7 con carrera5; Sin regulación [4]
- Calle 4 con carrera 9; Regulada [5]
- Calle 8 con carrera 8; Regulada [6]
- Calle 9 con carrera 8; Sin regulación [7]

En la figura 14, se encuentra la ubicación de las intersecciones en sistema alfanumérico.

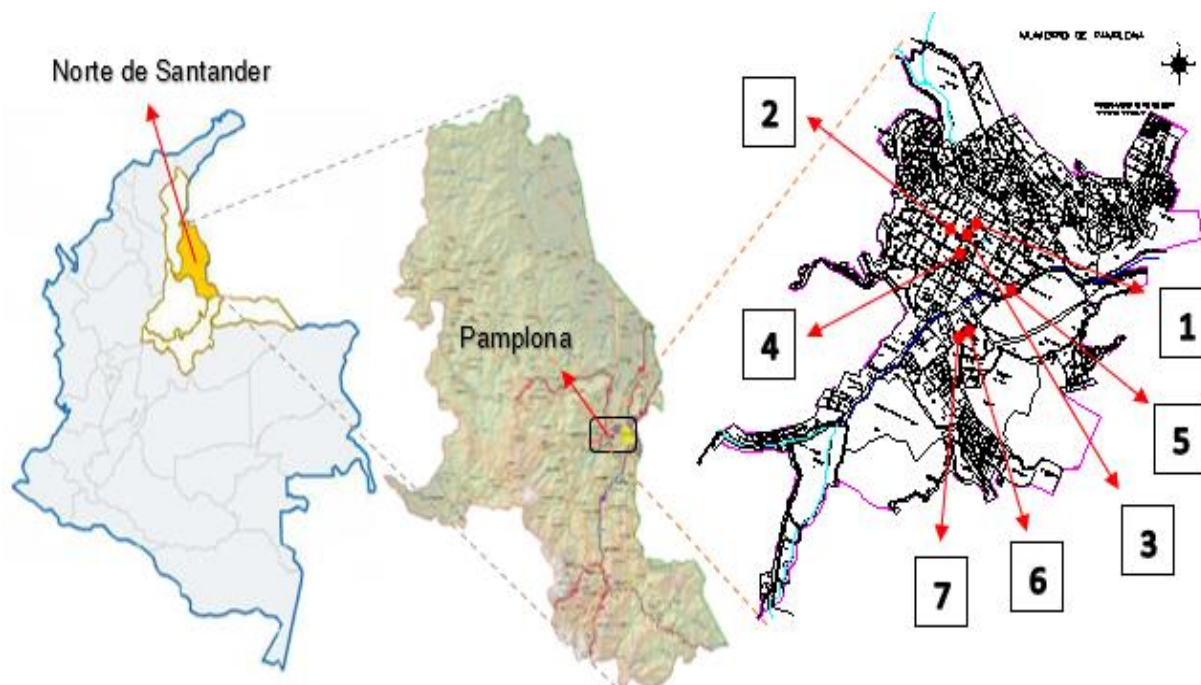


Figura 12. Localización las intersecciones en estudio.

3.2.1 Intersección Calle 5 con Carrera 5.

Esta intersección, presenta dos accesos como se observa en la figura 13; el primer acceso en sentido Sur – Norte, el segundo acceso en sentido Este – Oeste. Ambos accesos presentan dos carriles, de los cuales solo cuenta con un carril en uso. Esto se debe, a que el carril a margen derecho de cada acceso, es utilizado como zona de parqueo por transeúntes y comerciantes informales.



Figura 13. Estado actual de la intersección calle 5 con carrera 5.

Para el cálculo de tiempos, se tiene, que el acceso Este – Oeste y viceversa, presenta un volumen de 349 Peatones/ Hr, como se muestra en la figura 14.

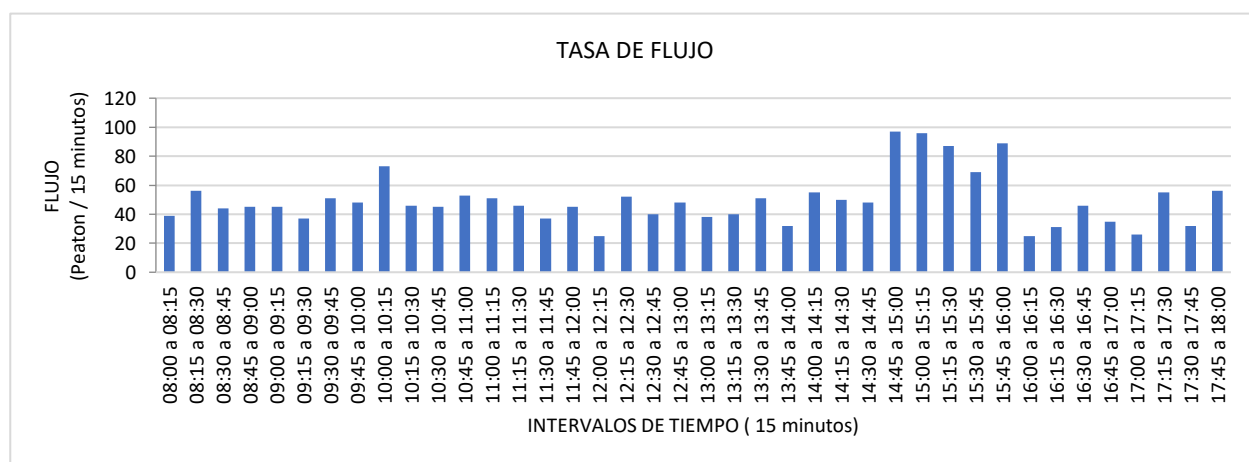


Figura 14. Variación del volumen peatonal calle 5 con carrera 5.

El resumen de los volúmenes vehiculares tomados del anexo A se indican en la siguiente tabla 7. Las velocidades, se tomaron a flujo libre (sin obstrucción), escogiendo el percentil P₈₅, como se indicó en las bases teóricas. Estas velocidades no sobrepasaron los 29 km/h. por ende, se opta por tomar velocidades mínimas de diseño 30 Km/h.

Tabla 7. Valores de volúmenes vehiculares CII5 – Cr5.

Acceso	Sentido	Ancho calzada (m)	Velocidad (KPH)	A (%)	B (%)	C (%)	Movimiento		
							Izquierda	de frente	Derecha
Calle 5	Sur - Norte	3.50	30	81	8	10	269	293	N/A
Carrera 5	Este-Oeste	6.10	30	86	5	9	N/A	284	82

A = Autobuses, B= buses, C= camiones

3.2.2 Intersección Calle 6 con Carrera 4.

Esta intersección, presenta dos accesos, el primer acceso en sentido Norte – Sur, el segundo acceso en sentido Oeste – Este, como se muestra en la figura 15. Ambos accesos presentan dos carriles en diseño, pero solo se cuenta con un carril en uso.



Figura 15. Estado actual de la intersección calle 6 con carrera 4.

Para el cálculo de tiempos, se tiene, que el acceso Oeste – Este y viceversa, proyecta un volumen de 228 Peatones/ Hr como se observa en la figura 16, en un periodo comprendido entre las 10:30 a 11:30 am; este aumento, es debido a la presencia de zonas escolares.

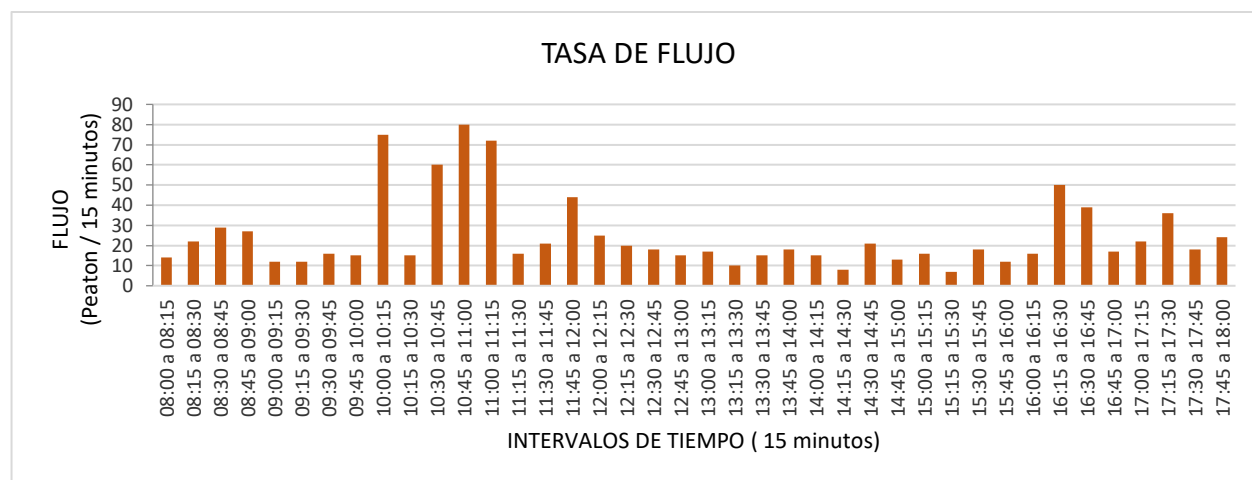


Figura 16. Variación del volumen peatonal calle 6 con carrera 4.

El resumen de los volúmenes vehiculares tomados del anexo B se indican en la siguiente tabla 8.

Tabla 8. Valores de volúmenes vehiculares CII6-Cr4.

Acceso	Sentido	Ancho calzada (m)	Velocidad (KPH)	A (%)	B (%)	C (%)	Movimiento		
							Izquierda	de frente	Derecha
Calle 6	Norte-Sur	6.44	30	89	4	7	68	305	N/A
Carrera 4	Oeste-Este	6.52	30	83	7	10	N/A	98	81

A = Autobuses, B= buses, C= camiones

Las velocidades, se tomaron a flujo libre (sin obstrucción), escogiendo el percentil P₈₅, como se indicó en las bases teóricas. Estas velocidades no sobrepasaron los 10 km/h. por ende, se opta por tomar velocidades mínimas de diseño 30 Km/h.

3.2.3 Intersección Calle 6 con Carrera 5.

Esta intersección está ubicada al Noreste del parque central de la ciudad de Pamplona; recoge el flujo vehicular y peatonal de la intersección calle 5 con carrera 5, calle 6 con carrera 4. Lo que hace que su volumen vehicular sea aumente gradualmente. Presenta una problemática, ya que, los vehículos públicos como buses, busetas, taxi. Etc.; Utilizan el carril a margen derecha como paradero o estacionamiento, al igual que los vendedores ambulantes como se observa en la figura 17.



Figura 17. Estado actual de la intersección calle 6 con carrera 5.

Para el cálculo de tiempos, se tiene, que el volumen peatonal es de 198 Peatones/ Hr, como se observa en la figura 18.

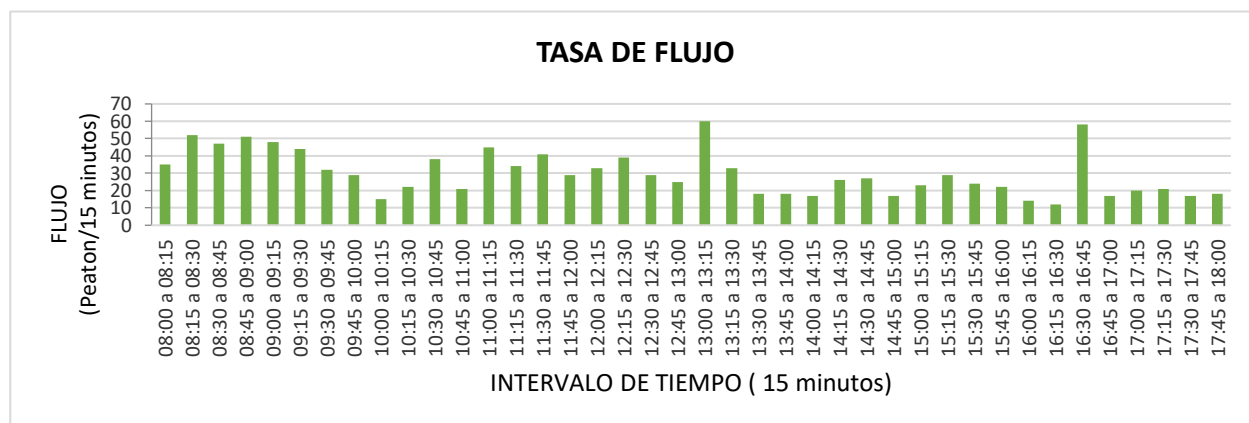


Figura 18. Variación del volumen peatonal calle 6 con carrera 5.

El resumen de los volúmenes vehiculares tomados del anexo C se indican en la siguiente tabla 9.

Tabla 9. Valores de volúmenes vehiculares ClI6-Cr5.

Acceso	Sentido	Ancho calzada (m)	Velocidad (KPH)	A (%)	B (%)	C (%)	Movimiento		
							Izquierda	de frente	Derecha
Calle 6	Norte-Sur	5.91	30	86	7	7	N/A	214	202
Carrera 5	Este-Oeste	6.78	30	88	6	6	158	361	N/A

A = Autobuses, B= buses, C= camiones

Las velocidades, se tomaron a flujo libre (sin obstrucción), escogiendo el percentil P₈₅, como se indicó en las bases teóricas. Las velocidades de ingreso del acceso en sentido Este – Oeste son de 29 km/h, en sentido Norte – Sur de 21 km/h. como estas velocidades son demasiado bajas, se opta por tomar velocidades mínimas de diseño 30 Km/h.

