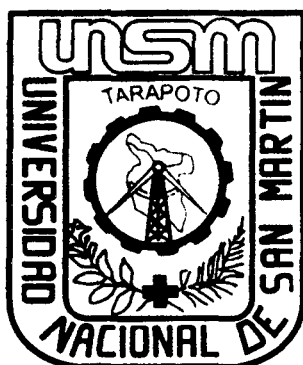


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ESTUDIO, ANÁLISIS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LOS JIRONES SALAVERRY, ORELLANA Y SHAPAJA, COMPRENDIDO ENTRE LAS INTERSECCIONES DE LOS JIRONES 1° DE MAYO Y SALAVERRY HASTA LOS JIRONES SAHAPAJA Y JIMÉNEZ PIMENTEL DE LA CIUDAD DE TARAPOTO, DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA Y REGIÓN SAN MARTÍN”**

**TESIS**

**PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**POR:**

**AUTOR: Bach.: GEAN HUAMÁN JULCA**

**ASESOR: Ing. MAXIMO ALCIBIADES VILCA COTRINA**

**TARAPOTO - PERÚ**

**2016**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN  
BIBLIOTECA  
F.I.C.A  
INGRESO

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**“ESTUDIO, ANÁLISIS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL  
CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LOS JIRONES  
SALAVERRY, ORELLANA Y SHAPAJA, COMPRENDIDO  
ENTRE LAS INTERSECCIONES DE LOS JIRONES 1° DE  
MAYO Y SALAVERRY HASTA LOS JIRONES SHAPAJA  
Y JIMENEZ PIMENTEL DE LA CIUDAD DE TARAPOTO,  
DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA Y REGIÓN SAN  
MARTÍN”**

**TESIS**

**PRESENTADO PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**POR:**

**BACH : GEAN HUAMÁN JULCA**

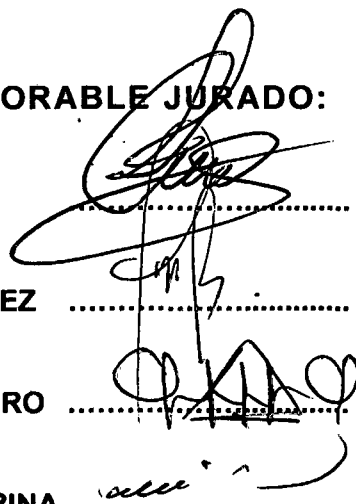
**SUSTENTADO Y APROBADA ANTE EL HONORABLE JURADO:**

**PRESIDENTE: ING. JUVENAL V. DIAZ AGIP** .....

**SECRETARIO: ING. ERNESTO ELISEO GARCÍA RAMIREZ** .....

**MIEMBRO: ING. M.Sc. RUBEN DEL ÁGUILA PANDURO** .....

**ASESOR : ING. MÁXIMO ALCIBIADES VILCA COTRINA** .....



**TARAPOTO – PERÚ**

**2016**



## DECLARACION JURADA Y NO PLAGIO

Yo, Gean Huamán Julca..... identificado con DNI 43133086.....  
domicilio en Jr. Sinchi Kola N° 232 - T..... a efecto de cumplir con las disposiciones  
igentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y  
Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, **Declaro Bajo Juramento** que  
toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo, **Declaro Bajo Juramento** que todos los datos e información que se presenta en la  
presente tesis y/o informe de Ingeniería, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad,  
ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual  
me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Nacional de San Martín  
- Tarapoto.

Tarapoto ..// de ..... marzo ..... 2016.

.....  
.....  
.....  
Firma



.....  
.....  
.....  
Huella Digital

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi familia, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

De igual forma quiero dedicar esta tesis a todas y cada una de las personas que estuvieron junto a mí a lo largo de mi vida universitaria dándome ánimos y el aliento necesario para no desfallecer en el intento.

Finalmente a los ingenieros que fueron mis maestros y fieles consejeros dándome valiosas aportaciones que hicieron posible la elaboración de esta tesis y por la gran calidad humana que me han demostrado con su amistad.

**Gean Huamán Julca.**

## AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerte a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional, y desde luego a mi familia por el apoyo incondicional durante mi vida universitaria.

De igual manera agradecer a mi patrocinador de Investigación y asesor de Tesis **Ing. Máximo Alcibiades Vilca Cotrina**, ya que gracias a su visión crítica de muchos aspectos cotidianos de la vida; por su rectitud en su profesión como docente, por sus consejos, que ayudan a formarnos como personas e investigadores.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida universitaria a las que me encantaría agradecerles por su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí y otras en mi recuerdo y en el corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mi vida, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

**El Autor**

## INDICE DE CONTENIDO.

CARATULA	
CONTRA CARATULA	
APROBACIONES DE TEXTOS	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
INDICE DE CONTENIDO	
RESUMEN	

### Contenido

1. INTRODUCCION.....	1
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Exploración Preliminar Orientada a la Investigación.....	1
1.3. Aspectos Generales de Estudio.....	2
1.3.1. Ubicación del Proyecto.....	2
1.3.2. Relieve de la Zona.....	4
1.3.3. Meteorología y Climatología.....	4
1.3.4. Vías de Acceso al Distrito de Tarapoto.....	5
1.3.5. Estudios Económicos.....	6
1.3.6. Poblaciones Beneficiadas y sus Características.....	6
2. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL.....	8
2.1. Antecedentes, Planteamiento, Delimitación y Formulación del Problema a Resolver.....	8
2.1.1. Antecedentes de la Investigación.....	8
2.1.2. Planteamiento del Problema.....	8
2.1.3. Delimitación del Problema.....	9
2.1.4. Formulación del Problema.....	9
2.2. Objetivos: General y Específicos.....	9
2.2.1. Objetivo General.....	9
2.2.2. Objetivos Específicos.....	10
2.3. Justificación de la Investigación.....	10
2.4. Delimitación de la Investigación.....	10
2.5. Marco Teórico.....	11
2.5.1. Antecedentes de la Investigación.....	11

2.5.2.	Fundamentación Teórica de la Investigación. ....	13
2.5.3.	Marco Conceptual: Definiciones de Términos Básicos.....	73
2.6.	Hipótesis. ....	75
3.	MATERIALES Y METODOS.....	76
3.1.	Materiales. ....	76
3.1.1.	Recursos Humanos. ....	76
3.1.2.	Recursos Materiales. ....	76
3.1.3.	Recursos de Equipos. ....	76
3.1.4.	Recursos informativos. ....	76
3.2.	Metodología de la Investigación:.....	76
3.2.1.	Universo y/o Muestra.....	77
3.2.2.	Sistema de Variables.....	77
3.2.3.	Tipos y Nivel de la Investigación. ....	78
3.2.4.	Diseño de Instrumentos.....	78
3.2.5.	Procesamiento de la Información. ....	78
3.2.6.	Análisis e Interpretación de Datos y Resultados. ....	79
3.2.7.	Información General del Tráfico Vehicular en la Ciudad de Tarapoto. 79	
3.2.8.	Trabajos de Campo. ....	83
4.	RESULTADOS.....	90
4.1.	Resultado de los Datos (Aforo Vehicular). ....	90
4.1.1.	Análisis de Volúmenes Vehiculares.....	90
5.	ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS. ....	101
5.1.	Propuestas.....	101
5.1.1.	Construcción de Ovalo (Rotonda). ....	101
5.1.2.	Construcción de Puente Peatonal. ....	129
5.1.3.	Considerar Zona 30 – Aplicación de Medidas de Tráfico Calmado.136	
5.2.	La simulación computarizada y la seguridad vial orientadas a mejorar las facilidades de los peatones: El software PTV VISSIM.....	143
5.2.1.	Introducción al Software. ....	143
5.2.2.	Definición.....	144
5.2.3.	Aplicación. ....	144
5.2.4.	Elementos De Entrada Del Modelo. ....	147
5.2.5.	Parámetros y consideraciones en la construcción del modelo. ..	153
5.2.6.	Creación y modelación de la red vial en el software PTV VISSIM.155	
5.2.7.	Análisis de resultados.....	160
5.3.	Verificación de la hipótesis.....	160
5.3.1.	Hipótesis.....	160
5.3.2.	Verificación de la Hipótesis.....	160



6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	162
6.1.	Conclusiones.....	162
6.2.	Recomendaciones.....	163
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	164
7.1.	Referencias bibliográficas.....	164
7.2.	Linkografía.....	165
8.	ANEXOS.....	166
8.1.	ANEXO A: PLANO DE UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	167
8.2.	ANEXO B: PLANO CLAVE.....	168
8.3.	ANEXO C: PLANO PUNTOS DE AFORO.....	169
8.4.	ANEXO D: PLANO EN PLANTA - DISEÑO DE OVALO.....	170
8.5.	ANEXO E: PLANO VISTA EN PLANTA – PUENTE PEATONAL.....	171
8.6.	ANEXO F: PLANO EN PERFIL – PUENTE PEATONAL.....	172
8.7.	ANEXO G: PLANO DE SEÑALIZACIÓN VIAL.....	173
8.8.	ANEXO H: PLANO – DETALLES DE SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA.....	174
8.9.	ANEXO I: PLANO ZONA 30 – TRAFICO CALMADO.....	175

## INDICE DE TABLAS.

Tabla N° 01:	Población del Distrito de Tarapoto.....	07
Tabla N° 02:	Población y Zona Beneficiada Directamente.....	07
Tabla N° 03:	Nivel de Servicio en Intersecciones SemafORIZADAS.....	39
Tabla N° 04:	Nivel de Servicio en Intersecciones Sin Semáforo.....	41
Tabla N° 05:	Criterio para el empleo de señal "PARE".....	58
Tabla N° 06:	Justificación de semáforo por volumen vehicular.....	59
Tabla N° 07:	Justificación de semáforo por demoras en acceso secundario.....	60
Tabla N° 08:	Normalización de las dimensiones de las señales de tránsito.....	72
Tabla N° 09:	Relación de Asociaciones y Empresas de Mototaxistas 2012-2015.....	83
Tabla N° 10:	Intersecciones y Posibles Horas Críticas de Congestionamiento Vehicular.....	84
Tabla N° 11:	Causas de los posibles congestionamientos en los Jirones Salaverry, Orellana y Shapaja.....	86
Tabla N° 12:	Factores de corrección para el cálculo de la Intensidad de saturación.....	89
Tabla N° 13:	Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Salaverry - Intersección con los jirones Rafael Díaz y Amorarca; durante las horas 06.45 – 07.45, de acuerdo al sentido de vía.....	91
Tabla N° 14:	Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Salaverry - Intersección con los jirones Rafael Díaz y Amorarca; durante las horas 12.30 – 13.30, de acuerdo al sentido de vía.....	92
Tabla N° 15:	Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Salaverry – Intersección con los jirones Rafael Díaz y Amorarca; durante las horas 18.30 – 19.30, de acuerdo al sentido de vía.....	93
Tabla N° 16:	Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Orellana - Intersección Jirón Alfonso Ugarte; durante	

	las horas 06.45 – 07.45, de acuerdo al sentido de vía	96
Tabla N° 17:	Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Orellana - Intersección Jirón Alfonso Ugarte; durante las horas 12.30 – 13.30, de acuerdo al sentido de vía	97
Tabla N° 18:	Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Alfonso Ugarte - Intersección Jirón Orellana; durante las horas 18.30 – 19.30, de acuerdo al sentido de vía	98
Tabla N° 19:	Especificaciones generales para el diseño de rotondas	104
Tabla N° 20:	Velocidad de diseño en ovalo o rotonda	120
Tabla N° 21:	Velocidades calculadas en ovalo o rotonda	122
Tabla N° 22:	Comparación de modelos computarizados orientados mayormente a los peatones	147
Tabla N° 23:	Tabla de Velocidades Asignadas en el Modelo de Microsimulación	154
Tabla N° 24:	Velocidades de los vehículos en los giros de las intersecciones de los jirones Salaverry y Orellana	154
Tabla N° 25:	Parámetros evaluados por PTV VISSIM	160

## INDICE DE GRAFICOS.

Gráfico N° 01:	Mapa Político del Perú.....	02
Gráfico N° 02:	Mapa del Departamento de San Martín.....	03
Gráfico N° 03:	Mapa de la Provincia de San Martín y Distrito de Tarapoto.....	03
Gráfico N° 04:	Ubicación Geográfica de la Zona del Proyecto.....	04
Gráfico N° 05:	Delimitación del Proyecto.....	11
Gráfico N° 06:	Representación esquemática del concepto de la congestión de tránsito.....	15
Gráfico N° 07:	Procedimiento para determinar uso de señal “PARE” o “CEDA EL PASO”.....	21
Gráfico N° 08:	Clasificación de los Vehículos por Clases.....	26
Gráfico N° 09:	Sistema de Infrarrojo.....	28
Gráfico N° 10:	Detector Neumático.....	29
Gráfico N° 11:	Detector Loop Inductivo.....	30
Gráfico N° 12:	Ejemplo del nivel de servicio A.....	33
Gráfico N° 13:	Ejemplo del nivel de servicio B.....	33
Gráfico N° 14:	Ejemplo del nivel de servicio C.....	34
Gráfico N° 15:	Ejemplo del nivel de servicio D.....	35
Gráfico N° 16:	Ejemplo del nivel de servicio E.....	35
Gráfico N° 17:	Ejemplo del nivel de servicio F.....	36
Gráfico N° 18:	Distribución típica de velocidades de automóviles, para los dos sentidos de circulación, bajo condiciones ideales de flujo continuo en carreteras de dos carriles.....	37
Gráfico N° 19:	Intersecciones en “T”.....	48
Gráfico N° 20:	Intersecciones en “T”.....	48
Gráfico N° 21:	Intersecciones en “Y”.....	49
Gráfico N° 22:	Intersecciones en CRUZ – Cruces típicos.....	49
Gráfico N° 23:	Intersecciones en CRUZ – Cruces típicos.....	50
Gráfico N° 24:	Rotondas y Minirotondas.....	50
Gráfico N° 25:	Rotondas y Minirotondas.....	51
Gráfico N° 26:	procedimiento para determinar uso de señal “PARE” o “CEDA EL PASO”.....	57
Gráfico N° 27:	intersección en “T”.....	68

Gráfico N° 28:	Espera en calzada principal.....	69
Gráfico N° 29:	Ejemplo de prioridad en una intersección.....	69
Gráfico N° 30:	Señales de peligro.....	71
Gráfico N° 31:	Señales de reglamentación.....	71
Gráfico N° 32:	Señales informativas.....	72
Gráfico N° 33:	Marcas viales en una vía de salida.....	73
Gráfico N° 34:	Punto de Aforo entre las intersecciones de los Jirones Salaverry, Amorarca y Rafael Díaz.....	81
Gráfico N° 35:	Punto de Aforo entre las intersecciones de los Jirones Salaverry, Amorarca y Rafael Díaz.....	81
Gráfico N° 36:	Punto de Aforo entre el Jirón Orellana y Jirón Alfonso Ugarte .....	82
Gráfico N° 37:	Punto de Aforo entre el Jirón Orellana y Jirón Alfonso Ugarte .....	82
Gráfico N° 38:	Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Salaverry - Intersección con los jirones Rafael Díaz y Amorarca; durante las horas 06.45 – 07.45, de acuerdo al sentido de vía.....	91
Gráfico N° 39:	Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Salaverry - Intersección con los jirones Rafael Díaz y Amorarca; durante las horas 12.30 – 13.30, de acuerdo al sentido de vía.....	92
Gráfico N° 40:	Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Salaverry - Intersección con los jirones Rafael Díaz y Amorarca; durante las horas 18.30 – 19.30, de acuerdo al sentido de vía.....	93
Gráfico N° 41:	Composición del tránsito originado en el Jirón Salaverry - Intersección con los jirones Rafael Díaz y Amorarca, durante las horas 12.30 – 13.30, de acuerdo al sentido de vía.....	94
Gráfico N° 42:	Composición del tránsito originado en el Jirón Rafael Díaz – Intersección con el Jirón Salaverry, durante las horas 12.30 – 13.30, de acuerdo al sentido de vía.....	95

Gráfico N° 43:	Composición del tránsito originado en el Jirón Amorarca - Intersección Jirón Salaverry, durante las horas 12.30 – 13.30, de acuerdo al sentido de vía.....	95
Gráfico N° 44:	Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Orellana - Intersección Jirón Alfonso Ugarte; durante las horas 06.45 – 07.45, de acuerdo al sentido de vía.....	96
Gráfico N° 45:	Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Orellana - Intersección Jirón Alfonso Ugarte; durante las horas 12.30 – 13.30, de acuerdo al sentido de vía.....	97
Gráfico N° 46:	Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Alfonso Ugarte - Intersección Jirón Orellana; durante las horas 18.30 – 19.30, de acuerdo al sentido de vía.....	98
Gráfico N° 47:	Composición del tránsito originado en el Jirón Orellana- Intersección Jirón Alfonso Ugarte, durante las horas 12.30 – 13.30, de acuerdo al sentido de vía.....	99
Gráfico N° 48:	Composición del tránsito originado en el Jirón Alfonso Ugarte- Intersección Jirón Orellana, durante las horas 12.30 – 13.30, de acuerdo al sentido de vía.....	99
Gráfico N° 49:	Rotondas normales.....	102
Gráfico N° 50:	Intersección entre los jirones Salaverry, Rafael Díaz y 1° de Mayo - Construcción de Ovalo o Rotonda.....	103
Gráfico N° 51:	Especificaciones técnicas para el diseño de rotondas.....	105
Gráfico N° 52:	Especificaciones de ángulos para el diseño de rotondas.....	105
Gráfico N° 53:	Diseño de curvatura en ovalo o rotonda.....	107
Gráfico N° 54:	Diseño de salida en ovalo o rotonda.....	108
Gráfico N° 55:	Consideraciones para el diseño de ovalo o rotonda.....	110
Gráfico N° 56:	Consideraciones técnicas para el diseño de ovalo o rotonda.....	112
Gráfico N° 57:	Especificaciones generales para el diseño de rotondas.....	113

Gráfico N° 58:	Diseño de ancho de calzada circulatoria en ovalo o rotonda	114
Gráfico N° 59:	Geometria y alineación de entrada en ovalo	115
Gráfico N° 60:	Geometria y alineación de entrada en ovalo	115
Gráfico N° 61:	Geometria y alineación de entrada en ovalo	116
Gráfico N° 62:	Geometria y alineación de entrada en ovalo	117
Gráfico N° 63:	Método de realizar un realineamiento de entrada en ovalo	118
Gráfico N° 64:	Método de realizar ramales para solución a los conflictos en ovalo	118
Gráfico N° 65:	Concideraciones para el diseño de ovalo o rotonda	119
Gráfico N° 66:	Velocidad de diseño en ovalo o rotonda	121
Gráfico N° 67:	Distancias requeridas a conciderar en diseño de un ovalo	123
Gráfico N° 68:	Distancias requeridas a conciderar en diseño de un ovalo	123
Gráfico N° 69:	Distancia visual a la intersección en el diseño de un ovalo	124
Gráfico N° 70:	Concideraciones de diseño para los peatones en ovalo	125
Gráfico N° 71:	Concideraciones de diseño para los peatones en ovalo	125
Gráfico N° 72:	Concideraciones para entradas con altas velocidades en ovalo	127
Gráfico N° 73:	Tipos de giros que se pueden realizar en ovalo o rotonda	128
Gráfico N° 74:	Construcción de puente peatonal ubicado en el jirón Salaverry – intersección con el jirón 1° de Mayo	130
Gráfico N° 75:	Construcción de puente peatonal ubicado en el jirón Orellana – intersección con el jirón prolongación Nicolás de Piérola	131
Gráfico N° 76:	Los tres objetivos son seguridad vial, calidad ambiental y cohesión social	136
Gráfico N° 77:	Área a considerar como Zona 30	137
Gráfico N° 78:	Puertas de Entrada a Vías de Zona 30	139

Gráfico N° 79:	Relación de un Vehículo, tiempo de Reacción y distancia de frenado.....	140
Gráfico N° 80:	Relación entre la velocidad de los vehículos y gravedad de los atropellos.....	140
Gráfico N° 81:	Aparcamiento en las zonas 30.....	141
Gráfico N° 82:	Mejora del entorno urbano colindante a vías de zona 30.....	142
Gráfico N° 83:	PTV VISSIM: Estado del Arte de la Simulación Multi-Modal.....	144
Gráfico N° 84:	Esquema representativo de la micro-simulación computarizada para el ingreso de vehículos a la red vial.....	146
Gráfico N° 85:	Modelos de comportamiento estratégico – Elección de ruta.....	150
Gráfico N° 86:	Detalles Técnicos del Mototaxi en animaciones en 3D.....	153
Gráfico N° 87:	Background o imagen de fondo, sobre la cual se va a cargar la red del área de estudio.....	156
Gráfico N° 88:	Background o imagen de fondo, sobre la cual se va a cargar la red del área de estudio Jirón Amorarca – Intersección con el Jirón Salaverry – Intersección con el Jirón Rafael Díaz.....	156
Gráfico N° 89:	Background o imagen de fondo, con el sentido de vía principal del Jirón Salaverry.....	157
Gráfico N° 90:	Background o imagen de fondo, áreas en conflicto en Jirón Orellana – Intersección con el Jirón Alfonso Ugarte (Demostración sin semáforo).....	157
Gráfico N° 91:	Background o imagen de fondo, sobre la cual se va a cargar la red del área de estudio Jirón Orellana – Intersección con el Jirón Alfonso Ugarte (Demostración sin semáforo).....	158
Gráfico N° 92:	Background o imagen de fondo, sobre la cual se va a cargar la red del área de estudio Jirón Orellana – Intersección con el Jirón Alfonso Ugarte (Demostración sin semáforo).....	158



Gráfico N° 93: Background o imagen donde podemos notar el caos que genera cuando falla el semáforo ubicado en Jirón Orellana – Intersección con el Jirón Alfonso Ugarte.....159

# 1. INTRODUCCION.

## 1.1. Generalidades.

La sociedad parece haber tomado conciencia de que, en general, los problemas de transporte no sólo se manifiestan en una mayor cantidad de ámbitos, sino que han adquirido mayor severidad, tanto en países industrializados como en los en desarrollo. En los últimos años el aumento de la demanda de transporte y del tránsito vial han traído como consecuencia, particularmente en las ciudades grandes, incrementos en la congestión, demoras, accidentes y problemas ambientales, bastante mayores que los considerados aceptables por los ciudadanos. El aumento explosivo de esos fenómenos se debe a la facilidad creciente de acceso a automóviles, fruto del aumento del poder adquisitivo de las clases socioeconómicas de medianos ingresos, el mayor acceso al crédito, la reducción relativa de los precios de venta, una mayor oferta por recirculación de autos usados, el crecimiento de la población, la reducción del número de habitantes por hogar y la escasa aplicación de políticas estructuradas en el área del transporte urbano.

El transporte urbano en las ciudades mayores insume alrededor de 3½% del PIB regional, fracción abultada por la incidencia de la congestión de tránsito. Al costo de la congestión en términos de pérdida de eficiencia económica, hay que sumarle sus consecuencias negativas para la sociedad

Este fenómeno afecta no sólo a los automovilistas, sino que también a los usuarios del transporte colectivo, que son personas de ingresos menores, pues aumenta sus tiempos de viaje y, quizás de mayor consideración, hace subir el valor de los pasajes. Sin entrar a plantear soluciones específicas, este documento pretende analizar qué es y cuáles son las consecuencias de la congestión, verdadero flagelo moderno de las zonas urbanas y amenaza para la calidad de vida de sus habitantes.

## 1.2. Exploración Preliminar Orientada a la Investigación.

La metodología empleada para el levantamiento de la información primaria en los jirones a intervenir fue a través de encuestas y aforos, las cuales fueron realizadas con entrevistas directas a los miembros del hogar de preferencia al jefe de familia, en el caso de ausencia se ha realizado la encuesta a una persona mayor. La información obtenida está dada a nivel cuantitativo y cualitativo.

Fue necesario también la recopilación información concerniente a las instituciones educativas, establecimientos de salud, (Página web del INEI) y de las autoridades del Distrito de Tarapoto, la misma que permitió el desarrollo del presente proyecto.

### 1.3. Aspectos Generales de Estudio.

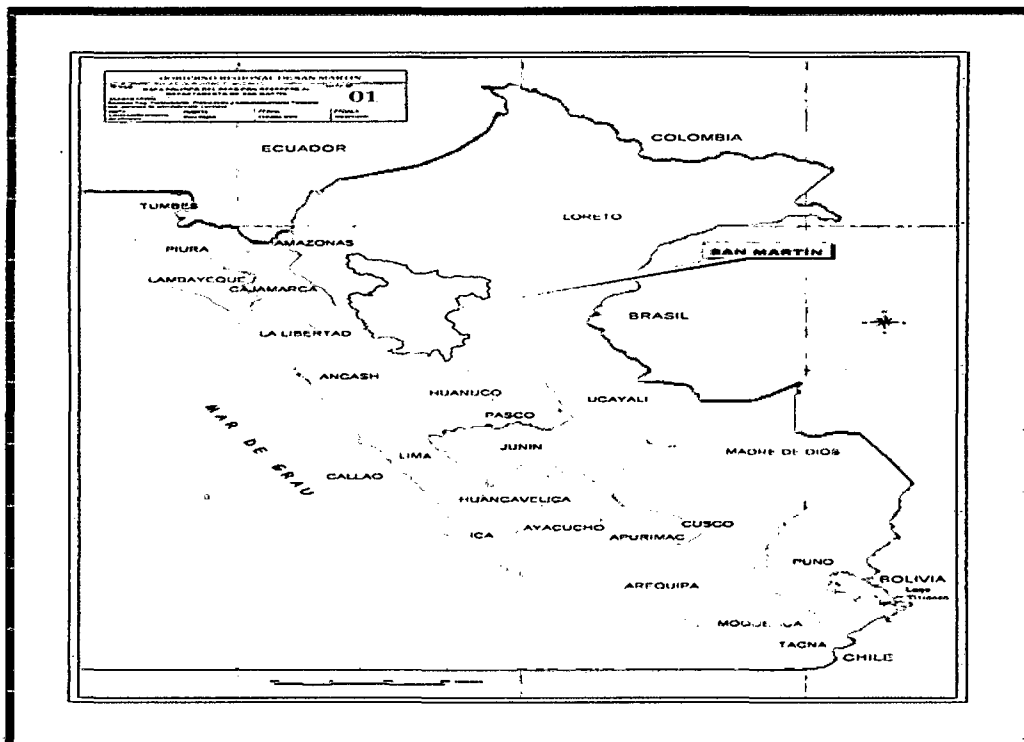
#### 1.3.1. Ubicación del Proyecto.

El tramo en materia del presente estudio tiene una longitud total de 2.39 Km. Y se desarrolla en la Provincia de San Martín, en el Distrito de Morales y Tarapoto, empezando desde los jirones Salaverry, Orellana y Shapaja, iniciando en el jirón Salaverry – intersección con los jirones 1° de Mayo y Geiden Vela hasta el jirón Shapaja – intersección con el jirón Jiménez Pimentel de la ciudad de Tarapoto.

#### Sus Límites son:

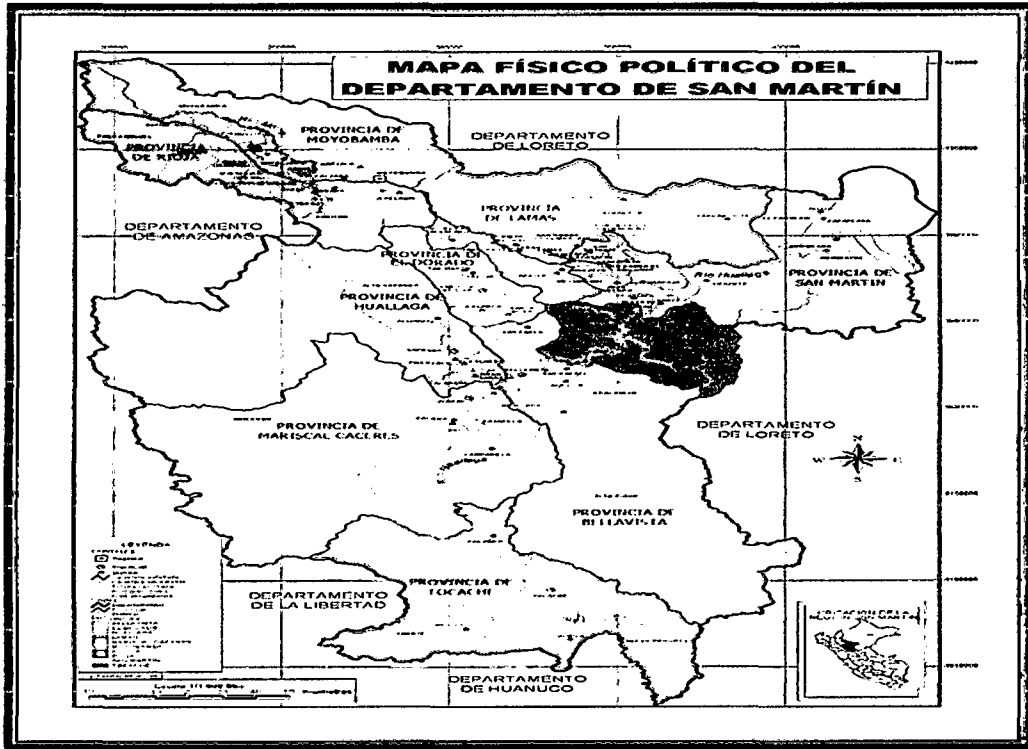
- Por el Norte : Limita con el Distrito de San Antonio de Cumbaza y Cacatachi.
- Por el Sur : Limita con el Distrito de Juan Guerra.
- Por el Este : Limita con los Distrito de la Banda de Shilcayo.
- Por el Oeste : Limita con el Distrito de Morales y Cacatachi.

Gráfico N° 01: Mapa Político del Perú.



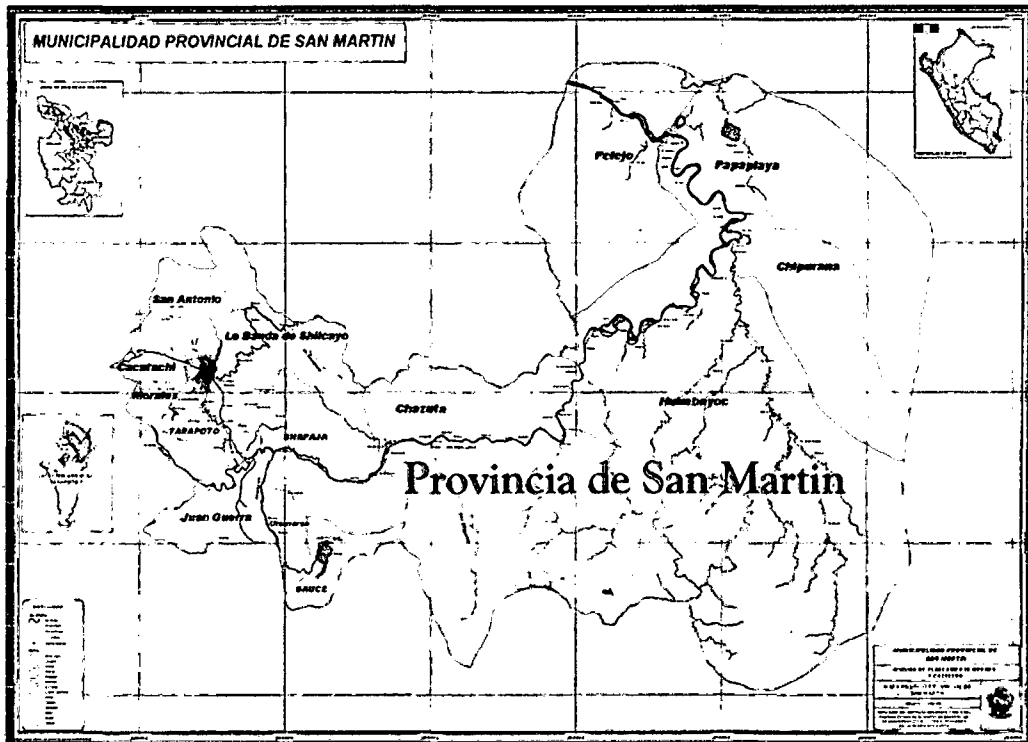
Fuente: Google mapas.

Gráfico N° 02: Mapa del Departamento de San Martín.



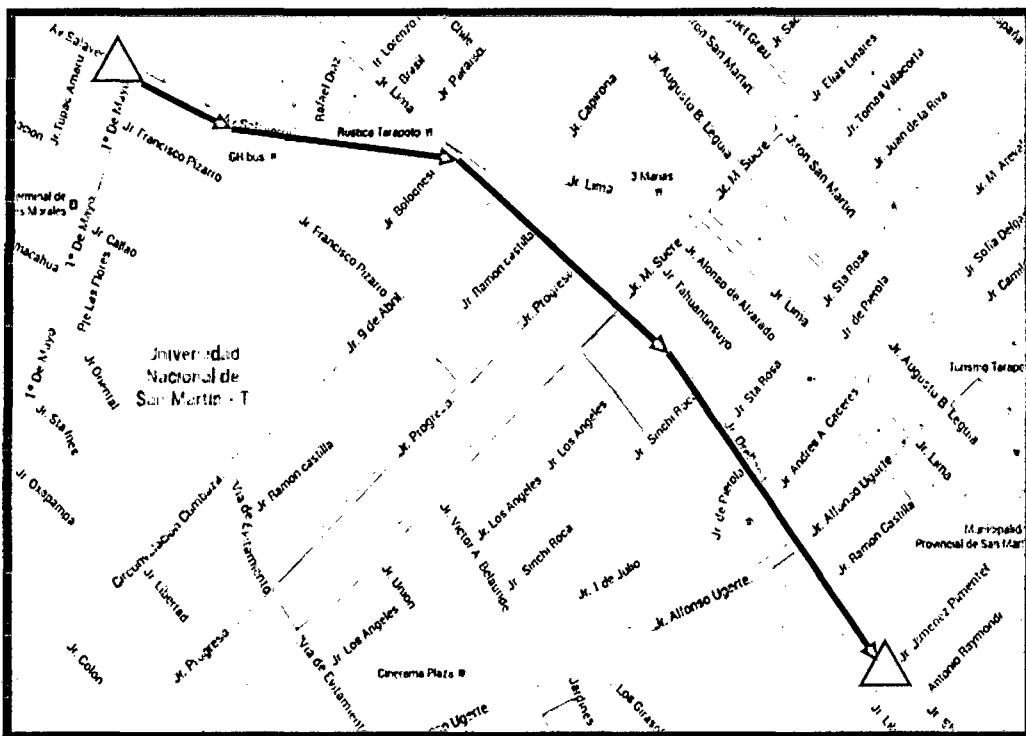
Fuente: Google mapas.

Gráfico N° 03: Mapa de la Provincia de San Martín y Distrito de Tarapoto.



Fuente: Google mapas.

**Gráfico N° 04: Ubicación Geográfica de la Zona del Proyecto.**



Fuente: Google Mapas – Adaptado.

### 1.3.2. Relieve de la Zona.

El relieve de la ciudad de Tarapoto es accidentado; entre los ríos Cumbaza y Shilcayo existe una pendiente que varía entre 2.5% y el 5%, en el sentido noroeste-sureste; en el distrito de la Banda de Shilcayo, en el sentido sureste-noreste, la pendiente varía alrededor del 7%.

El suelo es de composición limo arcilloso, con lente de conglomerados, con capacidad portante de 1 Kg. /cm<sup>2</sup>, la ciudad se encuentra en la zona "1" de una región sísmica.

### 1.3.3. Meteorología y Climatología.

#### ✓ Clima.

El clima de la ciudad de Tarapoto es semi – seco – cálido.

#### ✓ Lluvias.

La precipitación promedio anual es de 1157 mm, siendo los meses de mayores lluvias en febrero, marzo y abril.

La dirección predominante de los vientos es de norte, con una velocidad

promedio anual de 4.9 km/h.

✓ **Temperatura.**

La temperatura promedio anual de 26°C, siendo la temperatura máxima 38°C y la mínima 13.5°C; tiene una humedad relativa de 78.5%, siendo la máxima 80% y la mínima a 77%.

**1.3.4. Vías de Acceso al Distrito de Tarapoto.**

**1.3.4.1. Por Tierra.**

Tres son las principales rutas que conducen a Tarapoto.

1. Desde Lima conduce a Tarapoto, que después de recorrer 886 Km. de la carretera Panamericana Norte hasta Olmos, continúa por espacio de 604 Km. rumbo al nororiente peruano, este último tramo se hace por la carretera Mesones Muro, la cual, luego de atravesar el cuello o "abra" de Porculla, que es el más bajo de la cordillera de los Andes en el Perú con 2400 msnm, avanza por Pucaray llegando a Chamaya, en esta localidad se ingresa a la carretera marginal Central de la selva, cruzando el puente Corral Quemado sobre el río Marañón, las localidades de Bagua Grande, Pedro Ruíz y Pomacochas, con su hermosa laguna de 12 Km. de largo; atraviesa el "Abra" Pardo Miguel y permite al viajero pasar por : Venceremos, Aguas Claras, Naranjillo, las comunidades Nativas de aguarunas, Nueva Cajamarca, Rioja, Moyobamba, Tabalosos, San Miguel y otras comunidades ubicadas a la vera del río Mayo.
2. Se inicia en la ciudad de Lima, a través de 530 Km. Que conduce al viajero por las heladas alturas de Ticlio, las frías pampas de Junín y la histórica ciudad de Huánuco, llegando por último a la ciudad subtropical de Tingo María, de aquí sigue un recorrido de 478 Km. por la carretera Fernando Belaunde, pasando por los pueblos y lugares: Aucayacu, Tocache, las plantaciones de palma aceitera en Tananta, las localidades de Juanjuí, Sacache, Bellavista, Picota, Pucacaca y Buenos Aires, entre otros pintorescos lugares del valle central y luego llegar a Tarapoto, en conclusión, por esta ruta hay 1008 Km. de Lima a Tarapoto.

3. La tercera ruta, la constituye la carretera de 133 Km. Que une esta ciudad con Yurimaguas, capital de la provincia del Alto Amazonas, esta ruta da acceso al norte.

#### **1.3.4.2. Por Aire.**

El aeropuerto de Tarapoto "Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes", con una pista de 2500 metros de longitud, un nuevo y acogedor terminal de pasajeros, es el mudo testigo y, al mismo tiempo, actor principal de la intensa actividad aero-comercial de la ciudad, lo cual lo ha ubicado, como el segundo del país en movimiento de carga después del aeropuerto Jorge Chávez de Lima.

#### **1.3.5. Estudios Económicos.**

##### **1.3.5.1. Actividades Económicas de la Zona.**

Sus actividades principales son la agricultura, la ganadería y el comercio.

##### **1.3.5.1.1. Agricultura.**

Su principal actividad económica es la agricultura destacando el cultivo de café, arroz, plátano, yuca, frejol, maíz, etc.

##### **1.3.5.1.2. Ganadería.**

Es una actividad que se practica desde los primeros pobladores, se cría principalmente ganado Vacuno, Porcinos, Ovinos y en aves sobresalen las Gallinas, Patos, Pavos, etc.

##### **1.3.5.1.3. Comercio.**

Es una actividad, que se dedica la población desde tiempos remotos, como, al comercio de ropa, de ganado, pesca, ganadería, etc. Además, existen tres mercados de abastos, bodegas, comedores, restaurantes.

#### **1.3.6. Poblaciones Beneficiadas y sus Características.**

El tramo a estudiar comprende desde los Jirones Salaverry, Orellana y Shapaja, iniciando desde el jirón Salaverry – intersección con los jirones 1° de Mayo y Geiden Vela hasta el jirón Shapaja – intersección con el jirón Jiménez Pimentel

de la ciudad de Tarapoto, distrito de Morales y Tarapoto, Provincia y Región San Martín”.