3.2.4 Intersección Calle 7 con Carrera 5.

Esta intersección presenta dos accesos con dos carriles en cada uno. El primer acceso en sentido Este-Oeste, recibe el flujo vehicular y peatonal de la intersección calle 6 con carrera 5. El segundo acceso en sentido Sur-Norte, recibe el flujo vehicular y peatonal de la calle principal “calle Real”. Presenta una malla vial en mal estado, lo que reduce la velocidad de ingreso en más de un 50%; a esto también se le suma la obstrucción por vendedores ambulantes como se observa en la figura 19.



Figura 19. Estado actual de la intersección calle 7 con carrera 5.

El volumen peatonal es de 400 Peatones/ Hr, en un periodo comprendido entre las 16:15 a 17:15 pm, provenientes del centro de la ciudad hacia el Noreste de la Ciudad como se observa en la figura 20.

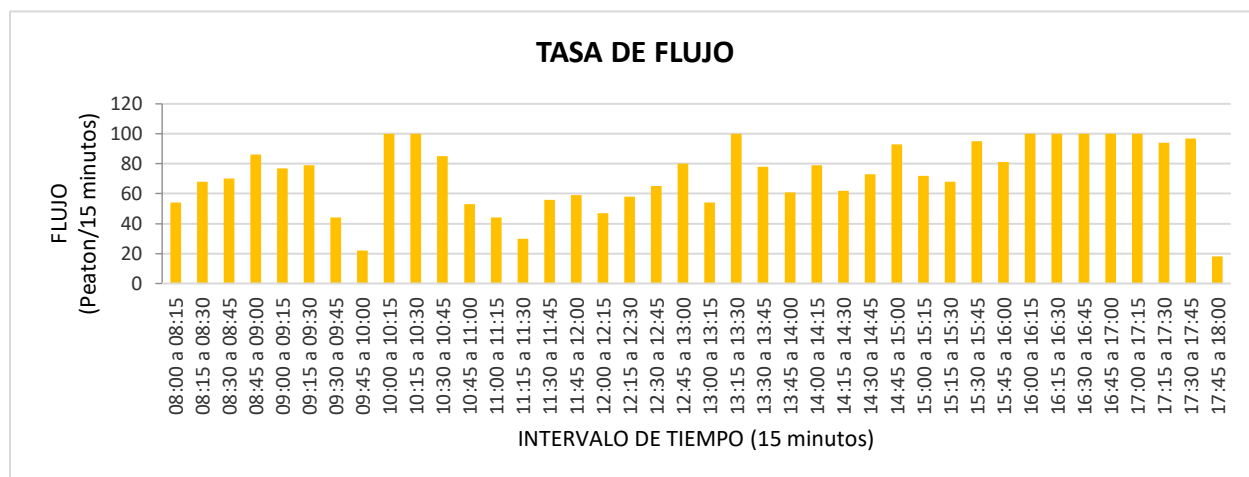


Figura 20. Variación del volumen peatonal calle 7 con carrera 5.

El resumen de los volúmenes vehiculares tomados del anexo D se indican en la siguiente tabla 10.

Tabla 10. Valores de volúmenes vehiculares CII 7-Cr5.

Acceso	Sentido	Ancho calzada (m)	Velocidad (KPH)	A (%)	B (%)	C (%)	Movimiento		
							Izquierda	de frente	Derecha
Calle 7	Sur-Norte	7.20	30	88	6	7	160	207	N/A
Carrera 5	Este-Oeste	7.60	30	87	7	6	N/A	376	70

A = Autobuses, B= buses, C= camiones

Las velocidades de ingreso del acceso en sentido Este – Oeste son de 28 km/h, en sentido Sur – Norte de 27 km/h. como estas velocidades son demasiado bajas, se opta por tomar velocidades mínimas de diseño 30 Km/h.

3.2.5 Intersección Calle 4 con Carrera 9.

Esta intersección se encuentra regulada con dispositivos de control del tránsito (semáforos). Presenta cuatro accesos con dos carriles en cada uno; El primer acceso en sentido Norte – Sur, recibe el flujo vehicular de carga pesada y pasajeros procedentes de la ciudad de Bucaramanga; el segundo acceso en sentido Sur-Norte, desaloja los vehículos de pasajeros y carga que se encuentran en el círculo cerrado del terminal, como se observa en la figura 21.



Figura 21. Estado actual intersección calle 4 con carrera 9, sector Norte - Sur.

El Tercer acceso en sentido Oeste - Este, recibe los vehículos que intentar salir hacia la ciudad de Cúcuta; el cuarto y último acceso en sentido Este - Oeste recibe los vehículos que pretenden ingresar al centro de la Ciudad como se observa en la figura 22.



Figura 22. Estado actual de la intersección calle 4 con carrera 9, sentido Oeste – Este.

El acceso en sentido Sur - Norte, contiene una gran dificultad en la salida Y/o entrada, esto se debe, a la reducción y alta pendiente que existe por el puente de ingreso al terminal de transporte, como se observa en la figura 23.



Figura 23. Ingreso, egreso a acceso Sur- Norte.

Para el diseño de tiempos, se tiene, un volumen peatonal en el acceso Oeste es de 93 Peatonos/ Hr, acceso sur 76 Peatonos/Hr, acceso Este 47 Peatonos /Hr, como se observó en la figura 24.

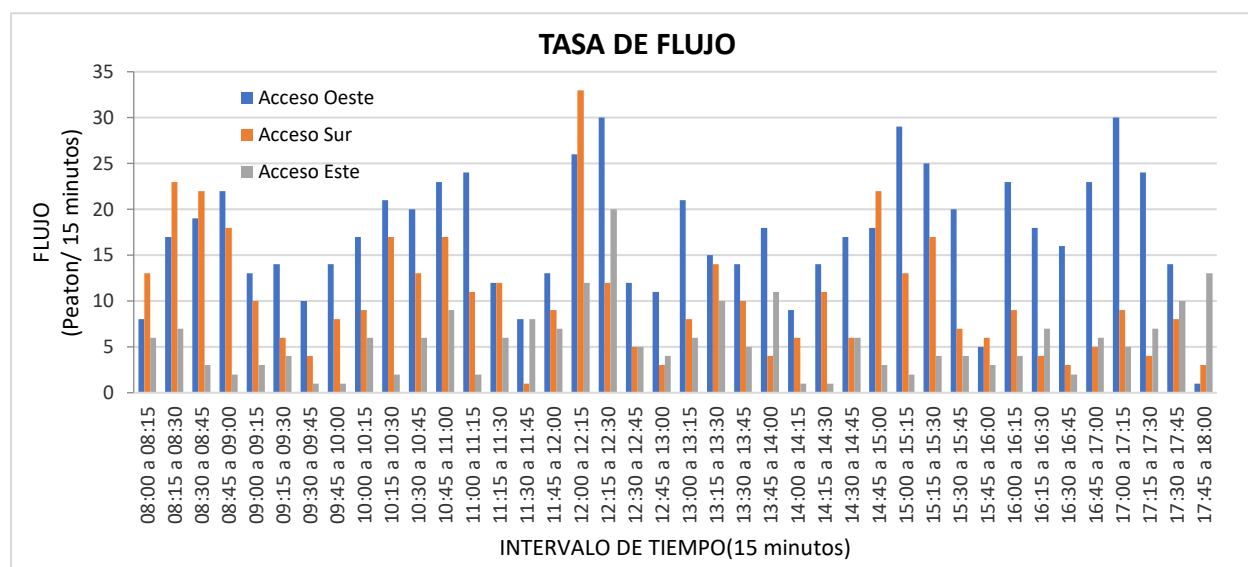


Figura 24. Variación del volumen peatonal calle 4 con carrera 9.

Tabla 11. Valores de volúmenes vehiculares CII4-Cr9.

Acceso	Sentido	Ancho calzada (m)	Velocidad (KPH)	A (%)	B (%)	C (%)	Movimiento		
							Izquierda	de frente	Derecha
Calle 4	Norte -Sur	31.40	31	64	15	21	124	77	100
	Norte-Este								
	Norte-Oeste								
Carrera 9	Este-Oeste	38.40	41	61	13	26	31	79	N/A
	Este-Sur								
Calle 4	Sur-Este	31.40	30	74	17	9	127	N/A	84
	Sur-Oeste								
Carrera 9	Oeste-Este	38.40	38	80	6	14	N/A	123	98
	Oeste-Sur								

A = Autobuses, B= buses, C= camiones.

Las velocidades de ingreso del acceso en sentido Norte es de 31 km/h, en sentido Sur de 25 km/h, sentido Este de 41 Km/h, sentido Oeste de 38 Km/h. como las velocidades en el acceso sur es demasiado bajas, se opta por tomar velocidades mínimas de diseño 30 Km/h.

3.2.6 Intersección Calle 8 con Carrera 8.

Esta intersección, es conocida como “Chapinero”, presenta 4 accesos con dos carriles cada uno; él primer acceso en sentido Norte, recibiendo los vehículos del centro de la Ciudad dirigiéndose al centro educativo que se encuentra fuera de la Ciudad; el acceso en sentido Sur, recibe los vehículos livianos y pesados que transportan carga y pasajeros del Oriente del País como se observa en la figura 25.



Figura 25. Estado actual de la intersección calle 8 con carrera 8, acceso Sur.

El acceso Este, es el más crítico, debido a que su ancho de carril y pendientes son deficientes al volumen de vehículos que ingresan; por otro lado, el acceso Oeste, posee un ancho de carril suficiente para alojar 3 vehículos en línea, pero el mal estado en la malla vial, lo convierte en un factor negativo. Esto se puede observar en la figura 26.



Figura 26. Estado actual de la intersección calle 8 con carrera 8, acceso Norte.

La demarcación tanto vertical como horizontal, presentan desgaste en pintura en el interlineado. Para efectos de diseño, se tiene un volumen peatonal en el acceso Norte es de 66 Peatones/ Hr, acceso sur 67 Peatones/Hr, acceso Este 124 Peatones /Hr, acceso Oeste 144 Peatones/Hr, como se observa la figura 27.

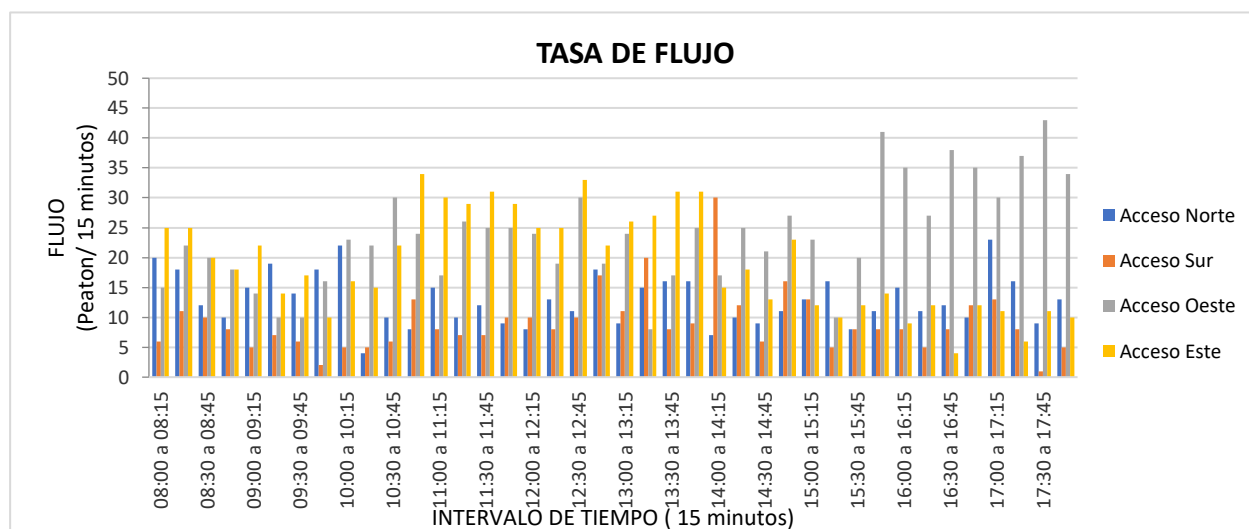


Figura 27. Variación del volumen peatonal calle 8 con carrera 8.

El resumen de los volúmenes vehiculares tomados del anexo F se indican en la siguiente tabla 12.

Las velocidades en esta intersección, se tomaron a flujo libre, escogiendo el percentil P₈₅, como se indicó en las bases teóricas. Las velocidades de ingreso del acceso en sentido Norte es de 22 km/h, en sentido Sur de 45 km/h, sentido Este de 39 Km/h, sentido Oeste de 35 Km/h. como las velocidades en el acceso Norte es demasiado bajas, se opta por tomar velocidades mínimas de diseño 30 Km/h.

Tabla 12. Valores de volúmenes vehiculares CII 8-Cr8.

Acceso	Sentido	Ancho calzada (m)	Velocidad (KPH)	A (%)	B (%)	C (%)	Movimiento		
							Izquierda	de frente	Derecha
Calle 8	Norte -Sur	35.53	30	84	5	11	23	83	46
	Norte-Este								
	Norte-Oeste								
Carrera 8	Este-Norte	32.12	45	73	11	17	44	101	19
	Este-Sur								
	Este-Oeste								
Calle 8	Sur-Norte	35.53	39	73	5	22	15	29	91
	Sur-Este								
	Sur-Oeste								
Carrera 8	Oeste-Norte	32.12	35	85	8	7	19	174	8
	Oeste-Este								
	Oeste-Sur								

A = Autobuses, B= buses, C= camiones

3.2.7 Intersección Calle 9 con Carrera 8

Esta intersección, es conocida como cuatro esquinas, una de las más críticas en la ciudad; presenta 4 accesos con dos carriles cada uno. el primer acceso en sentido Norte, posee un pavimento rígido en buenas condiciones. El segundo acceso en sentido Sur, presenta una pendiente abrupta aguas abajo en el terreno, disminuyendo la velocidad de vehículos al ingresar; su malla vial se encuentra en buen estado, con pavimento rígido.