### 1.3.6.1. Población Beneficiada.

La población beneficiada corresponde al distrito de Morales, Tarapoto y la Banda de Shilcayo (en la provincia de San Martín).

La calificación política, ubicación geográfica y superficie territorial del distrito del área de influencia del proyecto se presentan en el cuadro siguiente.

**Tabla N° 01:** Población del Distrito de Tarapoto.

<b>Categorías</b>	<b>Casos</b>	<b>%</b>	<b>% Acumulado</b>
Área Urbana	67, 831	99.32	99.32
Área Rural	464.00	0.68	100.00
<b>Total</b>	<b>68,295</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Fuente: INEI censo Nacional 2007 XI de población y VI de Vivienda.

**Tabla N° 02:** Población y Zona Beneficiada Directamente.

<b>Localidad Urbana</b>	<b>Población Actual (Habitantes)</b>
Distrito de Morales	22, 874
Distrito de Tarapoto	67, 831
Distrito de la Banda de Shilcayo	26,479
<b>TOTAL</b>	<b>117, 184</b>

Fuente: INEI censo Nacional 2007 XI de población y VI de Vivienda.



## 2. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL.

### 2.1. Antecedentes, Planteamiento, Delimitación y Formulación del Problema a Resolver.

#### 2.1.1. Antecedentes de la Investigación.

Para realizar este proyecto se ha revisado material bibliográfico y trabajos anteriores, que nos permite tomar nota de antecedentes y resultados, que deben considerarse para los fines más convenientes, siendo como sigue:

- ✓ Flor Ángela Cerquera Escobar<sup>1</sup>, en su trabajo de investigación "**Capacidad y Niveles de Servicio de la Infraestructura Vial**", Señala que; Técnicamente, congestión de tránsito es la situación que se crea cuando el volumen de demanda de tránsito en uno o más puntos de una vía excede el volumen máximo que puede pasar por ellos.  
También se dice que hay congestión cuando la interacción vehicular es tan intensa que impide que los usuarios de una vía puedan circular por ella cómodamente y sin demoras excesivas; pero preferimos la definición técnica por ser menos ambigua.
- ✓ Willan Fernando Camargo Triana<sup>2</sup> en esta edición "**Manual y diseño para la administración del tránsito y transporte**", en el año 2005.
- ✓ Sergio Navarro Hudiel<sup>3</sup> también ha determinado "**Apuntes de Ingeniería de Tránsito**", en el año 2010.
- ✓ Cesar Augusto Mendoza Vidal<sup>4</sup>, ha investigado en su tesis "**La congestión del tránsito urbano en Tarapoto, causas, consecuencias y alternativas de solución**", en el año 2004.

#### 2.1.2. Planteamiento del Problema.

Ante el crecimiento del parque automotor la congestión de tránsito ha ido en aumento en nuestra región, todo indica que seguirá agravándose, constituyendo un peligro cierto que se cierne sobre la calidad de vida urbana. La situación se ve agravada en la ciudad de Tarapoto debido a problemas de diseño y conservación

---

<sup>1</sup>Flor Ángela Cerquera Escobar en su trabajo de investigación "Capacidad y Niveles de Servicio de la Infraestructura Vial", Colombia, 2007, pág.10

<sup>2</sup>Willan Fernando Camargo Triana, en esta edición "Manual y diseño para la administración del tránsito y transporte", Colombia, 2005.

<sup>3</sup>Sergio Navarro Udiel, "Apuntes de ingeniería de tránsito", Nicaragua, 2010

<sup>4</sup>Cesar Augusto Mendoza Vidal, "La congestión del tránsito urbano en Tarapoto, causas, consecuencias y alternativas de solución, Informe de Ingeniería, UNSM-T.

en la vialidad de la ciudad, estilo de conducción que no respeta a los demás, defectuosa información sobre las condiciones del tránsito y gestión inapropiada de las autoridades competentes, muchas veces fragmentadas en una multiplicidad de entes. El control de la congestión forma parte de la elaboración de una visión estratégica de largo plazo del desarrollo de una ciudad, que permita compatibilizar la movilidad, el crecimiento y la competitividad, tan necesarias actualmente, con la sostenibilidad de la urbe y su calidad de vida.

### **2.1.3. Delimitación del Problema.**

- ✓ **Universo:** El campo experimental comprende un área de 2.39 km. En los Jirones Salaverry, Orellana y Shapaja, iniciando desde el jirón Salaverry – intersección con los jirones 1° de Mayo y Geiden Vela hasta el jirón Shapaja – intersección con el jirón Jiménez Pimentel de la Ciudad de Tarapoto.
- ✓ **Tiempo:** El tiempo de ejecución la cual se delimita el presente proyecto de investigación es de 6 meses en la que se considera los estudios básicos como Levantamiento Topográfico si fuese necesario, Aforos y encuestas a la población beneficiada.

### **2.1.4. Formulación del Problema.**

¿Porqué realizar el “Estudio, análisis y propuesta de solución al congestionamiento vehicular en los Jirones Salaverry, Orellana y Shapaja, iniciando desde el jirón Salaverry – intersección con los jirones 1° de Mayo y Geiden Vela hasta el jirón Shapaja – intersección con el jirón Jiménez Pimentel de la Ciudad de Tarapoto, Distrito de Morales y Tarapoto, Provincia y Región San Martín”?

## **2.2. Objetivos: General y Específicos.**

### **2.2.1. Objetivo General.**

El objetivo general del trabajo propuesto es elaborar un, "Estudio, análisis y propuesta de solución al congestionamiento vehicular en los Jirones Salaverry, Orellana y Shapaja, iniciando desde el jirón Salaverry – intersección con los jirones 1° de Mayo y Geiden Vela hasta el jirón Shapaja – intersección con el jirón Jiménez Pimentel de la ciudad de Tarapoto, distrito de Morales y Tarapoto, Provincia y Región San Martín".

### **2.2.2. Objetivos Específicos.**

- ✓ Localizar puntos críticos de control de congestión vehicular en la zona de estudio.
- ✓ Evaluar la congestión del tráfico a través del análisis de aforo vehicular en la zona de estudio.
- ✓ Definir las principales causas de congestión vehicular en los Jirones Salaverry, Orellana y Shapaja, iniciando desde el jirón Salaverry – intersección con los jirones 1° de Mayo y Geiden Vela hasta el jirón Shapaja – intersección con el jirón Jiménez Pimentel de la ciudad de Tarapoto, distrito de Morales y Tarapoto, Provincia y Región San Martín”.
- ✓ Plantear las posibles soluciones al congestiónamiento vehicular en la zona de estudio.

### **2.3. Justificación de la Investigación.**

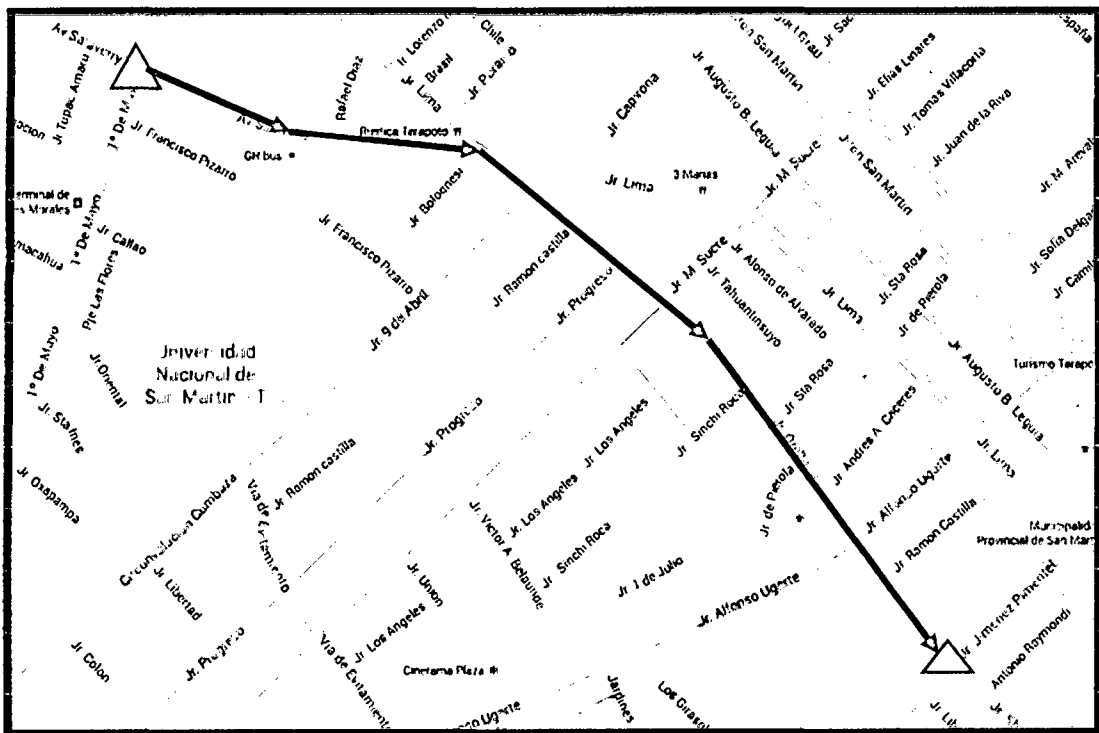
**PORQUE** en la actualidad no se cuenta con el proyecto "Estudio, análisis y propuesta de solución al congestiónamiento vehicular en los jirones Salaverry, Orellana y Shapaja, iniciando entre el jirón Salaverry, Orellana y Shapaja, iniciando desde el jirón Salaverry – intersección con los jirones 1° de Mayo y Geiden Vela hasta el jirón Shapaja – intersección con el jirón Jiménez Pimentel de la ciudad de Tarapoto, distrito de Morales y Tarapoto, Provincia y Región San Martín”.

**PARA QUE** se cuente con el proyecto "Estudio, análisis y propuesta de solución al congestiónamiento vehicular en los jirones Salaverry, Orellana y Shapaja, iniciando desde el jirón Salaverry – intersección con los jirones 1° de Mayo y Geiden Vela hasta el jirón Shapaja – intersección con el jirón Jiménez Pimentel de la ciudad de Tarapoto, distrito de Morales y Tarapoto, Provincia y Región San Martín”. Que permitirá la elaboración de un estudio técnico y así poder beneficiar a la comunidad involucrada.

### **2.4. Delimitación de la Investigación.**

El presente trabajo de investigación a desarrollarse contempla la siguiente delimitación. El área de estudio se realizara en el jirón Salaverry, Orellana y Shapaja, iniciando desde el jirón Salaverry – intersección con los jirones 1° de Mayo y Geiden Vela hasta el jirón Shapaja – intersección con el jirón Jiménez Pimentel de la Ciudad de Tarapoto.

**Gráfico N° 05: Delimitación del Proyecto.**



Fuente: Google mapas – Adaptado.

## 2.5. Marco Teórico.

### 2.5.1. Antecedentes de la Investigación.

En los últimos años, especialmente a partir de principios del decenio de 1990, el aumento de la demanda de transporte y del tránsito vial han causado, sobre todo en las ciudades grandes, mayor congestión, demoras, accidentes y problemas ambientales. La congestión de tránsito se ha transformado en un flagelo de particular severidad, que se manifiesta en los países industrializados como también en los que están en desarrollo. Afecta tanto a automovilistas como a usuarios del transporte colectivo y acarrea pérdida de eficiencia económica y otros efectos negativos para la sociedad. Preocupante es que esta expresión de los tiempos actuales se haya ido acentuando, sin tener visos de alcanzar un cierto límite, transformándose en una pesadilla que amenaza la calidad de vida urbana. Las últimas décadas han visto un aumento explosivo de la cantidad de vehículos motorizados en los países en vías de desarrollo, fruto de diversos factores, como el aumento del poder adquisitivo de las clases socioeconómicas de ingresos medios, el mayor acceso al crédito, la reducción relativa de los precios de venta y una mayor oferta de vehículos usados. La creciente disponibilidad de automóviles ha permitido una mayor movilidad individual, que sumada al crecimiento de la

población de las ciudades, la menor cantidad de habitantes por hogar y la escasa aplicación de políticas estructuradas de transporte urbano, ha potenciado la congestión. Aunque la mayor movilidad individual facilitada por el automóvil pueda considerarse positiva, tiene como contrapartida un uso más intensivo del espacio destinado a la circulación.

La consecuencia más evidente de la congestión es el incremento de los tiempos de viaje, especialmente en las horas punta, que alcanza en algunas ciudades niveles bastante superiores a los considerados aceptables. Además, la lentitud de desplazamiento exacerba los ánimos y fomenta el comportamiento agresivo de los conductores.

Otro resultado es la agudización de la contaminación ambiental. Su relación con la congestión es un aspecto que aún requiere ser estudiado en mayor profundidad, si bien existen valiosos antecedentes obtenidos en algunas ciudades de América Latina. La polución afecta la salud de todos, por lo que debiera ser mantenida por debajo de exigentes límites. Sin embargo, no sólo debe pensarse en la contaminación local, pues los vehículos emiten también gases de efecto invernadero, lo que otorga al tema una dimensión global que no puede obviarse. A lo señalado deben agregarse otros importantes efectos perjudiciales, tales como mayor cantidad de accidentes, aumento del consumo de combustibles en el transporte y, en general, de los costos operacionales de los vehículos. Agrava la situación el hecho de que la congestión perjudica no sólo a los automovilistas, sino también a los usuarios del transporte colectivo, que en los países en vías de desarrollo son personas de ingresos menores; además de magnificar sus tiempos de viaje, tiene un resultado posiblemente aún más lamentado, cual es hacer subir el valor de los pasajes.

Sin embargo, no cualquier grado de congestión es indeseable. Es preferible tolerar un cierto nivel, antes que adoptar medidas que importen un costo mayor. Mal que mal, la congestión es manifestación de actividad e intentar suprimirla por completo podría significar inversiones desproporcionadas en la red vial o perjudicar notablemente emprendimientos de variada índole.

Está claro que la congestión aguda acarrea fuertes consecuencias negativas directas, aunque otras mucho más generales y preocupantes se ciernen sobre las urbes que la sufren.

## **2.5.2. Fundamentación Teórica de la Investigación.**

### **2.5.2.1. Congestionamiento<sup>5</sup>.**

En breves palabras congestionamiento es:

- ✓ Movimiento deficiente de vehículos.
- ✓ Saturación vehicular.
- ✓ Pérdida de tiempo y velocidad.
- ✓ Pérdida económica.

Podemos medir el congestionamiento mediante la comparación de movimientos en condiciones ideales; lo podemos medir en las unidades de velocidad y retardo. El congestionamiento de una carretera o de una calle es dado comparando este camino con otro que funciona en condiciones ideales y en unidades de velocidad y tiempo de retardo. Para conocer el grado de congestionamiento de una vía, investigamos el tiempo de recorrido y tiempo de retardo. Además, analizamos la velocidad promedio de crucero.

Decimos que el tiempo total de recorrido es el tiempo que nos lleva desde el momento de iniciar la marcha hasta detener el vehículo. El tiempo de retardo será aquel tiempo invertido durante el recorrido y en el cual el vehículo no está en movimiento.

Este caso se presentaría en los semáforos; al detenerse otro vehículo enfrente del nuestro; al pasar un peatón, etc. Además, hay otros casos en que tendríamos que hacer alto, por ejemplo, al llegar a una avenida que tiene derecho de paso; por detenernos a esperar que bajen o suban los pasajeros de un autobús, etc.

---

<sup>5</sup> Ronald Cesar Gómez Johnson, "Texto del alumno. Ingeniería de Tráfico CIV - 326", Bolivia, pág. 157-158.

#### **2.5.2.1.1. Definición del Congestionamiento Según el Diccionario<sup>6</sup>.**

La palabra “congestión” es utilizada frecuentemente en el contexto del tránsito vehicular, tanto por técnicos como por los ciudadanos en general. El Diccionario de la Lengua Española (Real Academia Española, 2001) la define como “acción y efecto de congestionar o congestionarse”, en tanto que “congestionar” significa “obstruir o entorpecer el paso, la circulación o el movimiento de algo” que, en nuestro caso, es el tránsito vehicular.

Habitualmente se entiende como la condición en que existen muchos vehículos circulando y cada uno de ellos avanza lenta e irregularmente. Estas definiciones son de carácter subjetivo y no conllevan una precisión suficiente.

#### **2.5.2.1.2. Explicación Técnica.**

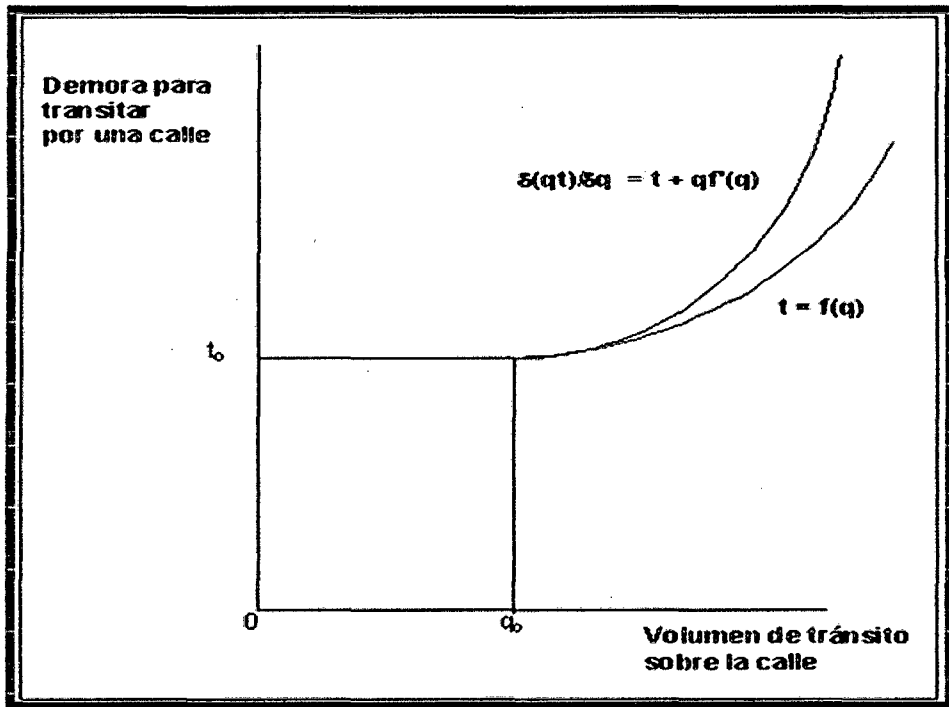
La causa fundamental de la congestión es la fricción o interferencia entre los vehículos en el flujo de tránsito. Hasta un cierto nivel de tránsito, los vehículos pueden circular a una velocidad relativamente libre, determinada por los límites de velocidad, la frecuencia de las intersecciones, y otras condicionantes. Sin embargo, a volúmenes mayores, cada vehículo adicional estorba el desplazamiento de los demás, es decir, comienza el fenómeno de la congestión. Entonces, una posible definición objetiva sería: “La congestión es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás” (Thomson y Bull, 2001).

A medida que aumenta el tránsito, se reducen cada vez más fuertemente las velocidades de circulación. Véase en gráfico N° 10, que presenta, mediante la función  $t=f(q)$ , el tiempo ( $t$ ) necesario para transitar por una calle, a diferentes volúmenes de tránsito ( $q$ ). La otra curva,  $d(qt)/dt = t + qf'(q)$ , se deriva de la anterior. La diferencia entre ambas curvas representa, para cualquier volumen de tránsito ( $q$ ), el aumento del tiempo de viaje de los demás vehículos que están circulando, a causa de la introducción del vehículo adicional.

---

<sup>6</sup> Ian Thomson y Alberto Bull Compilador, “Congestión de tránsito, el problema y como enfrentarlo”, Chile, pág. 26-28.

**Gráfico N° 06:** Representación esquemática del concepto de la congestión de tránsito.



**Fuente:** Ian Thomson, Alberto Bull. Causas, consecuencias económicas y sociales.

Puede observarse que las dos curvas coinciden hasta el nivel de tránsito  $Q_0$ ; hasta allí, el cambio en el tiempo de viaje de todos los vehículos es simplemente el tiempo empleado por el que se incorpora, porque los demás pueden seguir circulando a la misma velocidad que antes. Por el contrario, de ahí en adelante, las dos funciones divergen, estando  $d(qt)/dt$  por arriba de  $t$ . Eso significa que cada vehículo que ingresa experimenta su propia demora, pero simultáneamente aumenta la demora de todos los demás que ya están circulando. Ello tiene como consecuencia que un usuario individual percibe sólo parte de la congestión que causa, recayendo el resto en los demás vehículos que forman parte del flujo de ese momento. En el lenguaje especializado se dice que los usuarios perciben los costos medios privados, pero no los costos marginales sociales.

En estricto rigor, los usuarios tampoco tienen acabada noción de los costos medios privados, puesto que, por ejemplo, pocos automovilistas tienen una idea clara de cuánto les cuesta realizar un viaje adicional, en términos de mantenimiento, desgaste de neumáticos, etc. Por otra parte, sí perciben los costos cargados por el gobierno, que son simples transferencias del



automovilista al estado, particularmente el impuesto sobre los combustibles, todo lo cual distorsiona su forma de tomar decisiones.

Otra conclusión, que por lo demás se puede corroborar por simple observación, es que a bajos niveles de congestión, un aumento en el flujo no aumenta significativamente el tiempo de viaje, pero, a niveles mayores, el mismo aumento absoluto incrementa considerablemente las demoras totales.

De acuerdo con la definición entregada, la congestión empieza con un volumen de tránsito  $Q < Q_0$ . El problema es que en general, ello sucede a volúmenes relativamente bajos, lo cual no coincide con la interpretación popular del concepto.

#### **2.5.2.1.3. Definición Práctica en el Caso del Tránsito<sup>7</sup>.**

“Algunos textos especializados no ofrecen definiciones muy rigurosas de la congestión. Dos renombrados especialistas en el tema del modelaje de transporte consideran que *“surge la congestión en condiciones en que la demanda se acerca a la capacidad de la infraestructura transitada y el tiempo de tránsito aumenta a un valor muy superior al que rige en condiciones de baja demanda”* (Ortúzar y Willumsen, 1994). Si bien refleja la percepción de la ciudadanía, esta definición no propone límites exactos para el inicio del fenómeno.”

#### **2.5.2.1.4. Congestión en Vías Circulación<sup>8</sup>.**

##### **2.5.2.1.4.1. Congestión en Vías de Circulación Continúa.**

En estas vías los únicos regímenes estables son los de flujo libre y flujo restringido. Cuando ocurre el régimen de flujo forzado y la mayor parte de los vehículos van en pelotones, cualquier breve y pequeño aumento de la demanda o disminución del volumen máximo posible puede causar congestión, que comienza por lo que se llama un colapso de la circulación.

---

<sup>7</sup> Ian Thomson, Alberto Bull, “La congestión del tránsito urbano: Causas, consecuencias económicas y sociales”. Revista de la Cepal 76- Abril 2002, pág.3

<sup>8</sup> Tomo I, Marco conceptual, en esta edición “Manual y diseño para la administración del tránsito, transporte”, publicado en el año 2005, Colombia, pág.83-84.

Sucede en la forma siguiente: Cuando la demanda de tránsito supera a la oferta en una línea transversal del carril, de los carriles o de la calzada considerada, no pueden pasar por la línea todos los vehículos que llegan a ella. En términos macroscópicos podemos decir que hay acumulación de vehículos que posiblemente eleven de inmediato la densidad por encima de la densidad crítica corriente arriba de la línea. Entonces ocurre el colapso y se presenta el flujo congestionado en que un aumento de densidad causa una disminución del volumen posible, que a su vez hace acumular más vehículos, lo cual aumenta aún más la densidad.

#### **2.5.2.1.4.2. Congestión en vías de circulación discontinua.**

En estas vías, la congestión es distinta de la que sucede en las vías de circulación continua. En primer lugar, los cambios de velocidad y detenciones forman parte de la circulación normal allí y no causan colapso alguno. Desde ese punto de vista, su funcionamiento es más estable y previsible. En segundo lugar, la existencia de espacio para albergar vehículos detenidos sin que éstos impidan o estorben la circulación de otros es un factor importante. En tercer lugar, el papel de la regulación del tránsito, en especial por medio de semáforos, es fundamental.

#### **2.5.2.1.5. Causas del Congestionamiento<sup>9</sup>.**

La congestión del tráfico se produce cuando el volumen de tráfico o de la distribución normal del transporte genera una demanda de espacio mayor que el disponible en las carreteras y calles. Hay una serie de circunstancias específicas que causan o agravan la congestión, la mayoría de ellos reducen la capacidad de una carretera o calle en un sector determinado o durante un determinado periodo, o aumentar el número de vehículos necesarios para un determinado caudal de personas o mercancías. En muchas ciudades altamente pobladas la congestión vehicular es recurrente, y se atribuye a la gran demanda del tráfico, la mayoría del resto se atribuye a incidentes de tránsito, obras viales y eventos climáticos. La

---

<sup>9</sup> Erick López, et al, Raúl Alarcón Bermúdez, "Congestión vehicular de tránsito", Universidad cooperativa de Colombia – Villacencio Meta, Colombia, 2012.pág.2-6.

velocidad y el flujo también pueden afectar la capacidad de la red, aunque la relación es compleja. Es difícil predecir en qué condiciones un "atasco" sucede, pues puede ocurrir de repente. Se ha constatado que los incidentes (tales como accidentes o incluso un solo coche frenado en gran medida en un buen flujo anteriormente) pueden causar repercusiones (un fallo en cascada), que luego se difunde y crear un atasco de tráfico sostenido, cuando, de otro modo, el flujo normal puede haber continuado durante algún tiempo más.

#### **2.5.2.1.5.1. Efectos Negativos.**

La congestión del tráfico tiene una serie de efectos negativos:

- ✓ Pérdida del tiempo de los automovilistas y pasajeros ("coste de oportunidad"). Como una actividad no productiva para la mayoría de la gente, reduce la salud económica regional.
- ✓ Retrasos, lo cual puede resultar en la hora atrasada de llegada para el empleo, las reuniones, y la educación, lo que al final resulta en pérdida de negocio, medidas disciplinarias u otras pérdidas personales.
- ✓ Incapacidad para predecir con exactitud el tiempo de viaje, lo que lleva a los conductores la asignación de más tiempo para viajar "por si acaso", y menos tiempo en actividades productivas.
- ✓ Desperdicio de combustible, aumenta la contaminación en el aire y las emisiones de dióxido de carbono (que puede contribuir al calentamiento global), debido al aumento de ralentización, aceleración y frenado. Aumento del uso de combustibles.
- ✓ Emergencias: si se bloquea el tráfico esto podría interferir con el paso de los vehículos de emergencia para viajar a sus destinos en los que se necesitan con urgencia.

#### **2.5.2.1.5.2. Factor Humano.**

- ✓ Conducir bajo los efectos del alcohol (mayor causalidad de accidentes), medicinas y estupefacientes.
- ✓ Atravesar un semáforo en rojo, desobedecer las señales de tránsito.
- ✓ Circular por el carril contrario.

- ✓ Conducir a exceso de velocidad (produciendo vuelcos, salida del automóvil de la carretera).
- ✓ Usar inadecuadamente las luces del vehículo, especialmente en la noche.
- ✓ Condiciones no aptas de salud física y mental/emocional del conductor o del peatón.
- ✓ Inexperiencia del conductor al volante.
- ✓ Fatiga del conductor como producto de la apnea o falta de sueño.

#### **2.5.2.1.5.3. Factor Mecánico.**

- ✓ Vehículo en condiciones no adecuadas para su operación (sistemas averiados de frenos, dirección o suspensión).
- ✓ Mantenimiento inadecuado del vehículo.

#### **2.5.2.1.5.4. Factor Climatológico y Otros.**

- ✓ Niebla, humedad, derrumbes, zonas inestables, hundimientos.
- ✓ Semáforo que funciona incorrectamente.

#### **2.5.2.1.6. Métodos de Medición del Congestionamiento<sup>10</sup>.**

“Los métodos técnicos para medir la velocidad y el retardo y por consecuencia el congestionamiento de una vía, son básicamente tres:

##### **2.5.2.1.6.1. Método de observaciones a cierta altura.**

Desde un edificio o en algún punto alto, se miden los tiempos de recorrido de los vehículos en la corriente de tráfico sobre un trayecto cuya longitud se ha medido previamente. Con un cronometro se toma el tiempo que tarda cada vehículo en recorrer la longitud total. Con otro cronometro se miden los tiempos de retardo cada vez que hace alto, por cualquiera que sea la causa.

##### **2.5.2.1.6.2. Flotando en el tráfico.**

En este método el observador forma parte de la corriente de tráfico; mete su vehículo en la ruta que previamente ha fijado con un punto

---

<sup>10</sup> Ronald Cesar Gómez Johnson, Texto guía de ingeniería de tráfico, Bolivia, 2004, pág. 158.

inicial y un punto final, procurando siempre mantener los movimientos normales. Personalmente va midiendo sus tiempos totales y de retardo.

#### **2.5.2.1.6.3. Mediciones dentro de la corriente.**

En este método el observador también forma parte de la corriente de tráfico pero no se mide a sí mismo, sino que hace el recorrido varias veces y cada vez escoge al vehículo o los vehículos más cercanos a él y va observando sus tiempos totales y de retardo.

En todos estos casos es indispensable medir la longitud exacta de esa ruta, lo cual puede hacerse con el odómetro del vehículo, con cinta métrica o bien en un plano a escala. Es necesario que el número de observaciones que se hagan para cualquiera de los tres métodos, sea el más amplio posible, que nos permite sacar un promedio para conocer un término medio de las condiciones del tráfico.

Finalmente, obtendremos los tiempos de retardo en cierto tramo, los tiempos totales de recorrido en el mismo tramo y la velocidad promedio de recorrido total.

Con estos datos podemos conocer comparativamente, cuales son las calles de la ciudad que están en condiciones más críticas. También podemos comparar las calles de una ciudad con otra, conociendo alguna calle que trabaja en condiciones ideales y estableciendo la comparación con las otras que hemos medido, para saber en qué grado de congestión se encuentra.

#### **2.5.2.1.7. Demoras<sup>11</sup>.**

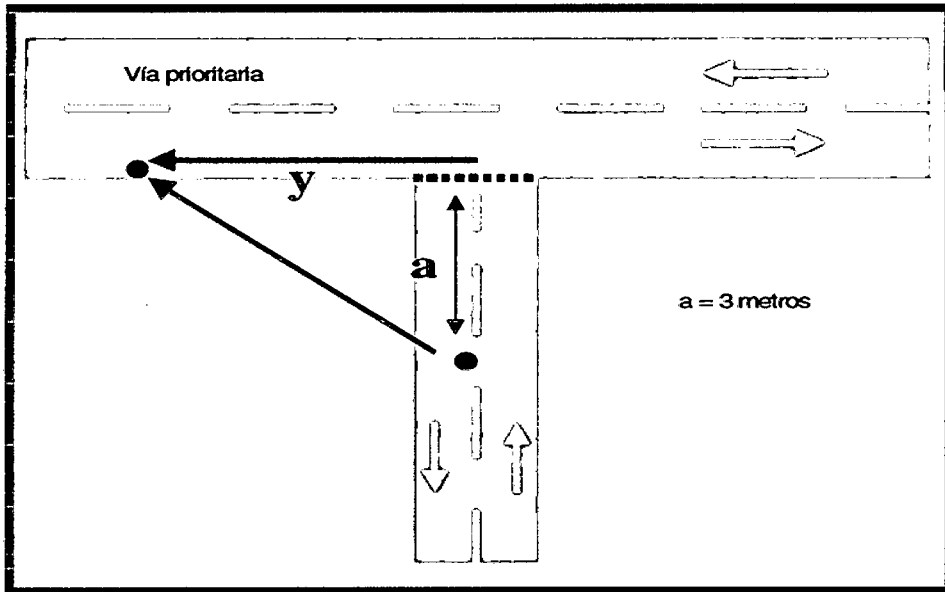
Las demoras pueden ocurrir por causa de los dispositivos para el control del tráfico o bien por el control ejercido por un policía de tránsito y los ocasionados por la misma corriente de tráfico. En el primer caso todos los tipos de semáforos, así como las señales de **"PARE"** y de **"CEDA EL PASO"** ocasionan detenciones en un viaje normal. En el segundo caso, hay interferencias con otros vehículos, o bien con peatones, que puedan

---

<sup>11</sup> Ronald Cesar Gómez Johnson, Texto guía de ingeniería de tráfico, Bolivia, 2004, pág.159-161.

resultar en demoras en el viaje normal de un vehículo; La influencia de todas estas demoras puede medirse como una Relación de Demora.

**Gráfico N° 07:** Procedimiento para determinar uso de señal "PARE" o "CEDA EL PASO".



**Fuente:** Alberto Bull Compillador. Congestión de tránsito el problema y como enfrentarlo.

Esta relación ha sido determinada por el "Comité Nacional de Transporte Urbano", como la diferencia entre la relación de movimiento observado y la relación de movimiento considerada normal para diferentes tipos de vías urbanas.

$$\text{Relación de Demora} = \text{Veloc. de recorrido} - \text{Veloc.}$$

Los valores mínimos para la relación de movimiento normal han sido dados en minutos/kilómetro.

#### 2.5.2.1.7.1. Estudio del tiempo de recorrido y demoras.

Un estudio del tiempo de recorrido determina la cantidad de tiempo requerida para partir de un punto a otro en una ruta dada. Al conducir tal estudio, se puede recoger información de las localizaciones, duraciones, y las causas de retraso. Cuando se hace esto, el estudio es conocido como "Estudio de tiempo de recorrido y demoras".

Los datos obtenidos del Estudio de tiempo de recorrido y demoras dan una buena indicación del nivel de servicio en la sección del estudio.

#### **2.5.2.1.7.2. Aplicación de los datos de tiempo de recorrido y demoras.**

Los datos obtenidos de los Estudios de tiempo de recorrido y demoras se pueden utilizar en cualquiera de las siguientes tareas de la ingeniería de tránsito:

- ✓ Determinación de la eficiencia de una ruta con respecto a su capacidad de llevar el tráfico.
- ✓ La identificación de localizaciones con demoras relativamente altas y las causas para esas demoras.
- ✓ Determinación de la eficiencia relativa de una ruta desarrollando grados de desahogo o índices de congestión.
- ✓ La recolección de los datos del tiempo del tiempo del recorrido se pueden utilizar en estudios de tendencia para evaluar los cambios en la eficiencia y el nivel de servicio con el tiempo.
- ✓ Funcionamiento de estudios económicos en la evaluación de las alternativas de las operaciones del tráfico que reducen el tiempo recorrido.

#### **2.5.2.1.7.3. Métodos para conducir estudios de tiempos recorrido y demoras<sup>12</sup>.**

Varios métodos se han utilizado para conducir los estudios de tiempo de recorrido y demoras. Estos métodos se pueden agrupar en dos categorías generales:

- ✓ Los que usan un vehículo de prueba
- ✓ Los que no requieren un vehículo de prueba

La técnica particular usada para cualquier estudio específico depende de la razón de conducir el estudio, del personal y del equipo disponible.

---

<sup>12</sup> Ronald Cesar Gómez Johnson, Texto guía de ingeniería de tráfico, Bolivia, 2004, pág.163.

### **2.5.2.2. Factores que Intervienen en el Problema del Tránsito<sup>13</sup>.**

La principal función de las vías es ofrecer servicios de sistemas de transporte vehicular, aunque a veces estos sistemas tienen que operar por arriba de su capacidad; es allí donde interviene esta problemática que trae consigo, el incremento de accidentes y de congestión. Por otra parte en la actualidad, a pesar de los avances tecnológicos y mejoras de diseños urbanos, estos problemas de tráfico siguen persistiendo; ya que pueden ser por muchas razones, entre una de ellas podemos mencionar el uso excesivo del vehículo que cada día es mayor en todo el mundo.

Cárdenas, J. (2002)<sup>14</sup>, considera cinco factores que podrían incrementar estos problemas y que deben ser tomados en cuenta en cualquier intento de solucionarlos, los cuales se mencionan a continuación:

#### **a) Diferentes tipos de vehículos en la misma vialidad.**

- ✓ Diferentes dimensiones, velocidades y características de aceleración.
- ✓ Diferentes dimensiones, velocidades y características de aceleración.
- ✓ Automóviles diversos
- ✓ Camiones y autobuses, de alta velocidad
- ✓ Camiones pesados de baja velocidad, incluyendo remolques.
- ✓ Motocicletas, bicicletas, vehículos de mano, etc.

#### **b) Superposición del tránsito motorizado en vialidades Inadecuadas.**

- ✓ Relativamente pocos cambios del trazado urbano
- ✓ Calles angostas, torcidas y de pendientes pronunciadas.
- ✓ Aceras insuficientes
- ✓ Carreteras que no han evolucionado.

#### **c) Falta de planificación en el tránsito.**

- ✓ Calles, carreteras y puentes que se siguen construyendo con especificaciones anticuadas.
- ✓ Intersecciones proyectadas sin base técnica.
- ✓ Previsión casi nula para el estacionamiento

---

<sup>13</sup> Juan Gabriel Guamán Morocho, en su estudio de tesis "ETRANLOJA: Estudio y análisis de soluciones al congestionamiento vehicular en el centro histórico de la ciudad de Loja", Ecuador, 2012.

<sup>14</sup> Cárdenas, J. (2002)



- ✓ Localización inapropiada de las zonas residenciales en relación con zonas industriales o comerciales.

**d) El automóvil no considerado como necesidad pública.**

- ✓ Falta de apreciación sobre la necesidad del vehículo dentro de la economía del transporte.
- ✓ Falta de apreciación del público a la importancia del vehículo automotor.

**e) Falta de asimilación por parte del gobierno y del usuario.**

- ✓ Legislación y reglamentos de tránsito anacrónicos que tienen más a forzar al usuario de los mismos, que adaptarse a las necesidades del usuario.
- ✓ Falta de educación vial del conductor y del peatón.

**2.5.2.3. Volúmenes de Tránsito Absolutos y Totales<sup>15</sup>.**

“El volumen de tránsito absoluto es el número total de vehículos que pasan durante un lapso de tiempo determinado. Dependiendo de la duración del lapso de tiempo determinado, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos y totales”.

**a) Tránsito anual (TA):** Es el número total de vehículos que pasan durante un año. En este caso  $T=1$  año.

**b) Tránsito mensual (TM):** Es el número total de vehículos que pasan durante un mes. En este caso,  $T= 1$  mes

**c) Tránsito semanal (TS):** Es el número total de vehículos que pasan durante una semana. En este caso,  $T= 1$  semana

**d) Tránsito diario (TD):** Es el número total de vehículos que pasa durante un día. En este caso  $T= 1$  día.

**e) Tránsito horario (TH):** Es el número total de vehículos que pasa durante 1 hora. En este caso,  $T=1$  hora.

---

<sup>15</sup> Cárdenas, J (2002).

**f) Tasa de flujo ( $q$ ):** Es el número total de vehículos que pasan durante un período inferior a una hora. En este caso,  $T < 1$  h

#### **2.5.2.4. Características Básicas del Tránsito.**

El complejo fenómeno del tráfico, destaca tres características no independientes que lo definen técnicamente y que se pueden interpretar de forma matemática.

##### **2.5.2.4.1. La intensidad de tráfico.**

Es el número de vehículos que pasa a través de una sección fija de una carretera por unidad de tiempo. El mismo que se expresa en vehículos/hora (intensidad horaria) y vehículos/día (intensidad diaria).

Esta intensidad de tráfico puede ser continuamente variable. Sin embargo, de su observación detallada a lo largo de muchos años y en las circunstancias más diversas se han deducido una serie de leyes y correlaciones que se mantienen con estabilidad notable.