La demarcación tanto vertical como horizontal en esta intersección, presentan desgaste en pintura en el interlineado. Al igual que las rejillas en el pasa cunetas, como se observa en la figura 28.



Figura 28. Estado actual intersección, acceso Norte.

El tercer acceso en sentido Oeste, y cuarto en sentido Este; presenta un mayor deterioro en su malla vial, dificultando en ingreso a la intersección como se muestra en la figura 29.



Figura 29. Estado actual intersección, acceso Oeste.

El volumen peatonal en el acceso Norte es de 235 Peatonos/ Hr, acceso sur 315 Peatonos/Hr, acceso Este 61 Peatonos /Hr, acceso Oeste 99 Peatonos/Hr, como se observa en la figura 30.

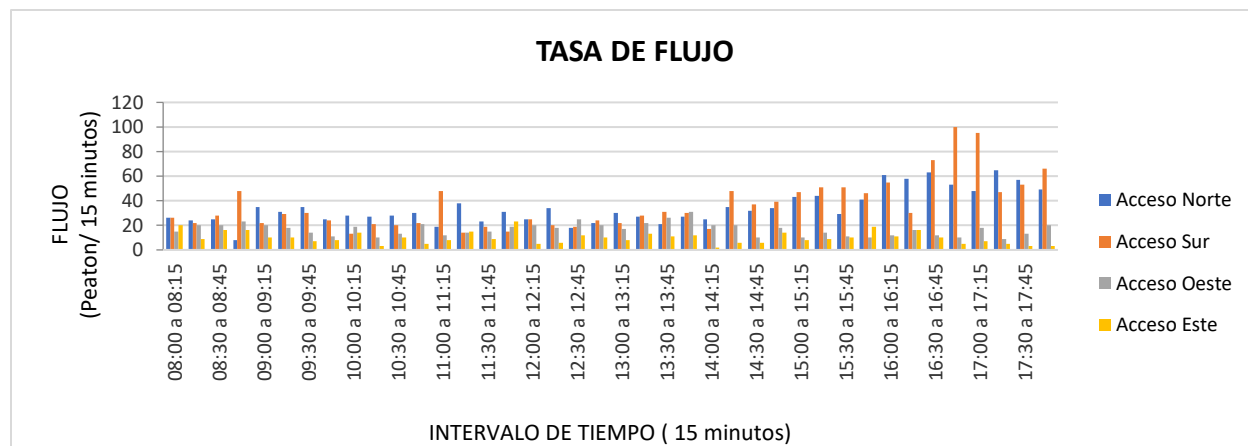


Figura 30. Variación del volumen peatonal calle 9 con carrera 8.

Las velocidades en esta intersección, se tomaron a flujo libre, como se observa en la figura 31, en donde, se escogiendo el percentil P₈₅, como lo indica las bases teóricas. Las velocidades de ingreso del acceso en sentido Norte es de 28 km/h, en sentido Sur de 30 km/h, sentido Este de 33 Km/h, sentido Oeste de 32 Km/h. como las velocidades en el acceso Norte es demasiado bajas, se opta por tomar velocidades mínimas de diseño 30 Km/h.



Figura 31. Toma de velocidades.

El resumen de los volúmenes vehiculares tomados del anexo G se indican en la siguiente tabla 13.

Tabla 13. Valores de volúmenes vehiculares CII 9-Cr8.

Acceso	Sentido	Ancho calzada (m)	Velocidad (KPH)	A (%)	B (%)	C (%)	Movimiento		
							Izquierda	de frente	Derecha
Calle 9	Norte -Sur	7.72	30	92	3	4	32	194	175
	Norte-Este								
	Norte-Oeste								
Carrera 8	Este-Oeste	9.01	33	84	7	9	59	95	N/A
	Este -Sur								
Calle 9	Sur-Este	7.88	30	91	5	5	107	N/A	138
	Sur-Oeste								
Carrera 8	Oeste -Este	8.84	32	93	2	5	N/A	79	32
	Oeste-Sur								

A = Autobuses, B= buses, C= camiones.

CAPITULO IV

ANALISIS DE DATOS Y RESULTADOS

En este capítulo se desarrolla el análisis de los datos recolectados en cada intersección, hallando el mejor tiempo estimado para cada ciclo del semáforo; mediante las bases teóricas expuestas por Highway Capacity Manual (HCM 2000), y con el libro Fundamentos y Aplicaciones Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor, 7ª Edición.

4.1 Calculo de tiempos del semaforo

4.1.1 Intersección Calle 5 – Carrera 5



Figura 32. Ubicación intersección ClI 5 - Cr 5.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth.

Para el diseño de tiempos en la calle 5 con carrera 5, se opta por utilizar dos fases; la primera fase de en sentido Sur - Norte, la segunda fase sentido Este – Oeste, con un movimiento en cada una, y un flujo de saturación de 1800 vehículos ligeros por hora de luz verde.

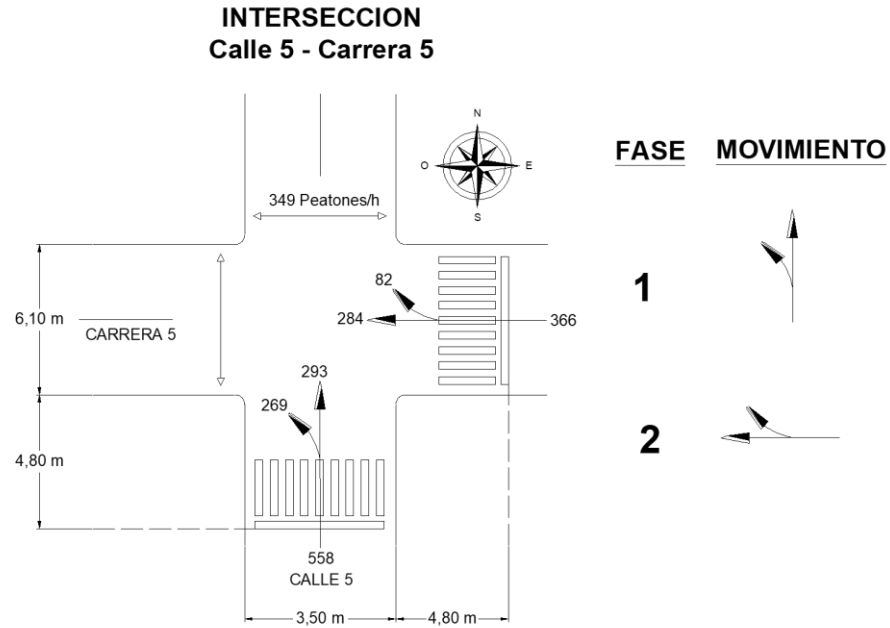


Figura 33. Volúmenes horarios máximos mixtos actuales.

Para la FASE 1 tendremos la Conversión de los volúmenes máximos mixtos actuales en automóviles directos equivalente (ADE); de la ecuación (2.1) tenemos:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 10(2.0 - 1) + 8(2.0 - 1)} = 0.85$$

Ahora obtendremos el flujo de automóviles directos equivalentes, según la ecuación (2.2):

Movimiento directo

$$q_{ADE} = \frac{293}{0.95} \left(\frac{1}{0.85} \right) = 362 \text{ ADE/h}$$

Movimiento Izquierda

$$q_{ADE} = \frac{269}{0.95} \left(\frac{1}{0.85} \right) (1.05) = 350 \text{ ADE/h}$$

Para la FASE 2 tendremos la Conversión de los volúmenes máximos mixtos actuales en automóviles directos equivalente (ADE); de la ecuación (2.1) tenemos:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 9(2.0 - 1) + 5(2.0 - 1)} = 0.88$$

Ahora obtendremos el flujo de automóviles directos equivalentes, según la ecuación (2.2):

Movimiento directo

$$q_{ADE} = \frac{284}{0.95} \left(\frac{1}{0.88} \right) = 340 \text{ ADE/h}$$

Movimiento derecho

$$q_{ADE} = \frac{82}{0.95} \left(\frac{1}{0.85} \right) (1.47) = 149 \text{ ADE/h}$$

El valor de 1.47 resultado de la interpolación en la tabla 5; para un volumen peatonal 349 Pat/h.

La Conversión de los volúmenes máximos mixtos actuales a automóviles directos equivalente (ADE) se observa en la siguiente figura:

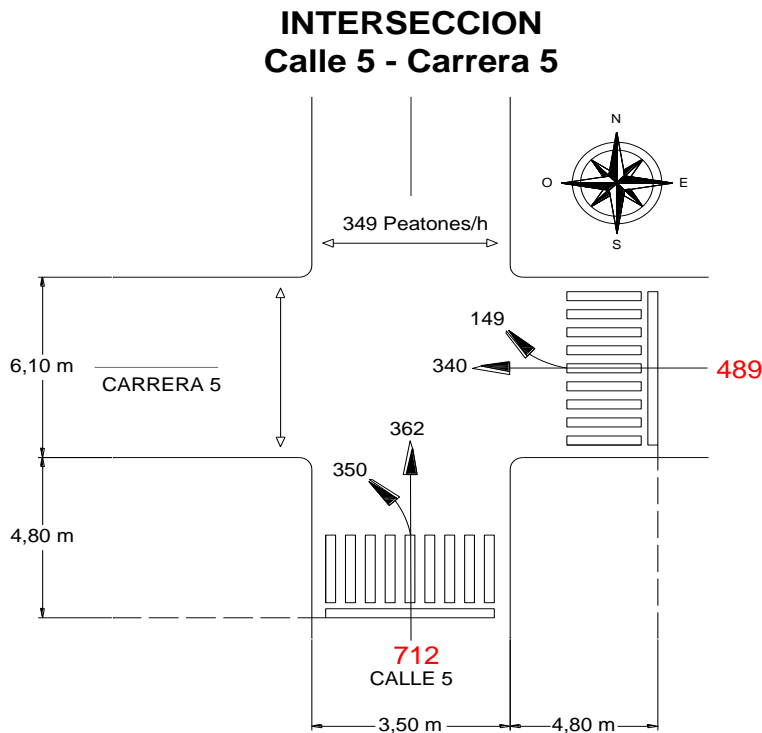


Figura 34. Automóviles directos equivalentes por hora.

Una vez obtenido los automóviles equivalentes directos, hallaremos el intervalo de cambio para la FASE 1, para esto, utilizaremos la ecuación (2.3):

Para la velocidad P85 de 30 KPM tendremos 8.33 m/s, y un ancho efectivo de 6.10 m + 4.80 m., lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{8.33}{2(3.05)}\right) + \left(\frac{10.9 + 6.10}{8.33}\right)$$

$$y = 2 + 2 [s]$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_1 = 2 [s] \textit{ Amarillo}$$

$$TR_1 = 2 [s] \textit{ Todo rojo}$$

Para la FASE 2, tendremos el siguiente intervalo de cambio de fase con la ecuación (2.3):

Para la velocidad P85 de 30 KPM tendremos 8.33 m/s, y un ancho efectivo de 3.5 m + 4.80 m., lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{8.33}{2(3.05)}\right) + \left(\frac{8.30 + 6.10}{8.33}\right)$$

$$y = 2 + 2 [s]$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_2 = 2 [s] \textit{ Amarillo}$$

$$TR_2 = 2 [s] \textit{ Todo rojo}$$

El tiempo perdido por fase se optimo con la siguiente ecuación (2.4):

Para la FASE 1 y 2 tenemos:

$$l_1 = A_1 = 2 [s] , l_2 = A_2 = 2 [s]$$

El tiempo perdido por ciclo esta dado por la ecuación (2.5):

$$L = (2 + 2) + (2 + 2) = 8[s]$$

La relación entre el flujo actual (q) a flujo de saturación (s) se obtiene con la siguiente ecuación (2.6):

Para la FASE 1:

$$y_1 = \frac{712}{1800} = 0.39$$

Para la FASE 2:

$$y_2 = \frac{489}{1800} = 0.27$$

El cálculo para la longitud de ciclo optimo estará dado por la ecuación (2.7)

$$C_o = \frac{1.5 (8) + 5}{1 - (0.39 + 0.27)} = 50 [s]$$

Asignación de tiempos verdes total dado por la ecuación (2.8)

$$g_T = 50 - 8 [s] = 42 [s]$$

Reparto de tiempos verdes tota dado por la ecuación (2.9), el cual es igual a los tiempos verdes reales para cada fase:

FASE 1

$$g_1 = \frac{0.39}{0.39 + 0.27} (42) = 25[s]$$

FASE 2

$$g_2 = \frac{0.27}{0.39 + 0.27} (42) = 17 [s]$$

Según la ecuación (2.10) los tiempos verdes reales para cada fase son iguales a los verdes efectivos.

Finalmente, obtenemos el diagrama de tiempos para esta intersección.