**a) La composición o clases de vehículos<sup>16</sup>,** que forman la corriente de tráfico.

Plantea dos clases generales de vehículos que son:

- **Vehículos livianos,** que incluye automóviles y otros vehículos pequeños como camionetas y *pickups*, con capacidad hasta de ocho pasajeros y ruedas sencillas en el eje trasero.
- **Vehículos pesados,** como camiones, buses y combinaciones de camiones (semirremolques y remolques), de más de cuatro toneladas de peso y doble llanta en las ruedas traseras.

**b) La velocidad,** es la relación que existe entre el espacio y el tiempo que un objeto se tarda en recorrer. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, expresándose generalmente en kilómetros por hora (Km/h).

---

<sup>16</sup> Chocontá, (2004).

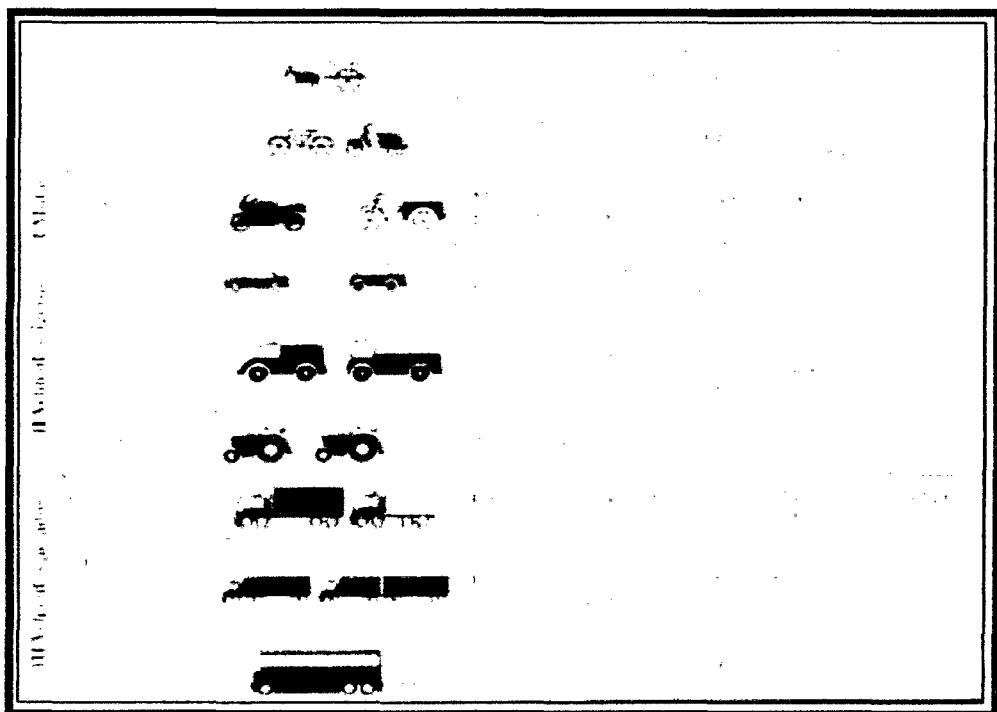
Otras características, también interesantes para definir el tráfico, son la separación entre vehículos, medida en unidades de longitud, el intervalo, en unidades de tiempo y la densidad en vehículos por unidad de longitud.

#### 2.5.2.5. Tipos de Vehículos<sup>17</sup>.

La corriente de tráfico está compuesta por vehículos de tipos muy distintos, que difieren entre sí en cuanto a dimensiones, peso y velocidad. En la mayoría de estudios de tráfico pueden distinguirse hasta 7 clases de vehículos motorizados. Los carros y bicicletas se consideran en casos especiales.

Algunas veces es conveniente distinguir mayor número de clases. (Eje. Peajes) Asimismo la clasificación más simple toma en cuenta solo tres tipos de vehículos: livianos, buses y pesados (Ver Figura). Dependiendo de cada carretera la composición de tráfico puede variar

**Gráfico N° 08:** Clasificación de los Vehículos por Clases.



Fuente: Kraemer y cols. *Ingeniería de carreteras*. 2003. Pág. 38

<sup>17</sup> Kraemer y Cols. *Ingeniería de Carreteras*. 2003. Pág. 38

### **2.5.2.6. Aforos de Tráfico<sup>18</sup>.**

Para cualquier estudio del tráfico e intento de solucionar los problemas presentados del mismo, es necesario conocer un dato básico muy importante que es el aforo vehicular o número de vehículos que pasan por una intersección o en una determinada sección vial.

Estos aforos vehiculares se los pueden realizar manualmente o por medio de aparatos especiales, como pueden ser sistemas automáticos de conteo.

#### **2.5.2.6.1. Manuales.**

Este conteo manual es un método muy fácil de realizar para obtener datos de volúmenes de tráfico a través del uso de personas conocidas como aforadores de tráfico. El mismo que es usado generalmente cuando la información deseada no puede ser obtenida mediante el uso de dispositivos mecánicos, ya que una de las ventajas de este método es que permiten distinguir entre distintos tipos de vehículos, lo que resulta un poco dificultoso con los dispositivos mecánicos.

Si se cuenta con suficiente personal y adecuadamente preparado, los aforos manuales suministran la información más completa durante períodos de tiempo cortos. Sin embargo es complicado mantener una información permanente ya que es difícil y costoso. Para realizar el conteo manual el observador anota el paso del vehículo relleno un impreso especial actuando sobre contadores manuales montados sobre bandejas. Y si la intensidad horaria es elevada, o si se requiere información simultánea son necesarios varios observadores.

Según el Msc. Ing. Douglas Mendez T. (2009), asevera que “si se superan los 2000 veh/hora, es difícil realizar conteos manuales aún con observadores entrenados, pues se requiere una atención muy concentrada”.

---

<sup>18</sup> Juan Gabriel Guamán Morocho, en su estudio de tesis “ETRANLOJA: Estudio y análisis de soluciones al congestionamiento vehicular en el centro histórico de la ciudad de Loja”, Ecuador, 2012.

### 2.5.2.6.2. Automáticos.

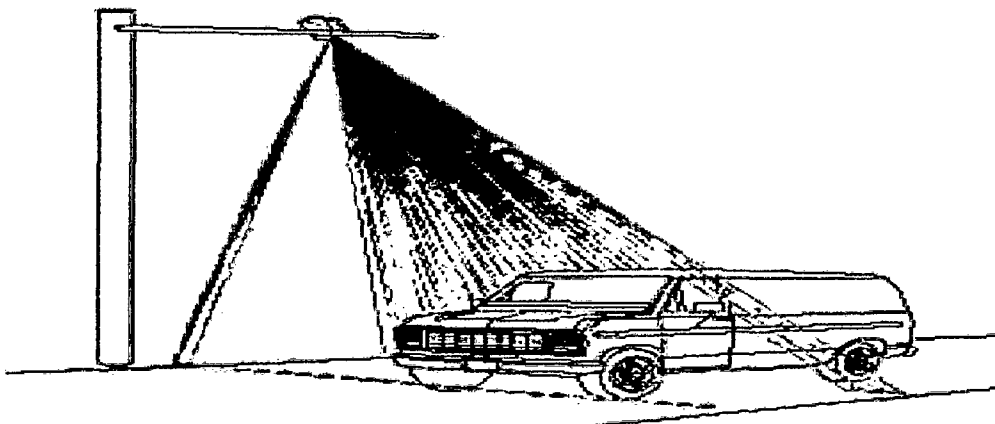
Son sistemas que totalizan los vehículos automáticamente por medio de presión, electromagnetismo, electrónicos: radar, ultrasonido o infrarrojos.

Determinados tipos de aparatos son capaces de distinguir los vehículos en función de su peso, altura o longitud, aunque son costosos no substituyen aún a los contadores neumáticos.

#### a) Sistema de Infrarrojo.

El sistema de rayos infrarrojos usa una celda de captación similar a la celda fotoeléctrica pero la cual es sensible a las radiaciones de rayos infrarrojos más que a la luz visible. Los detectores infrarrojos pueden ser activos o pasivos. Los detectores activos tienen una fuente de energía infrarroja mientras que los detectores pasivos detectan el calor radiado por el vehículo. En el sistema activo la energía infrarroja es enfocada a través de un flujo sobre la calzada y lo recoge por reflexión. Una interrupción a este flujo indica la presencia de un vehículo. De igual modo que el tipo fotoeléctrico y el tipo ultrasónico, el infrarrojo es capaz de advertir la presencia de vehículos o del movimiento en el tráfico. Las unidades de detección infrarrojas no son vulnerables ni están sujetas al deterioro por la acción normal del tráfico o de la nieve o el hielo, pero tienen un costo inicial relativamente alto.

**Gráfico N° 09:** Sistema de Infrarrojo.



**Fuente:** TGT. (n,d). Sistemas de detección vehicular mediante sensor láser infra-rojo activo.

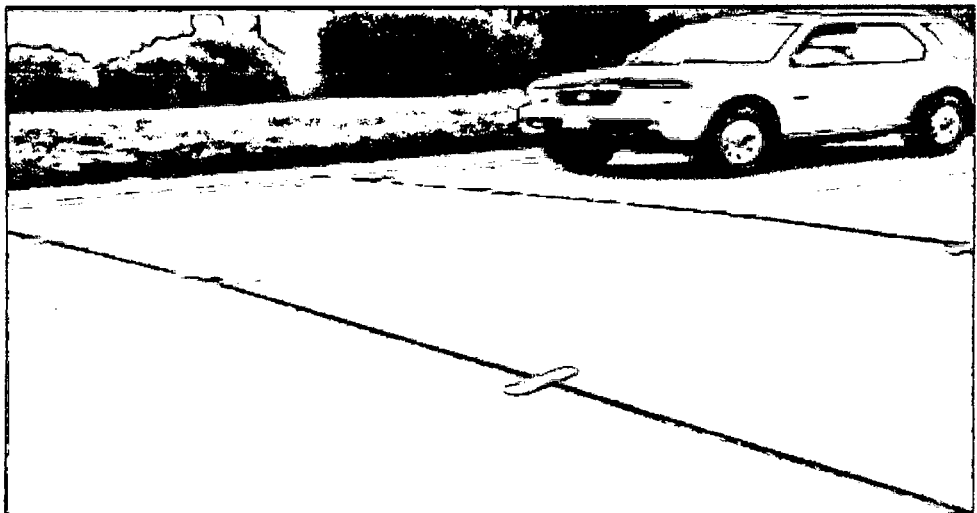
<http://www.sistemasdepesaje.com/infrarrojo.html>

### **b) Sistema de Video y Neumáticos.**

Este dispositivo consta de un tubo flexible, fijo al pavimento y formando un ángulo recto con relación a la trayectoria de los vehículos. Un extremo del tubo está cerrado y el otro extremo conectado a un interruptor que acciona bajo presión.

Al pasar las ruedas de un vehículo sobre el tubo desplazan un volumen de aire, de tal modo que crean una presión en el interruptor. Esta presión mueve los contactos del interruptor cerrando un circuito eléctrico y accionando el registrador. La aproximación de la detección de vehículos por medio de tubos neumáticos es de  $\pm 5 \%$ , dependiendo del número de camiones de tres o más ejes y del volumen de tráfico. El dispositivo tiene un bajo costo inicial y es fácil de instalar y de conservar. Es vulnerable a muchos riesgos del tráfico por ejemplo: llantas con cadenas, arados, cadenas de arrastre, frenadas de vehículos, vandalismo y robo. Una de sus mayores desventajas es la imposibilidad para detectar vehículos por carriles individuales.

**Gráfico N° 10:** Detector Neumático.



**Fuente:** TGT. (n,d). *Sistemas de control de vehículos.*

[http://www.tyssatransito.com/pag\\_242.htm](http://www.tyssatransito.com/pag_242.htm).

### c) Sistema Loop Inductivo.

“El lazo inductivo se utiliza para detectar la presencia o el paso de vehículos en diversas aplicaciones (pesaje dinámico, clasificación, vehicular, automatización de señalización, detección de velocidad, gestión y control de estacionamientos y barreras, etc.) y se puede instalar en forma temporal o en forma permanente”. (Lazos inductivos para pesaje dinámico y clasificación vehicular.

Estos lazos pueden ser preformados o contruidos en sitio pudiendo colocarse bajo la carpeta asfáltica o de concreto.

**Gráfico N° 11: Detector Loop Inductivo.**



**Fuente:** TGT. (n,d).Lazos inductivos para pesaje dinámico y clasificación vehicular.  
<http://www.sistemasdepesaje.com/lazosinductivos.html.html>.

## 2.5.2.7. Variables que Intervienen en la Evaluación del Nivel de Servicio.

### 2.5.2.7.1. Velocidad de recorrido<sup>19</sup>.

“También llamada velocidad global o de viaje, es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde principio a fin del viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla”.

En éste concepto se incluye todas aquellas demoras operacionales como: por reducciones de velocidad y paradas provocadas en la vía, es decir todos los dispositivos que sean ajenos a la voluntad del conductor.

<sup>19</sup> Cárdenas J, 2002. Pág. 205.

#### **2.5.2.7.2. Tiempos y demoras<sup>20</sup>.**

“Se denomina tiempo de recorrido al tiempo que interviene cada vehículo en desplazarse entre dos puntos fijos. Al medir el tiempo de recorrido interesa distinguir entre el tiempo que transcurre mientras el vehículo se mueve y el que se pierde con el vehículo parado.

La misma que depende de un número variables, que incluye la calidad de la progresión, el tiempo de ciclo, la tasa de verde, y la relación de volumen capacidad para el grupo de carriles.

#### **2.5.2.7.3. Columnas o Colas.**

Los vehículos que circulan por una carretera tienen, en general distintas velocidades deseadas de recorrido. Este hecho combinado con la imposibilidad de adelantar, hace que los vehículos se agrupen en colas, las cuales empiezan a dar molestias al conductor y por ende representan una parte significativa del congestionamiento vehicular.

#### **2.5.2.7.4. Semáforos<sup>21</sup>.**

“Un semáforo es un dispositivo de regulación del tráfico que asigna de forma secuencial el derecho de paso a cada movimiento o grupo de movimientos que confluyen en una intersección. Para regular una intersección se coloca al menos un semáforo en cada uno de sus accesos, en cuya cabeza aparecen tres luces (roja, ámbar y verde) que se encienden sucesivamente. En un momento determinado, en unos accesos los semáforos tendrán encendidas las luces rojas y en otras las luces verdes, de forma que se eviten los conflictos. Las luces verde y roja significan, respectivamente, autorización y prohibición de paso. Con la luz roja los vehículos deben detenerse inmediatamente antes de la línea de parada (si existe) o junto al semáforo en caso contrario. La luz ámbar advierte del cambio inminente de verde a rojo viceversa. Además los cambios de luces del semáforo son controlados por un dispositivo regulador que depende del tipo de situación de tráfico existente en la intersección”.

---

<sup>20</sup> Kraemer y Cols, 2003, Pág. 75.

<sup>21</sup> Kraemer y Cols, Ingeniería de carreteras, 2003, Pág. 376.



## **2.5.2.8. Capacidad y Nivel de Servicio<sup>22</sup>.**

### **2.5.2.8.1. Capacidad<sup>23</sup>.**

Considera la capacidad de una carretera en dos categorías:

“El flujo ininterrumpido que ocurre principalmente en carreteras rurales, donde las zonas aledañas no se han desarrollado mucho y, por tanto, la influencia de intersecciones a nivel no es muy importante. Y el flujo interrumpido es el que se presenta básicamente en las vías de las áreas urbanas”

### **2.5.2.8.2. Nivel de servicio<sup>24</sup>.**

“Es una medida cualitativa de las condiciones de circulación, que tiene en cuenta el efecto de varios factores como la velocidad y el tiempo de recorrido, la seguridad, la comodidad de conducción y los costes de funcionamiento.

El mismo que se clasifica en seis niveles de servicio que se designan, de mejor a peor, utilizando las letras mayúsculas de la “A” a la F”.

“Los estudios realizados por la Junta de Investigación Vial de los Estados Unidos fijan seis niveles, los cuales son aplicados por el Servicio Nacional de Caminos de Bolivia, dichos niveles son”<sup>25</sup>:

#### **2.5.2.8.2.1. Nivel de servicio A.**

Condiciones de flujo libre, con bajos volúmenes y altas velocidades. Hay poca o nula limitación de maniobras por la presencia de otros vehículos y puede conservarse la velocidad deseada con pocos o nulos retardos.

---

<sup>22</sup> Juan Gabriel Guamán Morocho, en su estudio de tesis “ETRANLOJA: Estudio y análisis de soluciones al congestionamiento vehicular en el centro histórico de la ciudad de Loja”, Ecuador, 2012.

<sup>23</sup> Chocontá, 2004.

<sup>24</sup> Kraemer y Cols, Ingeniería de Carreteras, 2003, Pág. 99.

<sup>25</sup> Ronald Cesar Gómez Johnson, Texto del alumno ingeniería de tráfico CIV - 326, Bolivia 2004, Pág. 176 - 181.

**Gráfico N° 12: Ejemplo del nivel de servicio A.**



**Fuente:** Ronald Cesar Gómez Johnson, Texto del alumno ingeniería de tráfico CIV – 326. Bolivia, 2004. Pág. 176.

#### **2.5.2.8.2.2. Nivel de servicio B.**

Condiciones de flujo estable en las que las velocidades empiezan a ser algo restringidas por las condiciones del tráfico. Los conductores tienen una razonable libertad para seleccionar su velocidad y su carril. El límite menor de velocidad con mayor volumen en este nivel de servicio se relaciona con los volúmenes de servicio usados en el proyecto de carreteras.

**Gráfico N° 13: Ejemplo del nivel de servicio B.**



**Fuente:** Ronald Cesar Gómez Johnson, Texto del alumno ingeniería de tráfico CIV – 326. Bolivia, 2004. Pág. 177.

#### **2.5.2.8.2.3. Nivel de servicio C.**

Corresponde aun a un flujo estable, pero las velocidades y las maniobras resultan más controladas por los mayores volúmenes. La mayor parte de los conductores ven restringidas su libertad de elegir la velocidad, cambiar de carriles o rebasar. Aun se obtiene una relativamente satisfactoria velocidad de operación, con volúmenes de servicio quizás apropiados para el proyecto de arterias urbanas.

**Gráfico N° 14:** Ejemplo del nivel de servicio C.



**Fuente:** Ronald Cesar Gómez Johnson, Texto del alumno ingeniería de tráfico CIV – 326. Bolivia, 2004. Pág. 178.

#### **2.5.2.8.2.4. Nivel de servicio D.**

Se acerca al flujo inestable, con velocidades de operación tolerables, pero que pueden ser considerablemente afectadas por los cambios en las condiciones del tráfico. Las fluctuaciones en el volumen y las restricciones temporales en el flujo pueden causar considerables reducciones en la velocidad de operación. Los conductores tienen poca libertad de maniobras, pero las condiciones son tolerables por periodos cortos.

**Gráfico N° 15: Ejemplo del nivel de servicio D.**



Fuente: Ronald Cesar Gómez Johnson, Texto del alumno ingeniería de tráfico CIV – 326. Bolivia, 2004. Pág. 178.

#### **2.5.2.8.2.5. Nivel de servicio E.**

Representa una operación a menores velocidades que en el nivel de servicio D, con volúmenes que se acercan, a la capacidad del tramo. Al llegar a esta, las velocidades, normalmente pero no siempre, son de cerca de 50 Km./h. El flujo es inestable y pueden ocurrir paradas de duración momentánea.

**Gráfico N° 16: Ejemplo del nivel de servicio E.**



Fuente: Ronald Cesar Gómez Johnson, Texto del alumno ingeniería de tráfico CIV – 326. Bolivia, 2004. Pág. 179.

#### **2.5.2.8.2.6. Nivel de servicio F.**

Se refiere a un flujo que opera forzado, a bajas velocidades, donde los volúmenes son menores que los correspondientes a la capacidad. Estas condiciones resultan de las colas de vehículos producidas por

alguna obstrucción en la corriente. Las velocidades se reducen considerablemente y pueden ocurrir paradas, cortas o largas, debido al congestionamiento. En casos extremos, la velocidad y el volumen pueden tener valor cero.