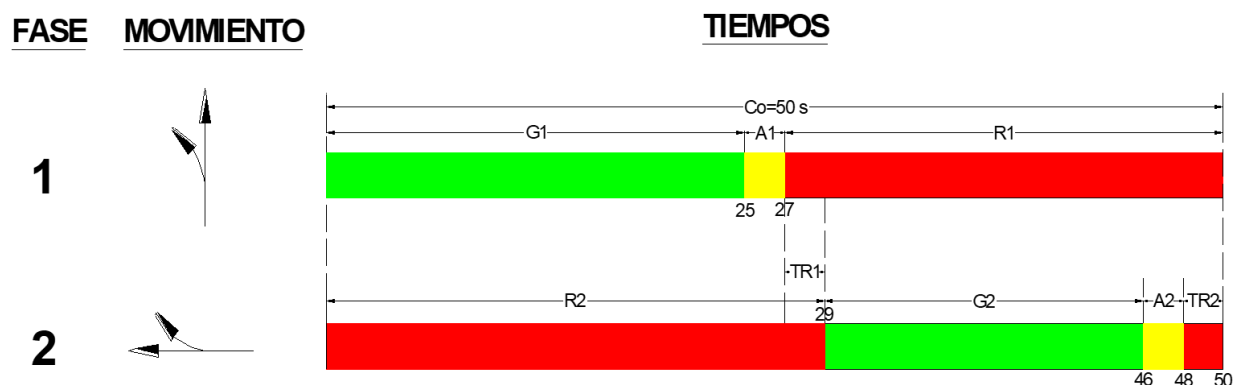


Figura 35. Diagrama de tiempos en dos fases.

4.1.2 Intersección Calle 6 – Carrera 4



Figura 36. Ubicación intersección Cll 6 - Cr 4.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth.

Para el diseño de tiempos en la calle 6 con carrera 4, se opta por utilizar dos fases; la primera fase de en sentido Norte – Sur, la segunda fase sentido Oeste – Este, con un movimiento en cada una, y un flujo de saturación de 1800 vehículos ligeros por hora de luz verde, recomendado por Rafael Cal y Mayor R. James Cárdenas en su libro Ingeniería de tránsito. Pag 403.

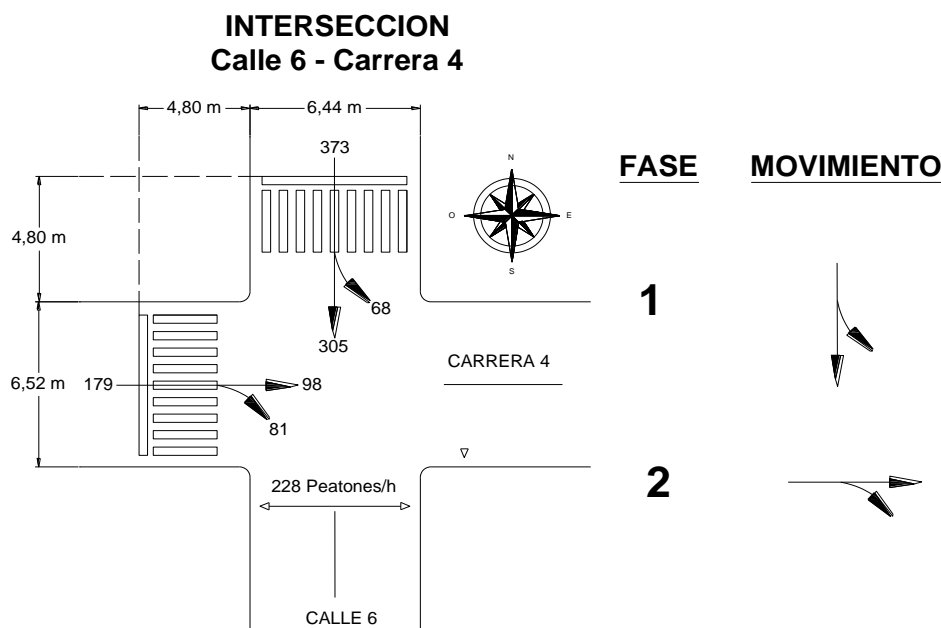


Figura 37. Volúmenes horarios máximos mixtos actuales.

Para la FASE 1 y 2 tendremos la Conversión de los volúmenes máximos mixtos actuales en automóviles directos equivalente (ADE); el cual se realizará por medio de tablas para facilitar el procedimiento:

Tabla 14. Calculo de flujo de automoviles directos equivalentes por hora.

Fase	Acceso	Movimiento	f_{HV}	VHMD (Automoviles/h)	$E_{VD} \text{ o } E_{VI}$	q (ADE/h)	q_T (ADE/h)
1	Norte-Sur	Directo	0.90	305	-	357	441
		Izquierda	0.90	68	1.05	84	
2	Oeste-Este	Directo	0.85	98	-	121	256
		Derecha	0.85	81	1.35	135	

La Conversión de los volúmenes máximos mixtos actuales a automóviles directos equivalente (ADE) se observa en la siguiente figura:

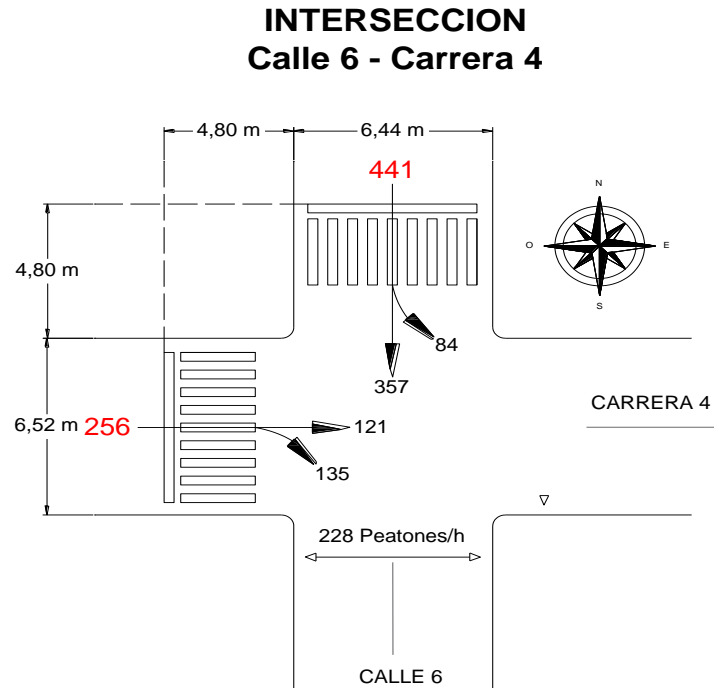


Figura 38. Automóviles directos equivalentes por hora.

Una vez obtenido los automóviles equivalentes directos, hallaremos el intervalo de cambio para la FASE 1, para esto, utilizaremos la ecuación (2.3):

Para la velocidad P_{85} de 30 KPM tendremos 8.33 m/s, y un ancho efectivo de 6.52 m + 4.80 m., lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{8.33}{2(3.05)} \right) + \left(\frac{11.32 + 6.10}{8.33} \right)$$

$$y = 2 + 2 [s]$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_1 = 2 [s] \text{ Amarillo}$$

$$TR_1 = 2 [s] \text{ Todo rojo}$$

Para la FASE 2, tendremos el siguiente intervalo de cambio de fase con la ecuación (2.3):

Para la velocidad P85 de 30 KPM tendremos 8.33 m/s, y un ancho efectivo de 6.44 m + 4.80 m., lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{8.33}{2(3.05)} \right) + \left(\frac{11.40 + 6.10}{8.33} \right)$$

$$y = 2 + 2 [s]$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_2 = 2 [s] \text{ Amarillo}$$

$$TR_2 = 2 [s] \text{ Todo rojo}$$

El tiempo perdido por fase se optime con la siguiente ecuación (2.4):

Para la FASE 1 y 2 tenemos:

$$l_1 = A_1 = 2 [s], \quad l_2 = A_2 = 2 [s]$$

El tiempo perdido por ciclo esta dado por la ecuación (2.5):

$$L = (2 + 2) + (2 + 2) = 8 [s]$$

La relación entre el flujo actual (q) a flujo de saturación (s) se obtiene con la siguiente ecuación (2.6):

Para la FASE 1:

$$y_1 = \frac{441}{1800} = 0.25$$

Para la FASE 2:

$$y_2 = \frac{256}{1800} = 0.14$$

El cálculo para la longitud de ciclo optimo estará dado por la ecuación (2.7)

$$C_o = \frac{1.5 (8) + 5}{1 - (0.25 + 0.14)} = 28 [s]$$

Según lo enunciado en el apartado 2.2.8, esta longitud de ciclo está por debajo del rango mínimo de valores utilizados, el cual varía normalmente entre 30 y 120 segundos. Por ende, se hace necesario ajustar el valor del ciclo a 30 segundos.

La asignación de tiempos verdes total para un ciclo mínimo de 30 s, este dado por la ecuación (2.8):

$$g_T = 30 - 8 [s] = 22 [s]$$

Reparto de tiempos verdes tota dado por la ecuación (2.9), el cual es igual al tiempo de verdes reales para cada fase:

FASE 1

$$g_1 = \frac{0.25}{0.25 + 0.14} (22) = 14 [s]$$

FASE 2

$$g_2 = \frac{0.14}{0.25 + 0.14} (22) = 8 [s]$$

Finalmente, obtenemos el diagrama de tiempos para esta intersección

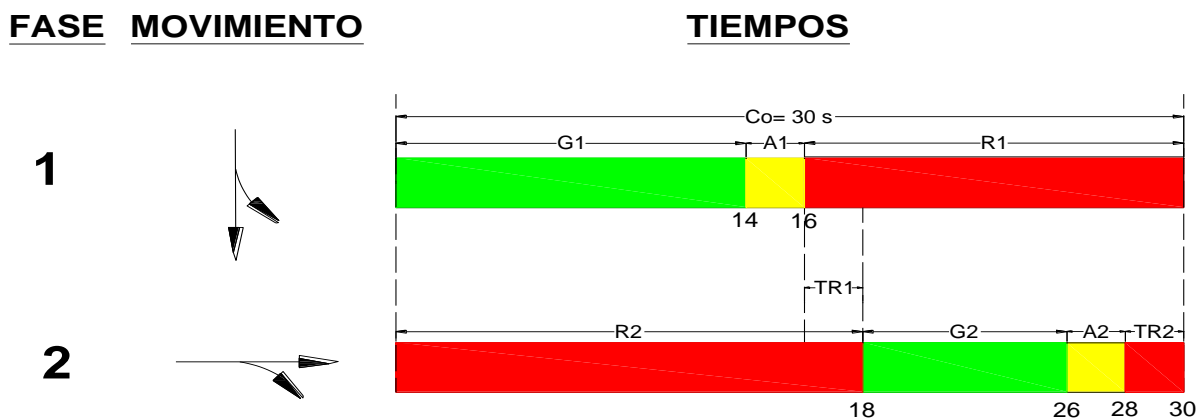


Figura 39. Diagrama de tiempos en dos fases.

4.1.3 Intersección Calle 6 – Carrera 5



Figura 40. Ubicación intersección ClI 6 - Cr5.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth.

Para el diseño de tiempos en la calle 6 con carrera 5, se opta por utilizar dos fases; la primera fase en sentido Norte – Sur, la segunda fase en sentido Este-Oeste, con un movimiento en cada una, y un flujo de saturación de 1800 vehículos ligeros por hora de luz verde.

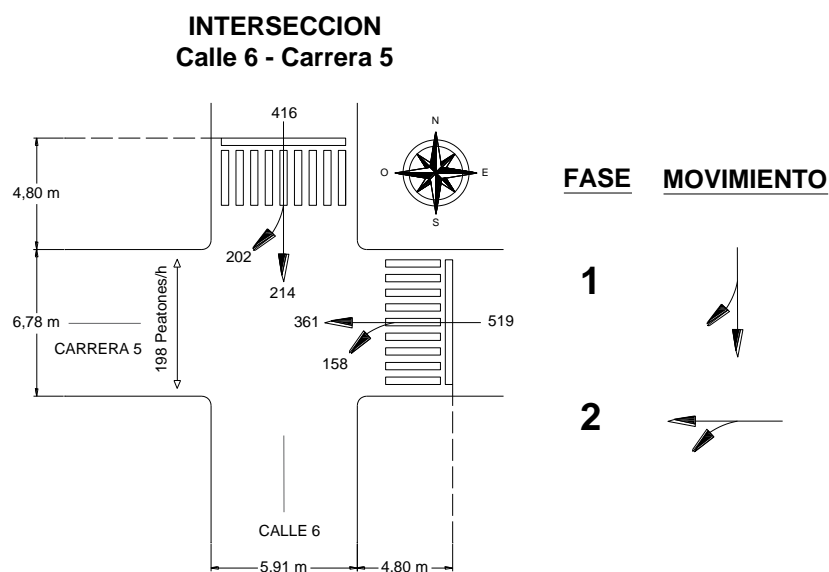


Figura 41. Volúmenes horarios máximos mixtos actuales.

Para la FASE 1 y 2 tendremos la Conversión de los volúmenes máximos mixtos actuales en automóviles directos equivalente (ADE); el cual se realizará por medio de tablas para facilitar el procedimiento:

Tabla 15. Calculo de flujo de automoviles directos equivalentes por hora.

Fase	Acceso	Movimiento	f_{HV}	VHMD (Automoviles/h)	$E_{VD} \circ E_{VI}$	q (ADE/h)	q^T (ADE/h)
1	Norte-Sur	Directo	0.88	214	-	256	575
		Derecha	0.88	202	1.32	319	
2	Este-Oeste	Directo	0.88	361	-	432	630
		Izquierda	0.88	158	1.05	198	

La conversión de los volúmenes máximos mixtos actuales a automóviles directos equivalente (ADE) se observa en la siguiente figura:

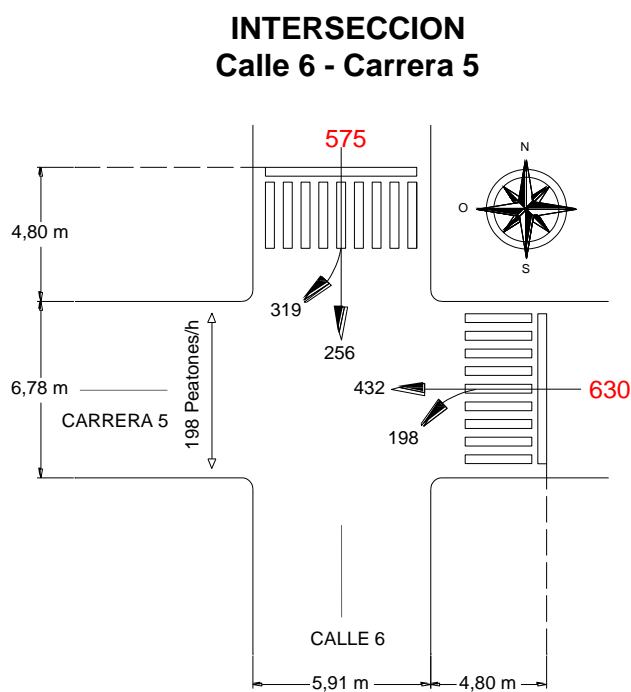


Figura 42. Automóviles directos equivalentes por hora.

Una vez obtenido los automóviles equivalentes directos, hallamos el intervalo de cambio para la FASE 1, para esto, utilizaremos la ecuación (2.3):

Para la velocidad P_{85} de 30 KPM tendremos 8.33 m/s, y un ancho efectivo de 6.78 m + 4.80 m., lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{8.33}{2(3.05)}\right) + \left(\frac{11.58 + 6.10}{8.33}\right)$$

$$y = 2 + 2 [s]$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_1 = 2 [s] \text{ Amarillo}$$

$$TR_1 = 2 [s] \text{ Todo rojo}$$

Para la FASE 2, tendremos el siguiente intervalo de cambio de fase con la ecuación (2.3):

Para la velocidad P_{85} de 30 KPM tendremos 8.33 m/s, y un ancho efectivo de 5.91 m + 4.80 m., lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{8.33}{2(3.05)}\right) + \left(\frac{10.71 + 6.10}{8.33}\right)$$

$$y = 2 + 2 [s]$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_2 = 2 [s] \text{ Amarillo}$$

$$TR_2 = 2 [s] \text{ Todo rojo}$$

El tiempo perdido por fase se optimo con la siguiente ecuación (2.4):

Para la FASE 1 y 2 tenemos:

$$l_1 = A_1 = 2 [s], l_2 = A_2 = 2 [s]$$

El tiempo perdido por ciclo esta dado por la ecuación (2.5):

$$L = (2 + 2) + (2 + 2) = 8 [s]$$

La relación entre el flujo actual (q) a flujo de saturación (s) se obtiene con la siguiente ecuación (2.6):

Para la FASE 1:

$$y_1 = \frac{575}{1800} = 0.32$$

Para la FASE 2:

$$y_2 = \frac{630}{1800} = 0.35$$

El cálculo para la longitud de ciclo optimo estará dado por la ecuación (2.7)

$$C_o = \frac{1.5 (8) + 5}{1 - (0.32 + 0.35)} = 52[s]$$

Asignación de tiempos verdes tota dado por la ecuación (2.8)

$$g_T = 52 - 8 [s] = 44 [s]$$

Reparto de tiempos verdes tota dado por la ecuación (2.9), el cual es igual al tiempo de verdes reales para cada fase:

FASE 1

$$g_1 = \frac{0.32}{0.32 + 0.35} (44) = 21[s]$$

FASE 2

$$g_2 = \frac{0.35}{0.32 + 0.35} (44) = 23[s]$$

Según la ecuación (2.10) los tiempos verdes reales para cada fase son iguales a los verdes efectivos.

Finalmente, obtenemos el diagrama de tiempos para esta intersección.

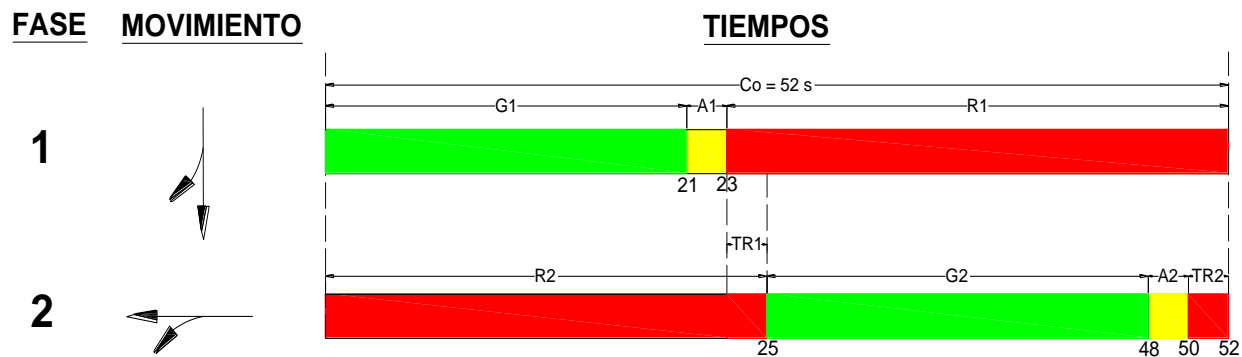


Figura 43. Diagrama de tiempos en dos fases.

4.1.4 Intersección Calle 7 – Carrera 5



Figura 44. Ubicación intersección Cll 7 - Cr 5.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth.

Para el diseño de tiempos en la calle 7 con carrera 5, se opta por utilizar dos fases; la primera fase de en sentido Sur – Norte, la segunda fase sentido Este – Oeste, con un movimiento en cada una, y un flujo de saturación de 1800 vehículos ligeros por hora de luz verde.

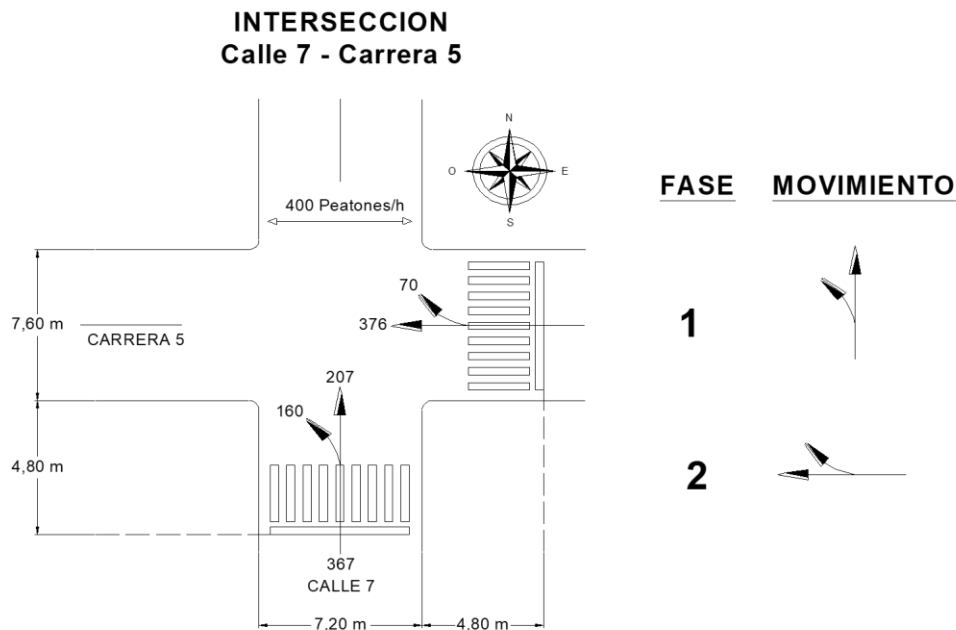


Figura 45. Volúmenes horarios máximos mixtos actuales.

Para la FASE 1 y 2 tendremos la Conversión de los volúmenes máximos mixtos actuales en automóviles directos equivalente (ADE); el cual se realizará por medio de tablas para facilitar el procedimiento:

Tabla 16. Calculo de flujo de automoviles directos equivalentes por hora.

Fase	Acceso	Movimiento	f_{HV}	VHMD (Automoviles/h)	$E_{VD} \circ E_{VI}$	q (ADE/h)	q_T (ADE/h)
1	Sur-Norte	Directo	0.88	207	-	248	449
		Izquierda	0.88	160	1.05	201	
2	Este-Oeste	Directo	0.88	376	-	450	577
		Derecha	0.88	70	1.52	127	

La Conversión de los volúmenes máximos mixtos actuales a automóviles directos equivalente (ADE) se observa en la siguiente figura:

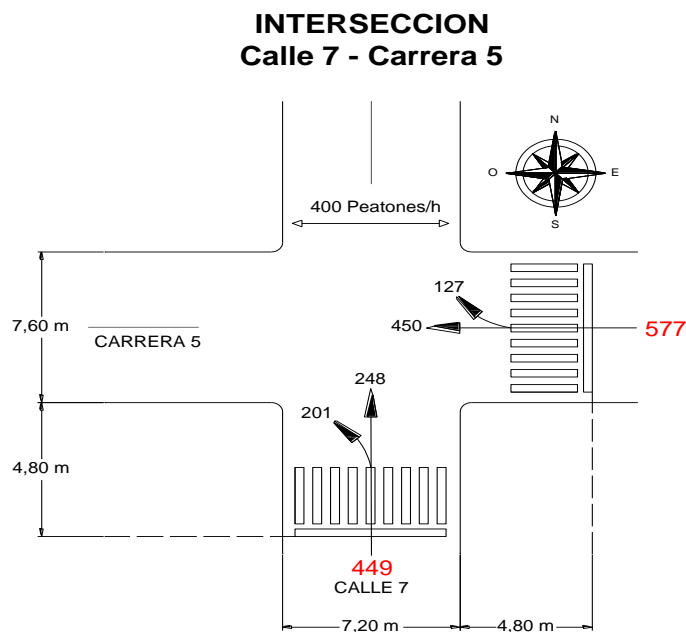


Figura 46. Automóviles directos equivalentes por hora.

Una vez obtenido los automóviles equivalentes directos, hallamos el intervalo de cambio para la FASE 1, para esto, utilizaremos la ecuación (2.3):

Para la velocidad P_{85} de 30 KPM tendremos 8.33 m/s, y un ancho efectivo de 7.60 m + 4.80 m., lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{8.33}{2(3.05)} \right) + \left(\frac{12.40 + 6.10}{8.33} \right)$$

$$y = 2 + 2 [s]$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_1 = 2 [s] \text{ Amarillo}$$

$$TR_1 = 2 [s] \text{ Todo rojo}$$

Para la FASE 2, tendremos el siguiente intervalo de cambio de fase con la ecuación (2.3):

Para la velocidad P_{85} de 30 KPM tendremos 8.33 m/s, y un ancho efectivo de 7.20 m + 4.80 m., lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{8.33}{2(3.05)}\right) + \left(\frac{12.00 + 6.10}{8.33}\right)$$

$$y = 2 + 2 [s]$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_2 = 2 [s] \text{ Amarillo}$$

$$TR_2 = 2 [s] \text{ Todo rojo}$$

El tiempo perdido por fase se optimo con la siguiente ecuación (2.4):

Para la FASE 1 y 2 tenemos:

$$l_1 = A_1 = 2 [s], l_2 = A_2 = 2 [s]$$

El tiempo perdido por ciclo esta dado por la ecuación (2.5):

$$L = (2 + 2) + (2 + 2) = 8 [s]$$

La relación entre el flujo actual (q) a flujo de saturación (s) se obtiene con la siguiente ecuación (2.6):

Para la FASE 1:

$$y_1 = \frac{449}{1800} = 0.25$$

Para la FASE 2:

$$y_2 = \frac{577}{1800} = 0.32$$

El cálculo para la longitud de ciclo optimo estará dado por la ecuación (2.7)

$$C_o = \frac{1.5 (8) + 5}{1 - (0.25 + 0.32)} = 40[s]$$

Asignación de tiempos verdes tota dado por la ecuación (2.8)

$$g_T = 40 - 8 [s] = 32[s]$$

Reparto de tiempos verdes tota dado por la ecuación (2.9), es igual a los tiempos verdes reales para cada fase:

FASE 1

$$g_1 = \frac{0.25}{0.25 + 0.32} (32) = 14 \text{ [s]}$$

FASE 2

$$g_2 = \frac{0.32}{0.25 + 0.32} (32) = 18 \text{ [s]}$$

Finalmente, obtenemos el diagrama de tiempos para esta intersección

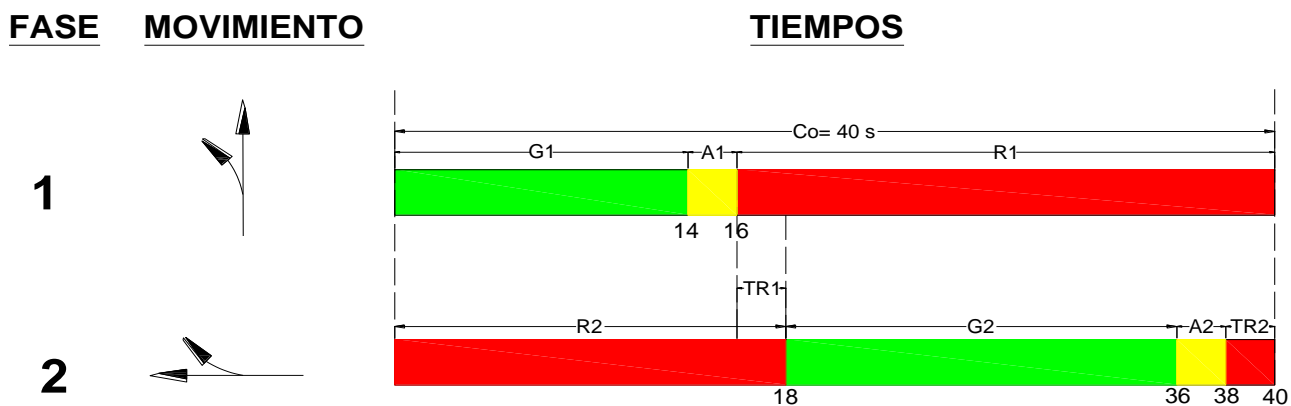


Figura 47. Diagrama de tiempos en dos fases.