**Gráfico N° 17:** Ejemplo del nivel de servicio F.



**Fuente:** Ronald Cesar Gómez Johnson, Texto del alumno ingeniería de tráfico CIV – 326. Bolivia, 2004. Pág. 180.

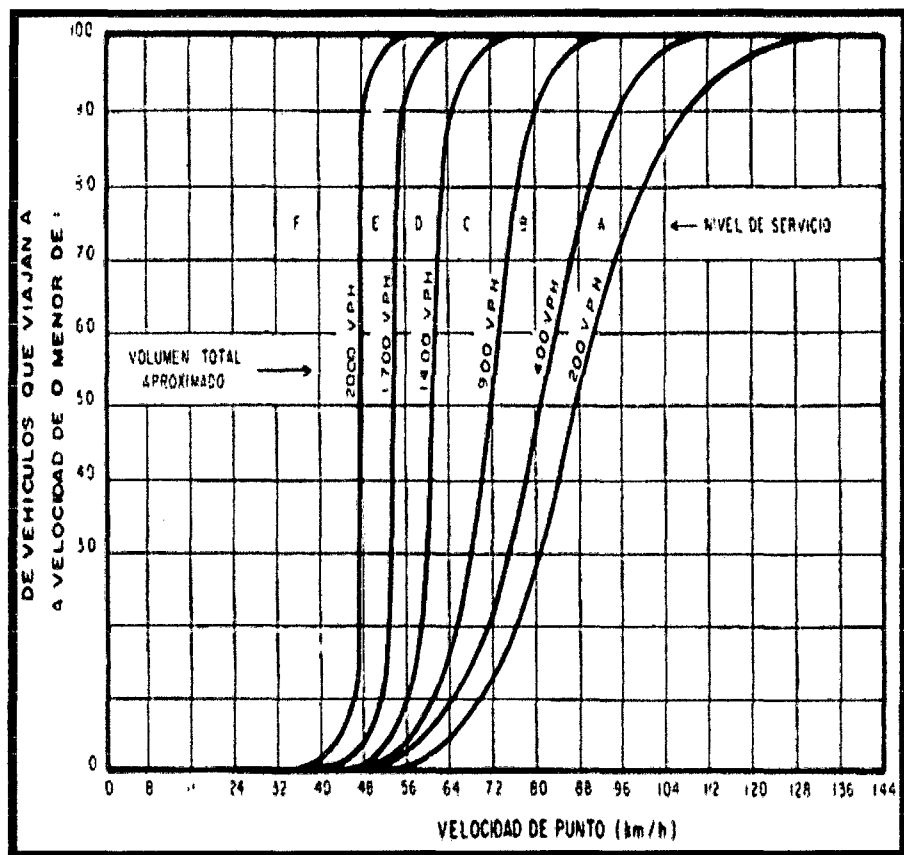
Los factores externos, siendo físicos, pueden ser medidos a la hora conveniente. En cambio, los factores internos son variables y deben ser medidos durante el periodo de mayor flujo como el *Factor de Hora máxima*. El flujo de vehículos en la hora de máxima demanda no está uniformemente distribuido en ese lapso. Para tomar eso en cuenta es conveniente determinar la proporción de flujo para un periodo máximo, dentro de la hora de máxima demanda. Usualmente se acostumbra un periodo de 15 minutos, y la relación del volumen horario a *cuatro veces el volumen de 15 minutos es llamado el "factor de hora máxima"*. Este será un factor a considerar en los cálculos de capacidad.

Tratándose de intersecciones controladas a semáforo habrá otro factor que considerar y que es el *Factor de Carga*, que constituye un concepto indispensable al analizar la operación de intersecciones.

El factor de carga es la relación entre el número de fases verdes que son utilizadas en su totalidad por el tráfico y el número total de fases verdes, en un periodo determinado. Se considera que una fase verde está "cargada" si hay vehículos entrando a la intersección durante toda la fase, sin desperdicios de tiempo. El factor de carga está íntimamente

relacionado con el nivel de servicio de la intersección. Si el nivel de servicio es alto, el factor de carga se aproxima a cero; es decir, hay pocos vehículos en cada fase verde. En cambio, si el nivel de servicio es bajo, el factor de carga se aproxima a uno; es decir, casi todas las fases verdes estarán llenas de vehículos.

**Gráfico N° 18:** Distribución típica de velocidades de automóviles, para los dos sentidos de circulación, bajo condiciones ideales de flujo continuo en carreteras de dos carriles.



Fuente: Ronald Cesar Gómez Johnson, Texto del alumno ingeniería de tráfico CIV – 326. Bolivia, 2004. Pág. 181.

### 2.5.2.8.3. Niveles de servicio en intersecciones con Semáforo<sup>26</sup>.

Concreta que “el nivel de servicio de una intersección con semáforo es definido a través de las demoras, las cuales representan para el usuario una medida del tiempo perdido del viaje, del consumo de combustible, de la incomodidad y de la frustración. Específicamente, el nivel de servicio se

<sup>26</sup> Cárdenas, J. 2002, Pág. 205.

expresa en términos de la demora media por vehículo debida a las detenciones para un periodo de análisis de 15 minutos”

**a) Nivel de servicio A.-** Operación con demoras muy bajas, menores de 10 segundos por vehículo. La mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo. Longitudes de ciclo corto puede contribuir a demoras mínimas.

**b) Nivel de servicio B.-** Operación con demoras entre 10 y 20 segundos por vehículo. Algunos vehículos empiezan a detenerse.

**c) Nivel de servicio C.-** Operación con demoras entre 20 y 35 segundos por vehículo. La progresión del tránsito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse.

**d) Nivel de servicio D.-** Operación con demoras entre 35 y 55 segundos por vehículo. Las demoras pueden deberse a la mala progresión del tránsito o llegadas en la fase roja, longitudes de ciclo amplias, o relaciones de v/c muy altas. Muchos vehículos se detienen y se hacen más notables los ciclos malogrados.

**e) Nivel de servicio E.-** Operación con demoras entre 55 y 80 segundos por vehículo. Se considera como el límite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas.

**f) Nivel de Servicio F.-** Operación con demoras a los 80 segundos por vehículo. Los flujos de llegada exceden a la capacidad de intersección, lo que ocasiona congestión y operación saturada.

**Tabla N° 03: Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforizadas.**

Nivel de servicio	Demora media (s)
A	<10
B	>10 – 20
C	>20 - 35
D	>35 – 55
E	>55 – 80
F	>80

**Fuente:** Kraemer y cols. Ingeniería de carreteras. 2003.  
Pág.129 (TBR, Manual de capacidad 2000)

#### **2.5.2.8.4. Niveles de servicio en intersecciones sin semáforo<sup>27</sup>.**

Este tipo de intersección son las más frecuentes, aquellas en que los vehículos tienen prioridad de paso y aquellas en que los vehículos deben ceder el paso a los que llegan por accesos prioritarios. En carreteras de carácter prioritario el nivel de servicio es el mismo de una carretera continua, ya que en estos parámetros los vehículos no se ven obligados a detenerse, a excepción de los que tienen que girar a la izquierda, los cuales tienen que ceder el paso a los que vienen en sentido contrario.

Para el cálculo del nivel de servicio en accesos no prioritarios se necesita emplear un método que tenga en cuenta el efecto de esta regulación de prioridad. En general los vehículos que llegan por la intersección no prioritaria sólo podrán acceder a la carretera prioritaria cuando no existe en ésta ningún vehículo a cierta distancia de la intersección. Esta distancia puede medirse por el tiempo que tardará en llegar a la intersección el vehículo prioritario:

- Si es largo, la mayor parte de los vehículos no prioritarios entrarán sin espera en la intersección
- Si es corto la mayoría de ellos esperarán a que pase el vehículo prioritario.

<sup>27</sup> Juan Gabriel Guamán Morocho, en su estudio de tesis "ETRANLOJA: Estudio y análisis de soluciones al congestionamiento vehicular en el centro histórico de la ciudad de Loja", Ecuador, 2012.



- a) **Nivel de servicio A.** Operación con demoras bajas, menores de 10.0 segundos por vehículo. Representa una circulación en flujo libre. Los usuarios considerados en forma individual están exentos de la presencia de otros vehículos. Alta libertad de selección de velocidades y maniobras dentro del tránsito. Nivel de comodidad y conveniencia excelente.
- b) **Nivel de servicio B.** Operación con demoras entre 10.0 y 15.0 segundos por vehículo. Dentro del rango de flujo estable, aunque empieza a observar que otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección y las velocidades deseadas siguen relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la velocidad de maniobra en relación con la nivel A.
- c) **Nivel de servicio C.** Operación con demoras entre 15.0 y 25.0 segundos por vehículo. Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a restringirse. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.
- d) **Nivel de servicio D.** Operación con demoras entre 25.0 y 35.0 segundos por vehículo. Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable.  
La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, el conductor o pasajero experimenta un nivel general de comodidad y de conveniencia bajo. Los pequeños incrementos de flujo generalmente ocasionan problemas.
- e) **Nivel de servicio E.** Operación con demoras entre 35.0 y 60.0 segundos por vehículo. El funcionamiento está en él, o cerca del límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es

extremadamente difícil, y se consigue forzando a un vehículo a “ceder el paso”.

- f) **Nivel de servicio F.** Operación con demoras mayores a 60.0 segundos por vehículo. Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables.

**Tabla N° 04:** Nivel de Servicio en Intersecciones Sin Semáforo.

Nivel de servicio	Demora media (s)
A	<10
B	>10 - 15
C	>15 - 25
D	>25 - 35
E	>35 - 60
F	>60

**Fuente:** Kraemer y cols. Ingeniería de carreteras.2003. Pág. 127 (TBR, Manual de capacidad 2000).

### 2.5.2.9. Control de la congestión mediante acciones sobre la oferta<sup>28</sup>.

#### 2.5.2.9.1. La oferta de transporte y la ciudad.

##### 2.5.2.9.1.1. ¿Qué es la oferta del transporte?

La oferta de transporte consiste en un conjunto de medios que permiten realizar transporte y que pueden clasificarse del siguiente modo:

- ✓ La infraestructura: las vías destinadas a la circulación
- ✓ Los medios de transporte: los vehículos, y
- ✓ La forma en que ambos son gestionados

La oferta de transporte urbana suele calificarse por su capacidad, entendida ésta como la cantidad de personas que pueden trasladarse en un determinado período de tiempo. Desde un punto de vista

<sup>28</sup> Alberto Bull Compilador, Congestión de tránsito el problema y como enfrentarlos”, Chile, 2003.

exclusivo de la infraestructura, la capacidad suele medirse como la cantidad de vehículos que puede circular por un sitio determinado en un cierto período de tiempo; este parámetro tiene significación cuando se trata de analizar la congestión; sin embargo, no debe perderse de vista que lo que realmente interesa en una ciudad es permitir el traslado adecuado de las personas que lo requieran.

**a). La infraestructura vial.**

Las formas más simples de infraestructura vial son los nodos y los arcos. Los nodos o intersecciones son puntos en que se cruzan dos o más vías, por lo que el espacio vial es compartido por ellas; en las intersecciones los vehículos pueden cambiarse a una ruta diferente. Por su parte, los arcos son tramos de vías entre intersecciones y, en general, presentan cierta uniformidad en su ancho; no es posible cambiar de ruta para los vehículos que operan en él, pudiendo sólo salir o incorporarse a la vía hacia o desde los predios vecinos.

Una sucesión de arcos e intersecciones configura lo que se denomina eje vial o simplemente, vía o calle. Las vías se entrecruzan formando una auténtica malla. Por ello, lo que sucede en una calle puede repercutir en otras, especialmente en situaciones de congestión. De ahí que en el lenguaje técnico suele hablarse de “**redes viales**”, como el conjunto de arcos y nodos conexos que constituyen un sistema. La operación del tránsito lo pone de manifiesto, surgiendo un conjunto de impactos encadenados y difundidos territorialmente. Una red vial debe ser tratada como tal, lo que muchas veces obliga a ampliar las áreas de análisis para un adecuado planteamiento de medidas de mejoramiento de la operación del transporte.

**b). Los medios de transporte.**

Una extensa variedad de vehículos utiliza las calles y avenidas de la ciudad, desde automóviles hasta buses de gran tamaño, pasando por vehículos colectivos, de servicio y de carga de los más variados portes. Esta amplia gama de móviles presta el servicio de transporte de personas y cosas, aunque sus modalidades y calidad de servicio son

diferentes. Un asunto importante en relación con la congestión es el uso que cada tipo de vehículo hace del espacio disponible para la circulación, debiendo constatar que los que llevan más pasajeros son los más eficientes en este sentido, aunque no por ello tengan la primacía en otros aspectos como velocidad de desplazamiento o comodidad.

**c). La gestión del sistema de transporte.**

La red vial y los vehículos deben considerarse en conjunto, ya que con la misma infraestructura y los mismos tipos de vehículos pueden lograrse capacidades de transporte muy distintas. En otras palabras, la gestión del sistema puede hacer una gran diferencia. No es lo mismo que las calles tengan uno o dos sentidos de tránsito, que en todas las intersecciones se pueda virar en cualquier dirección, que los semáforos estén bien sincronizados o no, ni que la ocupación media de los vehículos sea mayor o menor o que los buses tengan o no ciertas preferencias de circulación. En realidad, es la interacción entre la infraestructura, los vehículos y la gestión de transporte la que contribuye a configurar la capacidad u oferta de transporte.

**2.5.2.9.1.2. Suele requerirse ampliar la oferta de transporte.**

A partir de una determinada situación, la elevada concentración de actividades en zonas urbanas y el uso intenso del espacio público, en especial por los vehículos de transporte, producen desajustes entre los volúmenes de éstos y la capacidad de las vías, que se traducen en congestión vehicular, deterioro de los servicios para los viajeros y, además, una menor calidad de vida para los ciudadanos en general.

A medida que aparece la congestión, una opción para combatirla es aumentar la oferta de transporte. Las acciones sobre las vías y los vehículos, y la forma de operarlos, son medidas en el ámbito de la oferta. *Mejorar cualquier componente de la oferta permite obtener beneficios por menor congestión.*

En primera instancia, suele considerarse la ampliación de capacidad de la red vial como forma de desahogo de la acumulación de vehículos. Tradicionalmente, en torno de la infraestructura se han concentrado los

mayores esfuerzos técnicos para atenuar o eliminar la congestión y muchas de las medidas que se plantean tienen como objetivo mejorar las intersecciones o las vías. Grandes y costosas obras, como el ensanche o construcción de vías de características generosas o la erección de pasos a desnivel, cuentan con favoritismo a la hora de buscar soluciones, aunque muchas veces no representan un aporte duradero. En todo caso, no deberían menospreciarse múltiples pequeñas intervenciones, porque encierran en sí un gran potencial de beneficios que se obtendrían mediante diseños adecuados, como la rectificación de cruces o el mejoramiento de la señalización.

También es posible actuar sobre el tamaño de los vehículos o la forma en que se aprovecha su capacidad, con miras a un uso más eficiente del espacio vial, de donde surgen iniciativas como buses de gran capacidad en avenidas de mucha afluencia de pasajeros, taxis colectivos, autos compartidos y otras.

El tercer componente de la oferta es el de la gestión, que brinda un sinnúmero de opciones cada vez más amplias, debido al desarrollo de modernas tecnologías. Excelentes aportes para enfrentar la congestión se derivan, por ejemplo, del ajuste conjunto de los ciclos de los semáforos, de esquemas de prioridad para buses, de un manejo flexible de los sentidos de circulación, y de sistemas eficientes de información a los usuarios.

No es difícil comprender que los tres componentes de la oferta están estrechamente ligados entre sí. Las medidas sobre ellos pueden y deben complementarse para proveer mayores capacidades y atenuar la congestión en el corto plazo, siendo clave la elección de paquetes adecuados.

#### **2.5.2.9.1.3. La ciudad para habitarla y para moverse.**

Las medidas sobre la oferta están destinadas a mejorar la movilidad y las posibilidades de desplazamiento en la ciudad. Sin embargo, por importante que ellas sean, hay otros valores urbanos esenciales que salvaguardar, como son la habitabilidad y calidad de vida. De ahí la

importancia de considerar en todos los casos el impacto urbano asociado a cada medida, pues los cambios en la forma y uso de la vialidad se extienden a áreas colindantes en una magnitud que depende de la relevancia de las intervenciones y los usos de suelo involucrados. Uno de los aspectos más afectados por un manejo inadecuado de la oferta, en respuesta a la congestión, es la pérdida de espacio y protagonismo de los peatones y la segregación de áreas y barrios. Las incursiones en el diseño físico de la vialidad han reducido veredas y áreas verdes, limitando las posibilidades de caminar y recrearse de residentes, niños y adultos. En otras ocasiones han creado barreras virtualmente infranqueables al acceso local, lo que se traduce en definitiva en menor calidad de vida.

No es fácil compatibilizar movilidad y habitabilidad. Una forma de abordarlo es la especialización de las funciones de las vías; por una parte, favorecer los desplazamientos en aquellas vías asociadas básicamente a la movilidad y, por otra, recuperar el carácter vecinal de las que proveen acceso a los lugares donde se generan o concluyen los viajes.

Todas las vías urbanas existentes podrían situarse en algún punto del espectro sugerido.

Algunas rutas se pueden destinar a unir puntos de origen y destino distantes, con escasos o nulos accesos intermedios a predios ubicados en sus márgenes, aunque siempre proveyendo soluciones para la interconectividad entre las zonas adyacentes; este tipo de vías no parecen apropiadas para las zonas céntricas, pues inhiben a los peatones y pueden contaminar acústicamente el entorno. Otras vías deben privilegiar el acceso a la propiedad local, al punto de hacerlas complicadas para el paso de un punto a otro de la ciudad. Por último, en otro grupo de calles y avenidas sólo habría preeminencia, pero no exclusividad, de las funciones de movilidad o acceso.

La clasificación de las vías y la definición de los correspondientes criterios de diseño y operación de ellas permiten establecer un orden que procure equilibrar esas dos funciones primordiales de la vida urbana: la habitabilidad y la movilidad.

### **2.5.2.9.2. Acciones sobre las intersecciones.**

Las intersecciones son puntos en que se cruzan dos o más vías. Normalmente, son las intersecciones las que definen la capacidad de las vías, ya que por constituir puntos comunes a dos o más de ellas, deben dar paso alternado a movimientos conflictivos, lo que significa una disponibilidad menor de tiempo que en los tramos rectos o arcos. De ahí que las intersecciones se congestionen primero y, en definitiva, pasen a ser cuellos de botella o restricciones operacionales para el conjunto. Por ello, las intervenciones sobre las intersecciones tienen un gran potencial de beneficios para la fluidez del tránsito.

#### **2.5.2.9.2.1. Tipos de intersecciones.**

Hay numerosas formas de intersecciones, las más frecuentes de las cuales se muestran a continuación (MIDEPLAN, 1998a):

##### **a). Intersecciones en «T» o «Y».**

Conformadas por tres ramas; en los gráficos **19**, **20** y **21** se muestran algunos ejemplos de este tipo de intersección, todas ellas con islas y canalizaciones.

##### **b). Intersecciones en cruz o «cruces».**

Conformadas por cuatro ramas que semejan una cruz. En los gráficos **22** y **23** se muestran casos típicos de esta clase de intersección.

##### **c). Intersecciones múltiples.**

Compuestas por más de cuatro ramas, constituyen el caso más difícil de tratar; por lo general, es preferible suprimir una de las ramas, empalmándola con otra fuera de la intersección, si ello es posible.

##### **d). Rotondas.**

Este tipo de solución consiste en empalmar las ramas sobre un anillo circular, elíptico o similar, por el que los vehículos giran hasta llegar a la rama de salida; para esto, pueden tener que trenzarse en uno o más puntos con los flujos provenientes de otros ingresos y destinados a otras salidas (gráficos **24** y **25**). No deben emplearse semáforos y la

preferencia corresponde al que viene por el anillo (por la izquierda de quien ingresa) (MIDEPLAN, 1998a).