4.1.5 Intersección Calle 4 – Carrera 9



Figura 48. Ubicación intersección Cll 4 - Cr 9.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth.

Para el diseño de tiempos de esta intersección, se optó por utilizar cuatro fases, con diferentes movimientos en cada una; un flujo de saturación de 1800 vehículos ligeros por hora de luz verde como se observa en la siguiente figura.

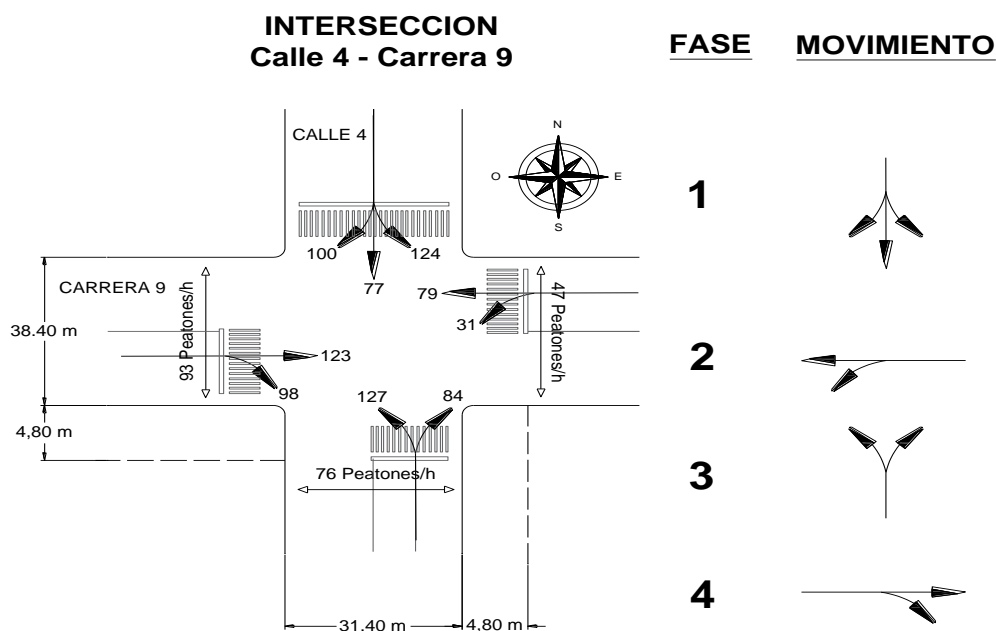


Figura 49. Volúmenes horarios máximos mixtos actuales.

Para la FASE 1, 2, 3, 4 tendremos la Conversión de los volúmenes máximos mixtos actuales en automóviles directos equivalente (ADE); el cual se realizará por medio de tablas para facilitar el procedimiento:

Tabla 17. Calculo de flujo de automoviles directos equivalentes por hora.

Fase	Acceso	Movimiento	f_{HV}	VHMD (Automoviles/h)	E_{VD} o E_{VI}	q (ADE/h)	q_T (ADE/h)
		Directo	0.74	77	-	110	
1	Norte-Sur	Izquierda	0.74	124	1.05	185	472
		Derecha	0.74	100	1.24	177	
		Directo	0.72	79	-	115	
2	Este-Oeste	Izquierda	0.72	31	1.05	48	163
		Derecha	0.72	N/A	N/A	N/A	
		Directo	0.79	84	-	134	
3	Sur-Norte	Izquierda	0.79	127	1.05	178	312
		Derecha	0.79	N/A	N/A	N/A	
		Directo	0.83	123	-	156	
4	Oeste-Este	Izquierda	0.83	N/A	N/A	N/A	309
		Derecha	0.83	98	1.23	153	

La conversión de los volúmenes máximos mixtos actuales a automóviles directos equivalente (ADE) se observa en la siguiente figura:

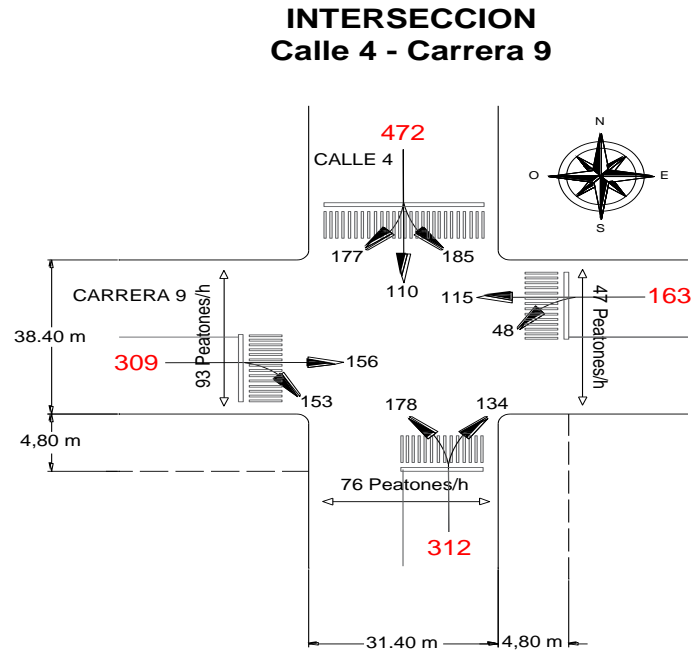


Figura 50. Automóviles directos equivalentes por hora.

Una vez obtenido los automóviles equivalentes directos, hallamos el intervalo de cambio para la FASE 1, para esto, utilizaremos la ecuación (2.3):

Para la velocidad P_{85} de aproximación es de 31 KPM transformados a 8.61 m/s, un ancho efectivo de cruce 38.40 m + 4.80 m, lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{8.61}{2(3.05)} \right) + \left(\frac{43.20 + 18.50}{8.61} \right)$$

$$y = 2 + 7 [s]$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_1 = 2 [s] \text{ Amarillo}$$

$$TR_1 = 7 [s] \text{ Todo rojo}$$

Para la FASE 2, tendremos el siguiente intervalo de cambio de fase con la ecuación (2.3):

Para la velocidad P₈₅ de aproximación es de 41 KPM transformados a 11.38 m/s, y un ancho efectivo de cruce 31.40 m + 4.80 m, lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{11.38}{2(3.05)}\right) + \left(\frac{36.20 + 18.50}{11.38}\right)$$

$$y = 3 + 5 [s]$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_2 = 3 [s] \textit{ Amarillo}$$

$$TR_2 = 5 [s] \textit{ Todo rojo}$$

Para la FASE 3, tendremos el siguiente intervalo de cambio de fase con la ecuación (2.3):

Para la velocidad P₈₅ de aproximación es de 30 KPM transformados a 8.33 m/s, y un ancho efectivo de cruce 38.40 m + 4.80 m, lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{8.33}{2(3.05)}\right) + \left(\frac{43.20 + 18.50}{8.33}\right)$$

$$y = 2 + 7 [s]$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_3 = 2 [s] \textit{ Amarillo}$$

$$TR_3 = 7 [s] \textit{ Todo rojo}$$

Para la FASE 4, tendremos el siguiente intervalo de cambio de fase con la ecuación (2.3):

Para la velocidad P₈₅ de aproximación es de 38 KPM transformados a 10.55 m/s, y un ancho efectivo de cruce 31.40 m + 4.80 m, lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{10.55}{2(3.05)}\right) + \left(\frac{36.20 + 18.50}{10.55}\right)$$

$$y = 3 + 5 [s]$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_4 = 3 \text{ [s] } \textit{Amarillo}$$

$$TR_4 = 5 \text{ [s] } \textit{Todo rojo}$$

El tiempo perdido por fase se optimo con la siguiente ecuación (2.4):

Para la FASE 1,2,3,4 tenemos:

$$l_1 = A_1 = 2 \text{ [s] } , l_2 = A_2 = 3 \text{ [s] } , l_3 = A_3 = 2 \text{ [s] } , l_4 = A_4 = 3 \text{ [s]}$$

El tiempo perdido por ciclo esta dado por la ecuación (2.5):

$$L = (2 + 3 + 2 + 3) + (7 + 5 + 7 + 5)34 \text{ [s]}$$

La relación entre el flujo actual (q) a flujo de saturación (s) se obtiene con la siguiente ecuación (2.6):

Para la FASE 1:

$$y_1 = \frac{472}{1800} = 0.26$$

Para la FASE 2:

$$y_2 = \frac{163}{1800} = 0.09$$

Para la FASE 3:

$$y_3 = \frac{312}{1800} = 0.17$$

Para la FASE 4:

$$y_4 = \frac{309}{1800} = 0.17$$

El cálculo para la longitud de ciclo optimo estará dado por la ecuación (2.7)

$$C_o = \frac{1.5 (34) + 5}{1 - (0.26 + 0.09 + 0.17 + 0.17)} = 181 \text{ [s]}$$

Como se enunció anteriormente, y según el apartado 2.2.8, esta longitud de ciclo está muy por encima del rango máximo de valores utilizados, el cual varía normalmente entre 30 y 120 segundos. Por ende, se hace necesario ajustar el valor del ciclo a 120 segundos.

La asignación de tiempos verdes total para un ciclo máximo de 120 s, este dado por la ecuación (2.8):

$$g_T = 120 - 34 [s] = 86 [s]$$

Reparto de tiempos verdes tota dado por la ecuación (2.9), los tiempos verdes reales para cada fase son iguales a los verdes efectivos.

FASE 1

$$g_1 = \frac{0.26}{0.26 + 0.09 + 0.17 + 0.17} (86) = 32[s]$$

FASE 2

$$g_2 = \frac{0.09}{0.26 + 0.09 + 0.17 + 0.17} (86) = 12[s]$$

FASE 3

$$g_3 = \frac{0.17}{0.26 + 0.09 + 0.17 + 0.17} (86) = 21[s]$$

FASE 4

$$g_4 = \frac{0.17}{0.26 + 0.09 + 0.17 + 0.17} (86) = 21[s]$$

Finalmente, obtenemos el diagrama de tiempos para esta intersección.

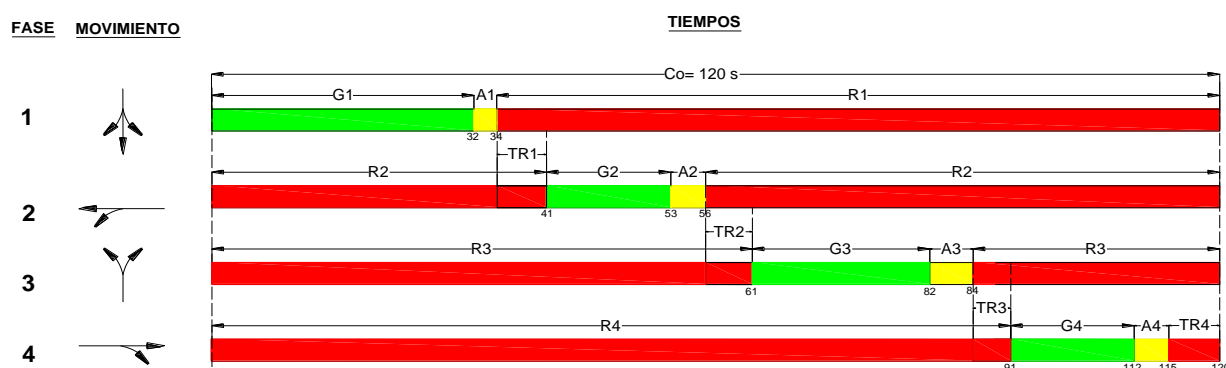


Figura 51. Diagrama de tiempos en cuatro fases.

4.1.6 Intersección Calle 8 – Carrera 8



Figura 52. Ubicación intersección Cll 8 - Cr 8.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth.

Para el diseño de tiempos de esta intersección, se optó por utilizar cuatro fases; la primera fase en el acceso Norte, la segunda en el acceso Este, la tercera en el acceso Sur y por último en el acceso Oeste; con distintos movimientos en cada una, y un flujo de saturación de 1800 vehículos ligeros por hora de luz verde.