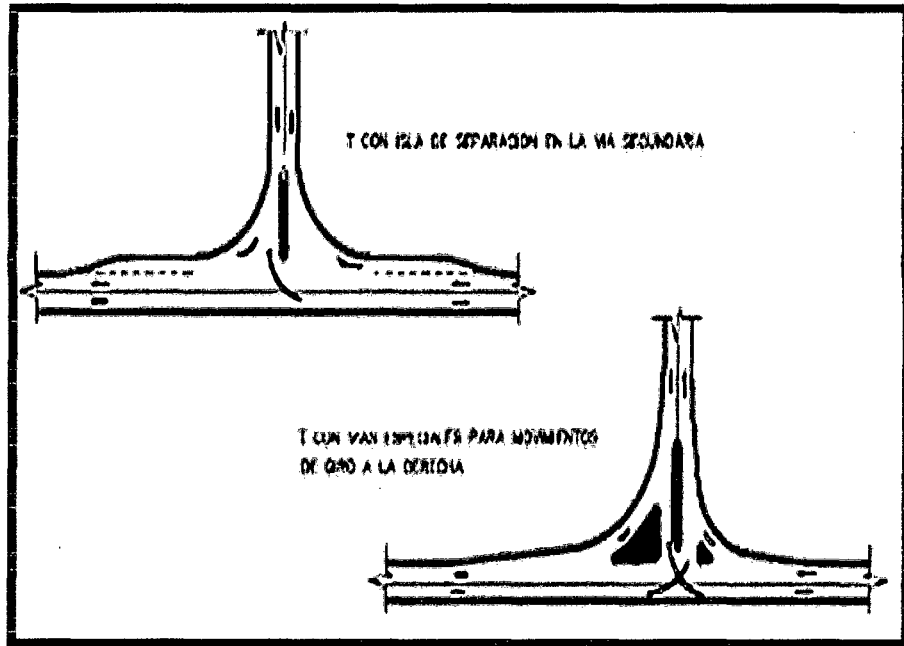
Un caso particular de este tipo de solución es la minirotonda, caracterizada por una reducción considerable del tamaño de la isla central, cuyo diámetro puede llegar a ser menor que cinco metros. Los gráficos 24 y 25 muestra una experiencia británica, donde una minirotonda aumenta considerablemente su capacidad al reducirse su isla y demarcarse sus accesos.

La rotonda es una solución de compromiso que puede ofrecer algunas ventajas si se dan simultáneamente parte importante de las siguientes condiciones (MIDEPLAN, 1998a):

- ✓ intersecciones de cinco o más ramales y con volúmenes aproximadamente iguales en todos ellos;
- ✓ giros relativamente importantes, que llegan a superar los movimientos que continúan recto;
- ✓ áreas disponibles extensas, horizontales y baratas;
- ✓ poco movimiento de peatones, y
- ✓ distancia suficiente entre cada par de ramales consecutivos, para permitir el trenzado de flujos. La capacidad de la rotonda queda determinada por el más crítico de sus segmentos.

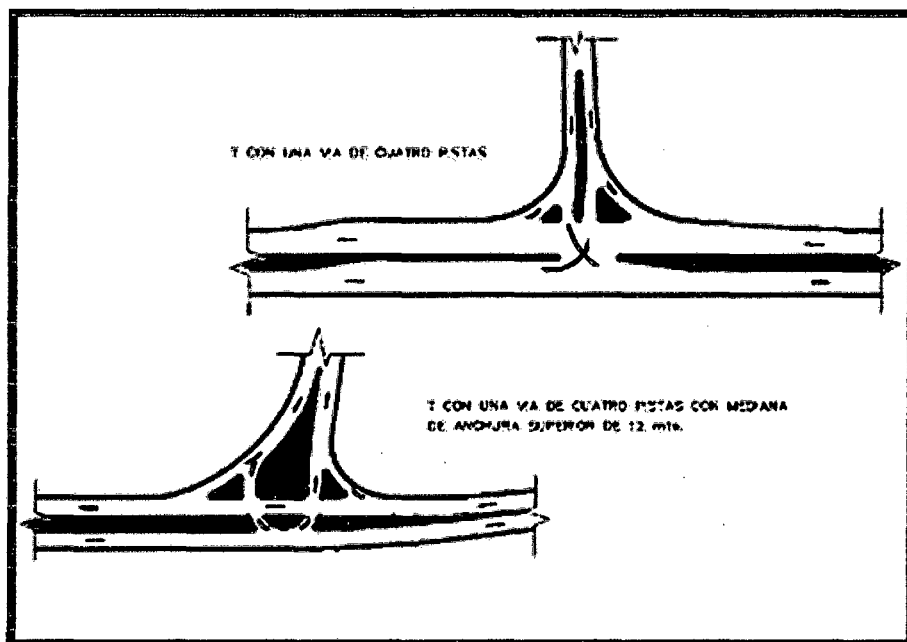


**Gráfico N° 19: Intersecciones en "T".**



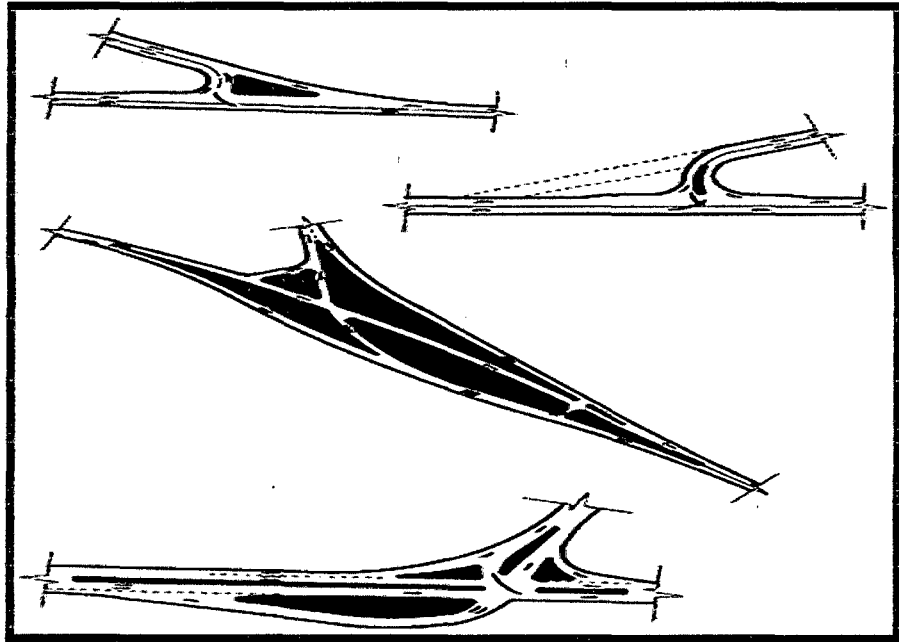
**Fuente:** Ministerio de planificación y cooperación, recomendaciones para el diseño del espacio vial urbana, Santiago de Chile, 1998.

**Gráfico N° 20: Intersecciones en "T".**



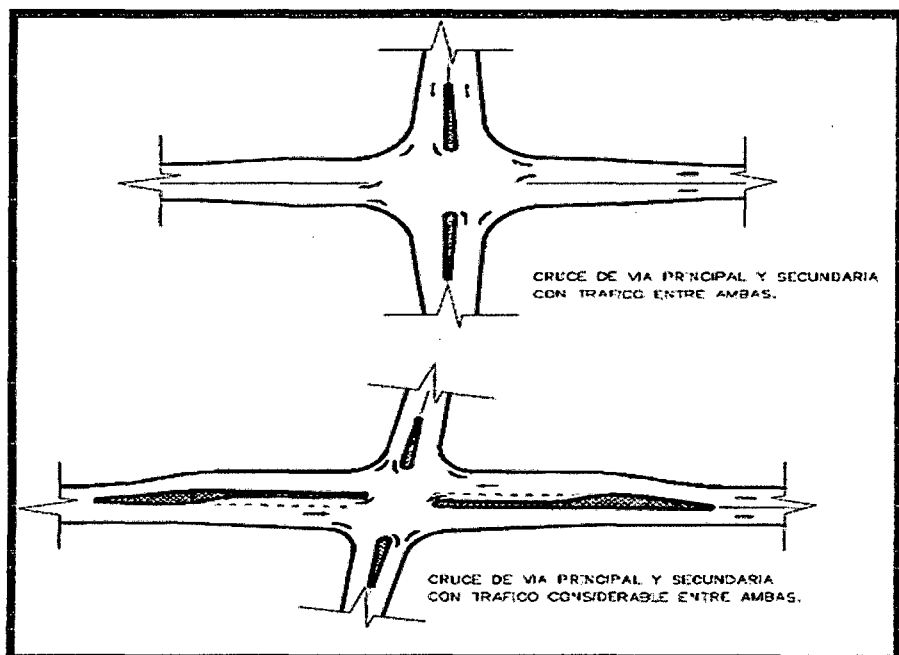
**Fuente:** Ministerio de planificación y cooperación, recomendaciones para el diseño del espacio vial urbana, Santiago de Chile, 1998.

**Gráfico N° 21:** Intersecciones en "Y".



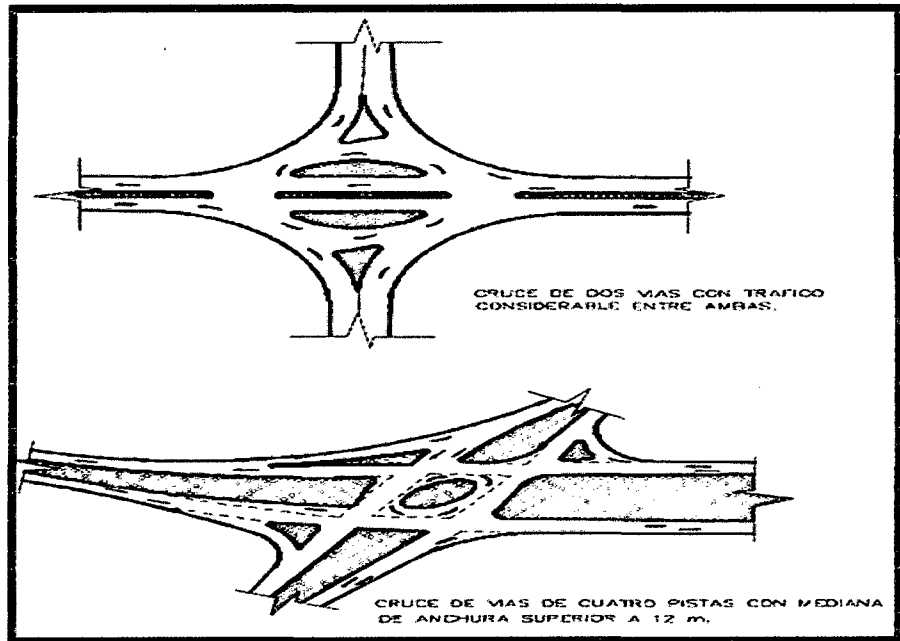
**Fuente:** Ministerio de planificación y cooperación, recomendaciones para el diseño del espacio vial urbana, Santiago de Chile, 1998.

**Gráfico N° 22:** Intersecciones en CRUZ – Cruces típicos.



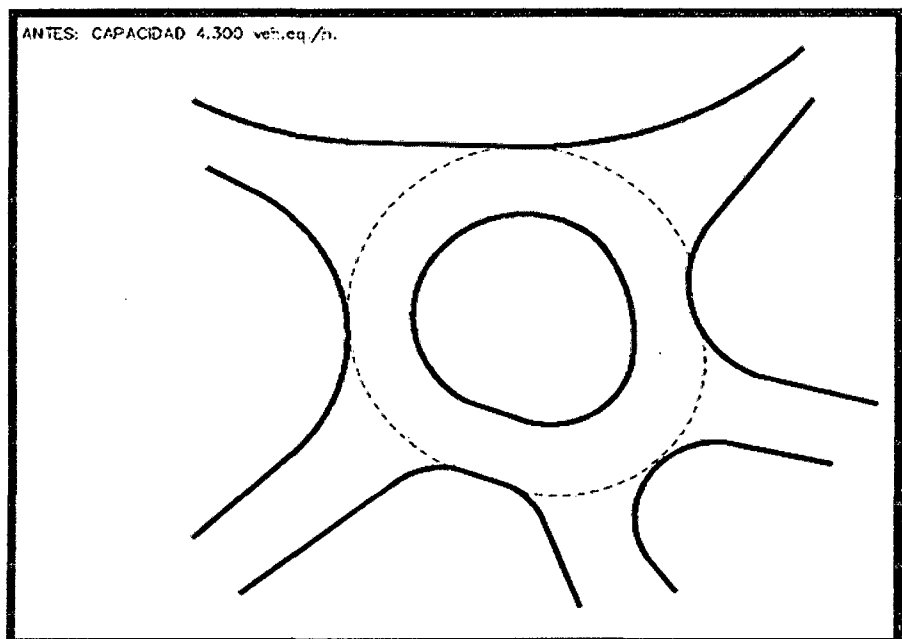
**Fuente:** Ministerio de planificación y cooperación, recomendaciones para el diseño del espacio vial urbana, Santiago de Chile, 1998.

**Gráfico N° 23: Intersecciones en CRUZ – Cruces típicos.**



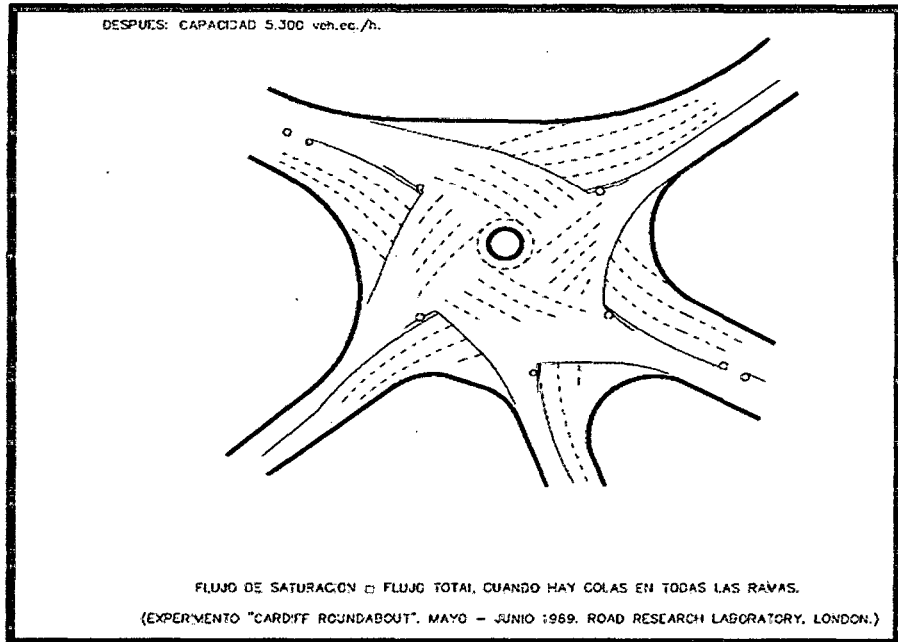
**Fuente:** Ministerio de planificación y cooperación, recomendaciones para el diseño del espacio vial urbana, Santiago de Chile, 1998.

**Gráfico N° 24: Rotondas y Minirotondas.**



**Fuente:** Ministerio de planificación y cooperación, recomendaciones para el diseño del espacio vial urbana, Santiago de Chile, 1998.

**Gráfico N° 25: Rotondas y Minirotondas.**



**Fuente:** Ministerio de planificación y cooperación, recomendaciones para el diseño del espacio vial urbana, Santiago de Chile, 1998.

#### **2.5.2.9.2.2. Diseño de intersecciones.**

Por tratarse de sitios de potencial congestionamiento, las intersecciones deben ser cuidadosamente diseñadas. En general, en áreas urbanas el criterio dominante para tratar las intersecciones será aumentar su capacidad, ya que es normal que éstas alcancen el nivel de saturación en algunos períodos de operación. Este esfuerzo demanda involucrar aspectos físicos y operacionales, que deben ser abordados de manera simultánea.

##### **a). Principios básicos de diseño.**

Al efectuar cualquier diseño, deben tenerse en cuenta los siguientes criterios fundamentales (MIDEPLAN, 1998a):

##### **✓ Preferencia de los movimientos principales.**

Los movimientos más importantes deben tener preferencia sobre los secundarios, permitiendo la continuidad operacional de la vía de mayor jerarquía. Esto obliga a limitar los movimientos secundarios con señales adecuadas, generar restricciones de ancho, introducir curvas de radio

pequeño e incluso eliminar totalmente movimientos muy poco importantes.

✓ **Reducción de áreas de conflicto.**

Es usual que las grandes superficies pavimentadas operen como «tierra de nadie» y que los movimientos de peatones y vehículos sean por ello, desordenados. Esto genera confusión en los conductores, lo que aumenta los accidentes y disminuye la capacidad de la intersección. Estas grandes áreas son características de las intersecciones oblicuas y una de las causas de que no sean recomendables.

✓ **Perpendicularidad de las trayectorias que convergen en la intersección.**

Es deseable que las intersecciones ocurran en ángulo recto, ya que en ese caso las áreas de conflicto son mínimas. Además, disminuyen la gravedad de los posibles accidentes y facilitan las maniobras, puesto que permiten a los conductores visualizar en condiciones más favorables las posiciones relativas de los demás. Este principio es de menor interés en las intersecciones con semáforos.

✓ **Separación de puntos de conflicto.**

Mediante una canalización adecuada de los movimientos deben separarse los puntos de conflicto en una intersección, con lo que los conductores no necesitan fijarse simultáneamente en varios vehículos. En las intersecciones reguladas por semáforos puede convenir, en ciertos casos, concentrar algunos puntos de conflicto, ya que la separación en el tiempo sustituye a la separación en el espacio.

✓ **Separación de movimientos.**

Cuando el flujo de un determinado movimiento es importante y siempre que sea posible, se le deberá dotar de una vía propia de sentido único, completándola con una vía de aceleración o desaceleración si fuera necesario. Las isletas que se dispongan con este objeto, son además imprescindibles en muchos casos para la colocación de señales.

✓ **Control de velocidad.**

También mediante la canalización puede controlarse la velocidad del tránsito que entra en una intersección, disponiendo curvas de radio adecuado o estrechamientos que, además de reducir la velocidad, evitan adelantamientos en áreas de conflicto.

✓ **Control de los puntos de giro.**

La canalización permite evitar giros en puntos no convenientes, empleando islas que los hagan materialmente imposibles o muy difíciles. Las islas son superficies en el interior de la intersección, que se sustraen de la circulación vehicular mediante demarcación u obstáculos físicos.

La seguridad es mayor empleando islas elevadas, en comparación a la canalización materializada mediante marcas pintadas en el pavimento, siempre que los elementos elevados no reduzcan la capacidad o sean obstáculos peligrosos.

✓ **Creación de zonas protegidas.**

Las islas proporcionan a los peatones y los vehículos espacios protegidos en las calzadas para esperar una oportunidad de paso. Asimismo, pueden servir para que cuando un peatón o vehículo necesite cruzar varios carriles, puedan hacerlo en etapas sucesivas, sin necesidad de esperar a que simultáneamente se produzca en todos ellos la necesaria interrupción de tránsito. Ejemplo típico son las vías de giro a la izquierda situadas en las medianas.

✓ **Visibilidad.**

La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la detención. Debe asegurarse que un vehículo en la vía subordinada alcance a frenar antes de llegar al punto conflictivo, si otro vehículo aparece por la vía con preferencia.

✓ **Sencillez y claridad.**

Las intersecciones complicadas, que se prestan a que los conductores duden, no son convenientes; la canalización no debe ser excesivamente complicada ni obligar a los vehículos a movimientos molestos o recorridos demasiado largos.

En las soluciones de intersecciones contenidas en los gráficos **19** al **25** es posible observar la aplicación de los principios aquí expuestos.