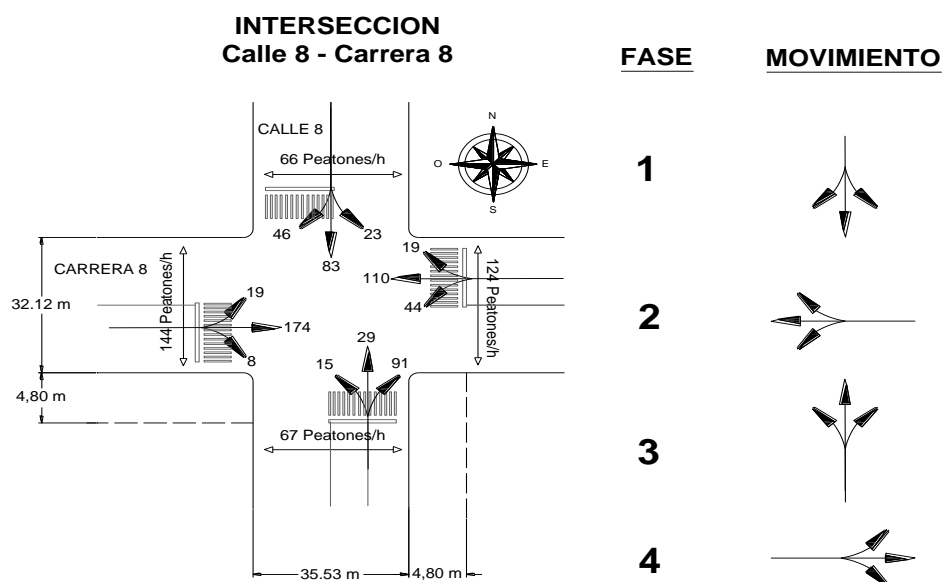


Figura 53. Volúmenes horarios máximos mixtos actuales.

Para la FASE 1, 2, 3, 4 tendremos la Conversión de los volúmenes máximos mixtos actuales en automóviles directos equivalente (ADE); el cual se realizará por medio de tablas para facilitar el procedimiento:

Tabla 18. Calculo de flujo de automoviles directos equivalentes por hora.

Fase	Acceso	Movimiento	f_{HV}	VHMD (Automoviles/h)	E_{VD} o E_{VI}	q (ADE/h)	q_T (ADE/h)
		Directo	0.86	83	-	102	
1	Norte-Sur	Izquierda	0.86	23	1.05	30	204
		Derecha	0.86	46	1.28	72	
		Directo	0.78	110	-	148	
2	Este-Oeste	Izquierda	0.78	44	1.05	62	241
		Derecha	0.78	19	1.22	31	
		Directo	0.79	29	-	39	
3	Sur-Norte	Izquierda	0.79	15	1.05	21	213
		Derecha	0.79	91	1.26	153	
		Directo	0.87	174	-	210	
4	Oeste-Este	Izquierda	0.87	19	1.05	24	246
		Derecha	0.87	8	1.22	12	

La Conversión de los volúmenes máximos mixtos actuales a automóviles directos equivalente (ADE) se observa en la siguiente figura:

INTERSECCION Calle 8 - Carrera 8

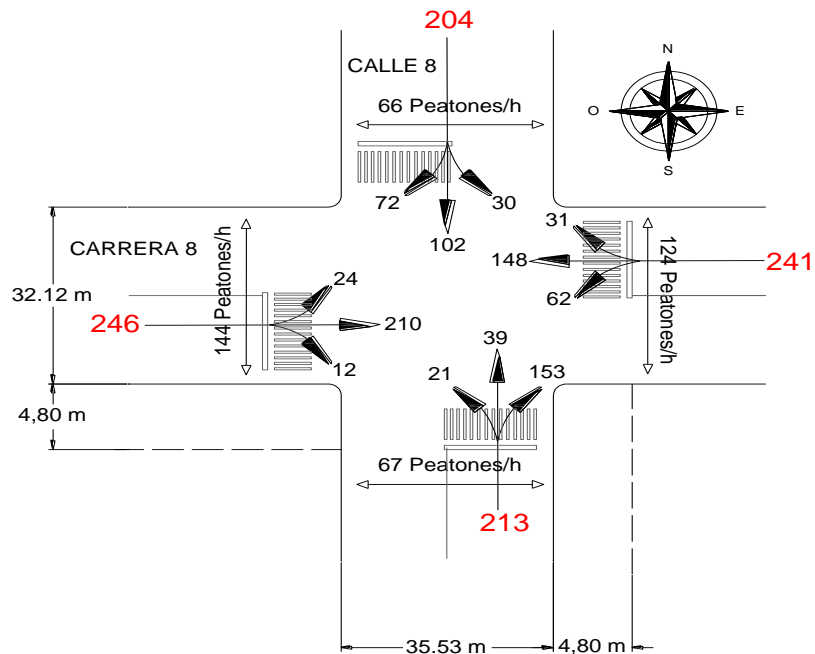


Figura 54. Automóviles directos equivalentes por hora.

Una vez obtenido los automóviles equivalentes directos, hallamos el intervalo de cambio para la FASE 1, para esto, utilizaremos la ecuación (2.3):

Para la velocidad P_{85} de aproximación es de 30 KPM transformados a 8.33 m/s, y un ancho efectivo de cruce 32.12 m + 4.80 m, lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{8.33}{2(3.05)} \right) + \left(\frac{36.92 + 6.10}{8.33} \right)$$

$$y = 2 + 5 \text{ [s]}$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_1 = 2 \text{ [s] } \textit{Amarillo}$$

$$TR_1 = 5 \text{ [s] } \textit{Todo rojo}$$

Para la FASE 2, tendremos el siguiente intervalo de cambio de fase con la ecuación (2.3):

Para la velocidad P_{85} de aproximación es de 45 KPM transformados a 12.50 m/s, y un ancho efectivo de cruce $35.53 \text{ m} + 4.80 \text{ m}$, lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{12.50}{2(3.05)}\right) + \left(\frac{40.33 + 6.10}{12.50}\right)$$

$$y = 3 + 4 \text{ [s]}$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_2 = 3 \text{ [s] } \textit{Amarillo}$$

$$TR_2 = 4 \text{ [s] } \textit{Todo rojo}$$

Para la FASE 3, tendremos el siguiente intervalo de cambio de fase con la ecuación (2.3):

Para la velocidad P_{85} de aproximación es de 39 KPM transformados a 10.83 m/s, y un ancho efectivo de cruce $32.12 \text{ m} + 4.80 \text{ m}$, lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{10.83}{2(3.05)}\right) + \left(\frac{36.92 + 6.10}{10.83}\right)$$

$$y = 3 + 4 \text{ [s]}$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_3 = 3 \text{ [s] } \textit{Amarillo}$$

$$TR_3 = 4 \text{ [s] } \textit{Todo rojo}$$

Para la FASE 4, tendremos el siguiente intervalo de cambio de fase con la ecuación (2.3):

Para la velocidad P_{85} de aproximación es de 35 KPM transformados a 9.72 m/s, y un ancho efectivo de cruce $35.53 \text{ m} + 4.80 \text{ m}$, lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{9.72}{2(3.05)}\right) + \left(\frac{40.33 + 6.10}{9.72}\right)$$

$$y = 3 + 5 \text{ [s]}$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_4 = 3 \text{ [s] } \textit{Amarillo}$$

$$TR_4 = 5 [s] \text{ Todo rojo}$$

El tiempo perdido por fase se optimo con la siguiente ecuación (2.4):

Para la FASE 1:

$$l_1 = A_1 = 2 [s]$$

Para la FASE 2:

$$l_2 = A_2 = 3 [s]$$

Para la FASE 3:

$$l_3 = A_3 = 3 [s]$$

Para la FASE 4:

$$l_4 = A_4 = 3 [s]$$

El tiempo perdido por ciclo esta dado por la ecuación (2.5):

$$L = (2 + 3 + 3 + 3) + (5 + 4 + 4 + 5)$$

$$L = 29 [s]$$

La relación entre el flujo actual (q) a flujo de saturación (s) se obtiene con la siguiente ecuación (2.6):

Para la FASE 1:

$$y_1 = \frac{204}{1800} = 0.11$$

Para la FASE 2:

$$y_2 = \frac{241}{1800} = 0.13$$

Para la FASE 3:

$$y_3 = \frac{213}{1800} = 0.12$$

Para la FASE 4:

$$y_4 = \frac{246}{1800} = 0.14$$

El cálculo para la longitud de ciclo optimo estará dado por la ecuación (2.7)

$$C_o = \frac{1.5 (29) + 5}{1 - (0.11 + 0.13 + 0.12 + 0.14)} = 97[s]$$

Asignación de tiempos verdes tota dado por la ecuación (2.8)

$$g_T = 97 - 29 [s]$$

$$g_T = 68 [s]$$

Reparto de tiempos verdes tota dado por la ecuación (2.9), al igual que los tiempos de verdes reales para cada fase:

FASE 1

$$g_1 = \frac{0.11}{0.11 + 0.13 + 0.12 + 0.14} (68) = 15[s]$$

FASE 2

$$g_2 = \frac{0.13}{0.11 + 0.13 + 0.12 + 0.14} (68) = 18[s]$$

FASE 3

$$g_3 = \frac{0.12}{0.11 + 0.13 + 0.12 + 0.14} (68) = 16[s]$$

FASE 4

$$g_4 = \frac{0.14}{0.11 + 0.13 + 0.12 + 0.14} (68) = 19[s]$$

Finalmente, obtenemos el diagrama de tiempos para esta intersección

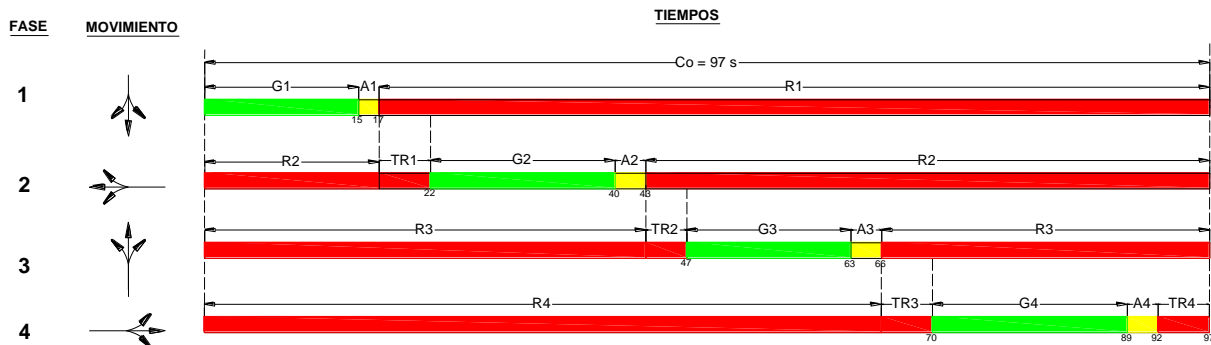


Figura 55. Diagrama de tiempos en cuatro fases

4.1.7 Intersección Calle 9 – Carrera 8



Figura 56. Ubicación intersección Cll 9 - Cr 8.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth.

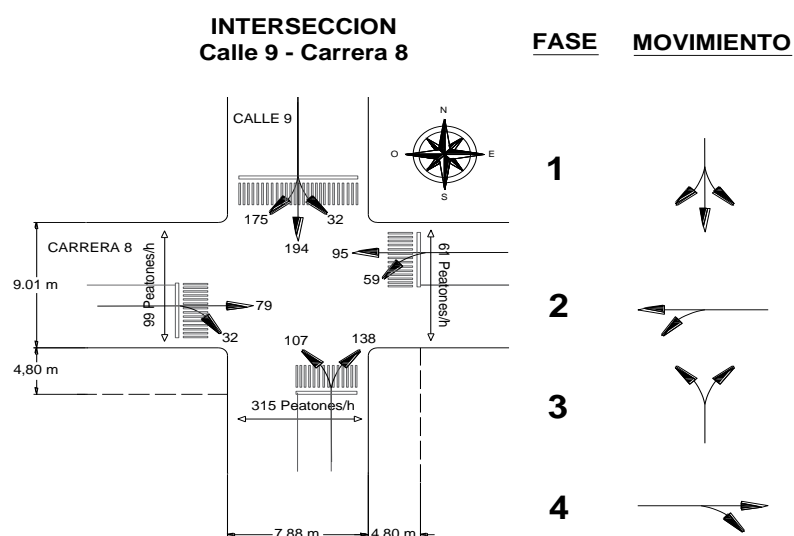


Figura 57. Volúmenes horarios máximos mixtos actuales.

Para la FASE 1, 2, 3, 4 tendremos la Conversión de los volúmenes máximos mixtos actuales en automóviles directos equivalente (ADE); el cual se realizará por medio de tablas para facilitar el procedimiento:

Tabla 19. Calculo de flujo de automoviles directos equivalentes por hora.

Fase	Acceso	Movimiento	f_{HV}	VHMD (Automoviles/h)	E_{VD} o E_{VI}	q (ADE/h)	q_T (ADE/h)
		Directo	0.93	194	-	220	
1	Norte-Sur	Izquierda	0.93	32	1.05	38	506
		Derecha	0.93	175	1.25	248	
		Directo	0.86	95	-	116	
2	Este-Oeste	Izquierda	0.86	59	1.05	76	192
		Derecha	0.86	N/A	N/A	N/A	
		Directo	0.91	N/A	N/A	N/A	
3	Sur-Norte	Izquierda	0.91	107	1.05	130	325
		Derecha	0.91	138	1.22	195	
		Directo	0.93	79	-	89	
4	Oeste-Este	Izquierda	0.93	32	1.43	52	141
		Derecha	0.93	N/A	N/A	N/A	

La Conversión de los volúmenes máximos mixtos actuales a automóviles directos equivalente (ADE) se observa en la siguiente figura:

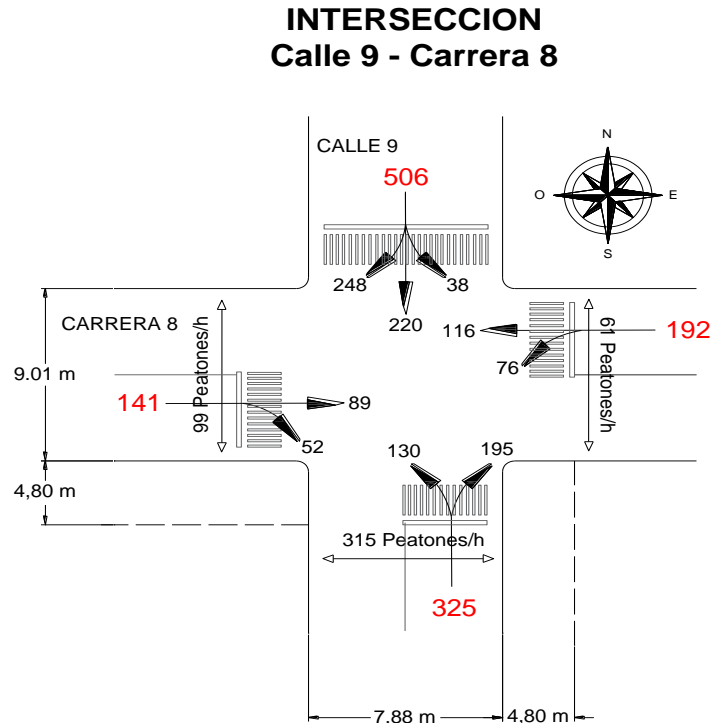


Figura 58. Automóviles directos equivalentes por hora.

Una vez obtenido los automóviles equivalentes directos, hallamos el intervalo de cambio para la FASE 1, para esto, utilizaremos la ecuación (2.3):

Para la velocidad P_{85} de aproximación es de 30 KPM transformados a 8.33 m/s, y un ancho efectivo de cruce 9.01 m + 4.80 m, lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{8.33}{2(3.05)}\right) + \left(\frac{13.81 + 6.10}{8.33}\right)$$

$$y = 2 + 2 [s]$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_1 = 2 [s] \text{ Amarillo}$$

$$TR_1 = 2 [s] \text{ Todo rojo}$$

Para la FASE 2, tendremos el siguiente intervalo de cambio de fase con la ecuación (2.3):

Para la velocidad P₈₅ de aproximación es de 33 KPM transformados a 9.16 m/s, y un ancho efectivo de cruce 7.88 m + 4.80 m, lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{9.16}{2(3.05)}\right) + \left(\frac{12.68 + 6.10}{9.16}\right)$$

$$y = 3 + 2 [s]$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_2 = 3 [s] \textit{ Amarillo}$$

$$TR_2 = 2 [s] \textit{ Todo rojo}$$

Para la FASE 3, tendremos el siguiente intervalo de cambio de fase con la ecuación (2.3):

Para la velocidad P₈₅ de aproximación es de 30 KPM transformados a 8.33 m/s, y un ancho efectivo de cruce 9.01 m + 4.80 m, lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{8.33}{2(3.05)}\right) + \left(\frac{13.81 + 6.10}{8.33}\right)$$

$$y = 2 + 2[s]$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_3 = 2 [s] \textit{ Amarillo}$$

$$TR_3 = 2 [s] \textit{ Todo rojo}$$

Para la FASE 4, tendremos el siguiente intervalo de cambio de fase con la ecuación (2.3):

Para la velocidad P₈₅ de aproximación es de 32 KPM transformados a 8.88 m/s, y un ancho efectivo de cruce 7.88 m + 4.80 m, lo que corresponde al espacio de desalojo de la intersección.

$$y = \left(1.00 + \frac{8.88}{2(3.05)}\right) + \left(\frac{12.68 + 6.10}{8.88}\right)$$

$$y = 3 + 2 [s]$$

Por lo tanto, tenemos:

$$A_4 = 3 [s] \text{ Amarillo}$$

$$TR_4 = 2 [s] \text{ Todo rojo}$$

El tiempo perdido por fase se optime con la siguiente ecuación (2.4):

Para la FASE 1:

$$l_1 = A_1 = 2 [s]$$

Para la FASE 2:

$$l_2 = A_2 = 3 [s]$$

Para la FASE 3:

$$l_3 = A_3 = 2 [s]$$

Para la FASE 4:

$$l_4 = A_4 = 3 [s]$$

El tiempo perdido por ciclo esta dado por la ecuación (2.5):

$$L = (2 + 3 + 2 + 3) + (2 + 2 + 2 + 2)$$

$$L = 18 [s]$$

La relación entre el flujo actual (q) a flujo de saturación (s) se obtiene con la siguiente ecuación (2.6):

Para la FASE 1:

$$y_1 = \frac{506}{1800} = 0.28$$

Para la FASE 2:

$$y_2 = \frac{192}{1800} = 0.11$$

Para la FASE 3:

$$y_3 = \frac{325}{1800} = 0.18$$

Para la FASE 4:

$$y_4 = \frac{141}{1800} = 0.08$$

El cálculo para la longitud de ciclo optimo estará dado por la ecuación (2.7)

$$C_o = \frac{1.5 (18) + 5}{1 - (0.28 + 0.11 + 0.18 + 0.08)} = 91.42[s]$$

Se aproxima a un valor mayor, por tanto, el ciclo a utilizar será:

$$C_o = 95[s]$$

Asignación de tiempos verdes tota dado por la ecuación (2.8)

$$g_T = 95 - 18 [s]$$

$$g_T = 77[s]$$

Reparto de tiempos verdes tota dado por la ecuación (2.9), al igual que los tiempos verdes reales para cada fase:

FASE 1

$$g_1 = \frac{0.28}{0.28 + 0.11 + 0.18 + 0.08} (77) = 33[s]$$

FASE 2

$$g_2 = \frac{0.11}{0.28 + 0.11 + 0.18 + 0.08} (77) = 13[s]$$

FASE 3

$$g_3 = \frac{0.18}{0.28 + 0.11 + 0.18 + 0.08} (77) = 21[s]$$

FASE 4

$$g_4 = \frac{0.08}{0.28 + 0.11 + 0.18 + 0.08} (77) = 10[s]$$

Finalmente, obtenemos el diagrama de tiempos para esta intersección

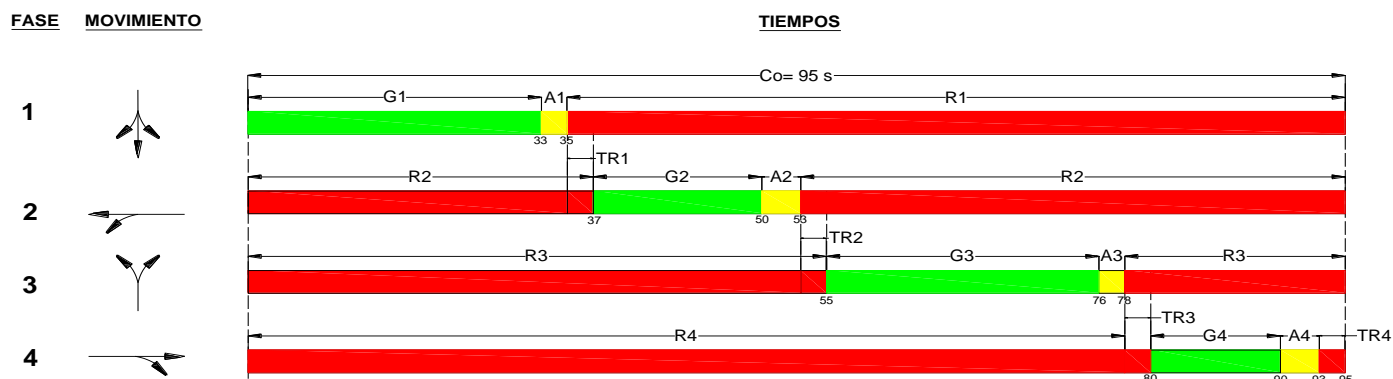


Figura 59. Diagrama de tiempos en cuatro fases.

En la tabla 14, tenemos un resumen del diseño de tiempos en las intersecciones con regulación y sin regulación obtenido en la ciudad de Pamplona:

Tabla 20. Resumen tiempos intersecciones en estudio.

Nombre de Intersección	Estado	Numero de fases	Duración del ciclo (segundos)
Calle 5 con carrera 5	Sin regulación	2	50
Calle 6 con carrera 4	Sin regulación	2	30
Calle 6 con carrera 5	Sin regulación	2	52
Calle 7 con carrera 5	Sin regulación	2	40
Calle 4 con carrera 9	Regulada	4	120
Calle 8 con carrera 8	Regulada	4	97
Calle 9 con carrera 8	Sin regulación	4	95

De acuerdo con la información recopilada, todas las intersecciones cumplen con los justificativos para su instalación, en cuanto a volumen peatonal y vehicular.

Por otra parte, y cumpliendo con la justificación en el apartado 2.2.6 (*Antecedentes acerca de accidentes*), se tiene el apoyo y colaboración de la Unidad de Tránsito y Transporte de Pamplona.

Ver Anexo H.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los estudios realizados en Sur América, exactamente en Colombia, se basan en los parámetros expuestos por libros estadounidenses. En donde estos libros, no tiene en cuenta la topografía de las intersecciones, lo cual influye en los datos y resultados analizados en las intersecciones de la Ciudad de Pamplona.

En esta investigación se encontró, que todas las intersecciones sin regulación estudiadas, presentan poca capacidad de evacuación vehicular, esto debido a que solo cuenta con un carril en funcionamiento en cada acceso, lo que provoca demoras e inconformidad en los conductores. Esto se podría evitar si la Alcaldía municipal de la ciudad de Pamplona, expidiera un decreto que prohíba la utilización del carril al margen derecho como zona de parqueo por los conductores y vendedores ambulantes.

Según análisis operacional realizado a las intersecciones reguladas con semáforos, se verifico y comprobó la hipótesis planteada al inicio, en donde, presento tiempos mayores en el intervalo de cambio de fase “amarillo + todo rojo” en todas las intersecciones, esto se debe, a las grandes longitudes de los vehículos que ingresan y desalojan las intersecciones.

Cada interseccion regulada con semáforos, arrojo como resultado ciclos demaciados cortos, como fue el caso del semáforo ubicado en la calle 4 con carrera 9 “terminal de transporte”; el cual presenta un ciclo de 90 segundos, estando por debajo de los valores máximos (120 seg). Por lo cual, se ajusto a los tiempos máximos recomendados en el apartado 4.1 (cálculo de tiempos del semáforo), aumentando su capacidad operacional a un 100 % de su efectividad.

Igualmente, al efectuar los aforos vehiculares en cada interseccion; se observa y comprueba, que los volúmenes de mayor convergencia se presentan sobre la carrera 5 con calle 5 y 7 en

horarios de 14:45 al 17:15 (*ver apartado 3.2.1 y 3.2.4*) en pleno centro de la Ciudad. Lo cual indica, que la carrera 5 forma parte de los puntos de mas transcendencia utilizado por los conductores para acceder desde el oriente hacia el occidente de la Ciudad.

La información suministrada por la Unidad de Transito y Transporte de Pamplona, sobre la serevidad y frecuencia de accidentes; demuestra, que los accidentes se presetaron en las intersecciones sin regulación por semáforo, en donde sus volúmenes peatonales superan los 400 peatonas/ h, según los datos recolectados en campo.

La instalación y operación de semáforos en el centro de la Ciudad, generan ventajas, como una movilidad ordenada, disminución de la accidentalida, emisión de gases emitidas por los vehículos; disminuye el impacto negativo entre condutores y habitantes del sector.

Se recomienda efectuar mantenimientos periódicamente a los soportes de los semáforos existentes, de acuerdo a lo indicado en el apartado 2.2.2; ya que presentan un deterioro en su pintura y demarcación horizontal y vertical.

Se recomienda que el municipio de Pamplona implemente un plan de movilidad para el centro de la ciudad, consistente en señalización y despeje de vehículos del margen derecho de la vía, y establezca zonas de paradero para buses urbanos.

Se espera que los resultados de este estudio logren ser utilizados y tenidos en cuenta, para futuros trabajos de investigación en la ciudad de Pamplona, así, como en otras ciudades importantes del país; ya que los datos recolectados y analizados, contribuyen como bases en temas de ciclos en los semáforos con pendientes bruscas e irregularidad en su geometría de las intersecciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2004). A Police on Geomtric Disign of Gighway and Streets.
- Andueza S. Pedro J. (2014). Análisis Operacional de Intersecciones Reguladas con Semáforos. Mérida-Venezuela.
- Cal y Mayor R. Rafael y Cárdenas G.J. (2010) Ingeniería de transito: Fundamentos y aplicaciones. 8 a edición. Mexico.Alfaomega.2007.
- Cárdenas G. James. (S, f). Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá: Ecoe ediciones. 2ª Edición
- Codazzi, D. I. (20 de febrero de 2009). Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Obtenido de Instituto Geográfico Agustín Codazzi: trabajo propio Demis Instituto Geográfico Agustín Codazzi - Mapa oficial de la República de Colombia U.S. Department of State - Limits in the Seas Biblioteca Luis Ángel Arango - La territorialización del Mar Caribe Armada Nacional de Colombia – Tratados.
- Instituto Nacional de Vías, Universidad del Cauca. (1996). Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para Carreteras de Dos Carriles, Popayán Segunda versión.
- J. Garber Nicholas y Lester A. Hoel. Ingenieria de tránsito y carreteras. Mexico.Thomson.2005.
- Manual de Señalización Vial. Dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia, 2015.