**b). información requerida.**

La información que se requiere para el diseño de intersecciones se refiere en general a MIDEPLAN (1998a):

- ✓ Tipo de vías que confluyen en la intersección, ya que el tratamiento debe ser adecuado a sus características funcionales: clasificación, velocidad de diseño y preferencia de paso.
- ✓ Topografía y edificaciones: deben examinarse las restricciones existentes para la ampliación de la superficie. Es fundamental considerar los servicios (tuberías) del subsuelo.
- ✓ Tránsito: se deben conocer los volúmenes de cada movimiento a lo largo del día, para los efectos de determinar la capacidad del segmento vial correspondiente. Asimismo, debe conocerse el movimiento de vehículos pesados y elegir el vehículo tipo para el que se proyecta la intersección. El análisis de los peatones que cruzan la intersección puede determinar alguna disposición especial para facilitarlos.
- ✓ El número de accidentes puede justificar el acondicionamiento específico. Es importante conocer la forma en que se producen los accidentes y los motivos que los determinan.

**c). materialización de diseño.**

En las últimas décadas se han desarrollado diversos modelos computacionales que permiten asistir la labor de diseño y a su vez plantean requerimientos de información específica que deben ser agregados a los ya planteados. De esta forma, el diseño de intersecciones puede concebirse como un proceso iterativo donde los

cambios físicos y operacionales pueden ser modelados a bajo costo y probados en cuanto a su rendimiento, permitiendo explorar una amplia gama de opciones y concluir en soluciones de alta calidad. La simulación de los resultados operacionales de cada opción facilita además la evaluación económica de las alternativas más relevantes y con ello la determinación de la solución que presenta mejores atributos económicos.

A fin de mejorar la capacidad, es recomendable que el tamaño de las islas se reduzca al mínimo indispensable para la protección de los vehículos que realizan determinados movimientos; también debe tratarse de que el número de pistas aumente al llegar a la intersección, con el fin de mejorar en dicho lugar la tasa de descarga o evacuación de vehículos.

En las ciudades hay que tener presente además, como elemento importante, la localización de las paradas de buses, que no pueden alejarse mucho de las intersecciones importantes, ya que éstas son precisamente puntos clave para la transferencia de viajeros, pero tampoco pueden acercarse a ellas al punto de afectar su operación.

#### **2.5.2.9.2.3. Sistemas de control de intersecciones.**

Tal como se mencionó, las intersecciones suelen constituir la restricción operacional de una vía. Por lo tanto, los sistemas de control que se establezcan para regular los derechos de vía sobre ellas deben responder a criterios de óptimo local y también general, para el conjunto del eje o la red involucrados.

Básicamente, las intersecciones pueden operar con señales de prioridad: intersección priorizada, o con semáforos: intersección semaforizada. En el primer caso se distinguen aquellas regidas por la señal **“CEDA el PASO”** y aquellas que operan con la señal **“PARE”**.

##### **a). Intersecciones priorizadas.**

Estas intersecciones regulan el derecho de paso mediante la señal **“CEDA el PASO”** o la señal **“PARE”**.



La señal **“CEDA el PASO”** indica a los conductores que la enfrentan que la prioridad corresponde a los vehículos de la otra vía; no tienen necesidad de detenerse si en el flujo vehicular por la vía principal existe un espacio suficiente para cruzarla o incorporarse a éste con seguridad. Esta señal debe instalarse en todos los casos en que la visibilidad no esté restringida, según el criterio que se presenta más adelante.

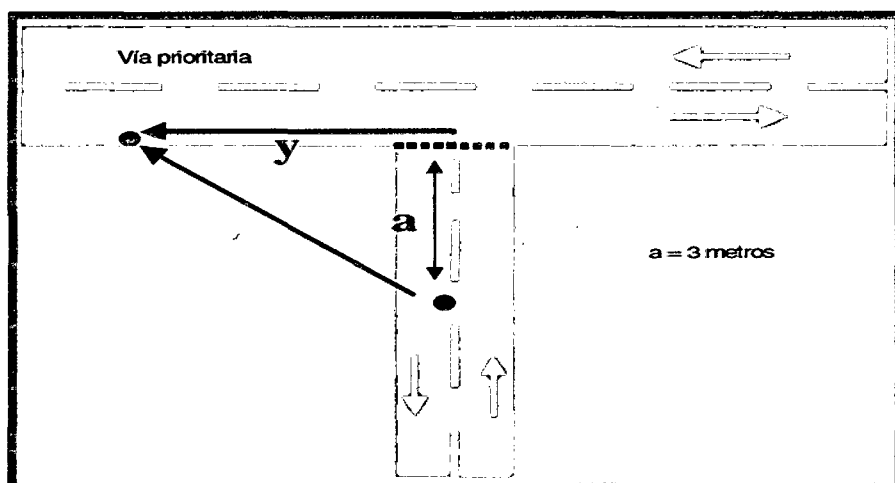
La señal **“PARE”** tiene por propósito ordenar a los conductores que detengan completamente su vehículo y reanuden la marcha sólo cuando puedan hacerlo en condiciones que eviten accidentes. Debe ser colocada sobre la línea en que los vehículos deben detenerse, de manera tal que el conductor disponga de buena visibilidad sobre la vía prioritaria para poder reanudar la marcha con seguridad.

Los criterios para determinar el empleo de una señal son:

- ✓ Debe emplearse una señal de prioridad cuando el volumen vehicular que converge a una intersección, considerando todas las ramas, supere en algún período del día los 100 vehículos por hora.
- ✓ El tipo de señal de prioridad depende de las condiciones de visibilidad. Se emplea **“CEDA el PASO”** si el conductor del vehículo que transita por la calle subordinada puede ver cualquier vehículo que circule por la otra vía, disponiendo del tiempo y la distancia necesarios para permitirle el paso sin entrar al cruce. En caso contrario, debe emplearse señal **“PARE”** o **“ALTO”**.
- ✓ En general, la señal **“PARE”** debe usarse en pocas ocasiones, ya que su uso indiscriminado afecta negativamente su credibilidad y, en consecuencia, cuando realmente se requiere, en lugar de ayudar a la seguridad del cruce, puede deteriorarla.

El procedimiento a usar es el siguiente (véase el gráfico 26):

Gráfico N° 26: procedimiento para determinar uso de señal "PARE" o "CEDA EL PASO"



Fuente: Ministerio de transportes y telecomunicaciones (MINTRATEL), manual de ingeniería de tránsito, Santiago de Chile, 1985.

- ✓ A partir de la continuación del borde de la calzada de la vía prioritaria, se traza una línea imaginaria «a», de 3 metros de largo, localizada a lo largo de la línea central de la vía subordinada.
- ✓ A partir del eje central de la vía subordinada y en dirección contraria al tránsito, se traza sobre el borde de la calzada de la vía prioritaria otra línea imaginaria «y», cuya longitud está dada en la tabla N° 05, en función de la velocidad máxima de esta vía.
- ✓ Se instala la señal "**CEDA el PASO**" cuando desde cualquier punto de la línea «a» se tiene visibilidad no interrumpida por tramos de más de un metro sobre la línea «y». En caso contrario se debe instalar señal "**PARE**".

Si la vía prioritaria tiene doble sentido de tránsito se debe realizar este procedimiento separadamente para cada sentido, correspondiendo instalar señal "**PARE**" si a lo menos en un sentido se justifica.

La instalación de una señal "**CEDA el PASO**" o "**PARE**" debe complementarse siempre con la respectiva demarcación de pavimento correspondiente.

**Tabla N° 05:** Criterio para el empleo de señal "PARE".

Velocidad máxima en la vía prioritaria (en km/h)	Visibilidad de la vía prioritaria desde la secundaria (en metros)
Mayor que 90	Usar señal "PARE»
90	< 180
80	< 140
70	< 120
60	< 90
50	< 70

**Fuente:** Ministerio de transportes y telecomunicaciones (MINTRATEL), manual de ingeniería de tránsito, Santiago de Chile, 1985.

**b). intersecciones semaforizadas.**

Los semáforos son una forma más sofisticada de controlar una intersección. Permiten separar los períodos de tiempo en que se puede avanzar por cada calle que llega a una intersección. La distribución de tiempos se denomina reparto, en tanto que ciclo es el tiempo transcurrido desde el inicio de una determinada fase hasta que ella vuelve a activarse.

En general, el semáforo tiende a ser considerado como una medida positiva, que produce beneficios y mejora la seguridad en cualquier situación.

No obstante, esta creencia no siempre se ve corroborada. Para que la instalación de un semáforo produzca beneficios reales a la población tiene que darse un conjunto de condiciones que permitan que los beneficios efectivamente sean mayores que los costos. Por ejemplo, dada la variabilidad de la demanda, es posible que un semáforo tenga plena justificación en ciertos períodos del día o ciertas estaciones del año y en el resto constituya un costo para la comunidad.

El estudio de los costos y beneficios es un trabajo técnico complejo que puede facilitarse mediante el apoyo de modelos computacionales. No obstante, con miras a simplificar el análisis, diversos países han adoptado requisitos o estándares mínimos para justificar la instalación

de semáforos, cuyo cumplimiento garantiza en general lo correcto de la decisión. Estos requisitos consideran, entre otros aspectos, volumen vehicular, volumen peatonal, accidentes (MINTRATEL, 1985).

✓ **Justificación por volumen vehicular.**

En la tabla N° 06 se observan los volúmenes vehiculares mínimos que deben cumplirse para la instalación de semáforos:

**Tabla N° 06:** Justificación de semáforo por volumen vehicular.

Número de pistas (carriles) por cada rama de ingreso		Volumen mínimo (vehículos/hora)	
Arteria principal	Arteria secundaria	Arteria principal ambas calzadas	Arteria secundaria calzada de mayor ingreso
1	1	500	150
2 ó más	1	600	150
2 ó más	2 ó más	600	200
1	2 ó más	600	200

**Fuente:** Ministerio de transportes y telecomunicaciones (MINTRATEL), manual de ingeniería de tránsito, Santiago de Chile, 1985.

Los valores de la tabla N° 06 deben cumplirse para las 8 horas de mayor demanda de un día promedio.

✓ **Justificación por demoras en el acceso secundario.**

Este requisito se aplica cuando los vehículos del acceso secundario sufren demoras excesivas y se rige por la tabla N° 06:

**Tabla N° 07:** Justificación de semáforo por demoras en acceso secundario.

Número de pistas (carriles) por cada rama de ingreso		Volumen vehicular (vehículos/hora)	
Arteria principal	Arteria secundaria	Arteria principal total ambas calzadas	Arteria secundaria en calzada de mayor volumen
1	1	750	75
2 ó más	1	900	75
2 ó más	2 ó más	900	100
1	2 ó más	750	100

**Fuente:** Ministerio de transportes y telecomunicaciones (MINTRATEL), manual de ingeniería de tránsito, Santiago de Chile, 1985.

Los valores de la tabla N° 07 deben cumplirse para las 8 horas de mayor demanda de un día promedio.

Como puede observarse, esta condición no apunta a minimizar las demoras totales, sino a reducir demoras inusualmente largas para los vehículos de la vía secundaria.

✓ **Justificación por movimiento progresivo.**

Ocasionalmente es conveniente instalar un semáforo para mantener el movimiento progresivo de los vehículos a lo largo de una vía. En la práctica, la incorporación del semáforo permite que la formación de los vehículos se mantenga compacta, asegurando así que una buena parte del flujo se vea favorecida con la medida. Este criterio, válido para la generalidad de los vehículos, debe ser revisado cuando haya presencia significativa de transporte público. En tal caso es muy difícil que los buses puedan incorporarse y mantenerse en la formación de los automóviles, ya que deben detenerse en las paradas para tomar o dejar pasajeros.

✓ **Justificación por accidentes.**

Este criterio de justificación corresponde cuando exista un riesgo manifiesto de accidentes en una intersección; por ejemplo, que en los tres últimos años hayan ocurrido cinco o más accidentes anuales de cierta consideración.

La instalación de un semáforo no garantiza la reducción de accidentes. Puede incluso aumentarlos si la inconveniencia de instalarlo en alguna intersección se hace manifiesta para los conductores. En este caso es probable que dejen de respetarlo, aumentando significativamente el riesgo de accidentes.

A partir de los años ochenta surgieron diversas herramientas computacionales para asistir en el diseño de ciclos y repartos de semáforos.

Entre las más reconocidas en esta materia cabe mencionar: SIGCAP, que usa programación lineal para maximizar la capacidad práctica del semáforo; SIGSET, que usa programación no lineal para minimizar demoras; SQGN, para analizar diferentes secuencias de fases y SIGGAT que permite calcular fases y ciclos en intersecciones saturadas.

En la actualidad, **SIDRA** es una de las herramientas más difundidas para el análisis de intersecciones aisladas, sean éstas operadas por semáforos o señales de prioridad. SIDRA utiliza detallados modelos analíticos de tránsito y un método de aproximación iterativa para estimar capacidades e indicadores estadísticos del tránsito: demoras, largo de colas, tasa de detención, y otros.

Aun cuando SIDRA es un paquete para el análisis de intersecciones aisladas, es posible aplicarlo a situaciones de coordinación de semáforos, en tanto se especifiquen los datos de distribución estadística de flujos vehiculares que acceden.

### **2.5.2.9.3. Acciones sobre las vías.**

#### **2.5.2.9.3.1. Ampliación de la capacidad física.**

Los arcos son tramos de vías entre intersecciones y normalmente no constituyen elementos generadores de conflicto relevantes. Puede haber, sin embargo, situaciones en que un arco se constituya en cuello de botella dentro de una sucesión de arcos e intersecciones, y cuya solución más adecuada será la ampliación de su capacidad física.

También puede pensarse en el aumento de capacidad para el eje vial completo, cuando se procura incrementar significativamente la oferta vial; en este caso, existe competencia con usos alternativos del espacio público e incluso del privado, si es necesario realizar expropiaciones. Desde la perspectiva del control de la congestión, es pertinente considerar que los aumentos de capacidad física, como el último de los señalados, tienden en general a resolver sólo en el corto plazo los desequilibrios entre oferta y demanda vial, dado que la demanda constreñida por la propia congestión, relativamente pronto tiende a expresarse en toda su magnitud, atraída por una operación más fluida y expedita.

De esta forma, la congestión propende a reproducirse en niveles de mayor flujo, tendencia que, de consolidarse, termina por comprometer el espacio público en beneficio del transporte motorizado, desplazando a los peatones y otras actividades existentes en él. Este fenómeno es palpable en ciudades que han optado consciente o inconscientemente por proveer mayores capacidades en respuesta al aumento de los flujos. Otras, en cambio, quizás por el especial significado de su patrimonio arquitectónico e histórico, han explorado formas alternativas de generar capacidad, sin comprometer significativamente nuevos territorios para uso vehicular.

La tradicional ampliación de capacidad física empieza entonces a ser reemplazada por formas más eficientes de usar dicha capacidad.

Naturalmente, la coordinación de semáforos aparece como la acción que permite mejorar la velocidad en las vías, reduciendo los tiempos de viaje y la congestión. Pero está también la posibilidad de administrar los sentidos de circulación de arcos o vías por períodos horarios, en función de los movimientos principales de viajeros y, por último, la posibilidad de asignar carriles de circulación por tipo de vehículo, proveyendo facilidades a aquellos que presentan un uso más eficiente del espacio, es decir, los vehículos de transporte público.

Esta forma de proveer mayor capacidad puede constituir también un atractivo para que nuevos vehículos se incorporen al flujo y, eventualmente, colmen en el corto plazo las nuevas facilidades. Por lo tanto, la consideración explícita de los modos favorecidos con la mejora deberá ser también parte del análisis y las proyecciones de mediano y largo plazo.

#### **2.5.2.9.3.2. Vías de sentido variable.**

Vías de sentido variable son aquellas en las que se modifica a lo largo del día su sentido de circulación en función de los volúmenes de tránsito, con el fin de favorecer el desplazamiento de los flujos mayores. Así, se puede invertir el sentido de circulación de una vía unidireccional o generar un solo sentido cuando existen dos, proveyendo temporalmente mayor capacidad para acoger los desplazamientos masivos que caracterizan la estructura de viajes y ritmo general de funcionamiento de las ciudades. Estos movimientos suelen transcurrir, por ejemplo, desde las zonas residenciales hacia las de trabajo o estudio en la hora punta de la mañana y a la inversa en la hora punta de la tarde.

Esta forma de gestión fina de la capacidad existente hace un uso más intensivo de las principales vías, al orientarlas en el sentido de los desplazamientos mayoritarios. En muchos casos, esta medida provee significativos incrementos de la oferta vial, aptos para atender las necesidades de las horas punta.

Sin embargo, debe tenerse presente lo siguiente:

- ✓ estos cambios, al actuar sobre vías principales de la ciudad, producen reasignaciones de flujos de quienes desean circular en sentido contrario, que se ven forzados a seguir trayectos mayores y, eventualmente, experimentar demoras adicionales para llegar a su destino de viaje, todo lo cual debe ser considerado en el diseño y evaluación de la medida, y



- ✓ los cambios de sentido según horario requieren de muy buena información y señalización para evitar confusiones y accidentes, especialmente durante el período de puesta en marcha.

#### **2.5.2.9.4. Coordinación de semáforos.**

La coordinación de semáforos es una de las formas más eficientes de reducir demoras, consumo de combustible, contaminación y accidentes. La coordinación consiste en establecer ciclos, repartos y desfases en una vía o red, de manera tal que los vehículos puedan desplazarse a una cierta velocidad, procurando que las interrupciones generadas por luz roja sean mínimas.

Los parámetros más importantes que deben considerarse para la coordinación de un sistema son el ciclo, que normalmente será común para todos los semáforos coordinados, el reparto o distribución de tiempos en verde, y el desfase, que es el período que transcurre entre el comienzo de una fase específica en un semáforo y su comienzo en la intersección siguiente.

Además de estos parámetros básicos, existe un conjunto de condiciones que deben resolverse en la medida en que el eje o red a coordinar aumenta en complejidad, todo lo cual puede ser asistido por herramientas de modelación para representar y optimizar cada caso.

La unidad básica para coordinar es un eje, corredor o vía. Cuando se trata de ejes sencillos unidireccionales es posible utilizar técnicas gráficas o “banda verde”, obteniéndose programaciones normalmente fijas, calculadas sobre la base de datos históricos de flujos y velocidades. Pero en casos bidireccionales con intersecciones espaciadas irregularmente, puede ser difícil e incluso imposible determinar una “banda verde” sin interrupciones y que satisfaga la demanda. Desde luego, la coordinación de redes es simplemente imposible de plantear con dicho método.

En los últimos 30 años se ha producido un extraordinario desarrollo tecnológico, que mediante la incorporación de la computación y la

electrónica al manejo de complejas situaciones de tránsito, ha permitido el control de amplias redes, con sistemas centralizados y flexibles en relación con la demanda. Programas como SIGOP, COMBINATION METHOD y TRANSYT han cambiado completamente la forma de enfrentar el problema, proveyendo capacidades antes insospechadas para avanzar en la optimización de los sistemas de tránsito. En particular, TRANSYT ha sido ampliamente probado en muchos países, y ha llegado a constituir prácticamente un estándar internacional para la coordinación de redes.

#### **2.5.2.9.4.1. Coordinación con planes fijos.**

Esta modalidad requiere de controladores de semáforos con suficiente capacidad para recibir y administrar las instrucciones de los planes preestablecidos. Éstos se generan externamente por medio de mediciones de flujos, siendo recomendable instalar tantos planes como períodos de operación relevantes puedan detectarse. Es condición fundamental en este caso disponer en cada controlador de relojes que funcionen con la frecuencia de la red o relojes de cuarzo de gran precisión, de manera que el desfase pueda ser adecuadamente programado y mantenido en el tiempo. Alternativamente, puede considerarse la conexión vía cable entre controladores, en cuyo caso el sistema trabaja con un reloj común.

La coordinación con planes fijos se originó en una etapa en que la computación, las comunicaciones y la tecnología de detección no eran aún suficientes para proveer soluciones más ajustadas a situaciones complejas de variación de demanda e interacción de redes. Ello no significa que dicha modalidad esté necesariamente obsoleta. El análisis de cada caso dirá si es posible resolver adecuadamente una determinada necesidad de control con planes fijos, atendiendo a las condiciones de la demanda y los costos involucrados.

#### **2.5.2.9.4.2. Coordinación flexible o dinámica.**

Las soluciones de coordinación flexible en función de la demanda son útiles en áreas de tránsito intenso, habitualmente sometidas a interferencias no predecibles. Esta modalidad se basa en la detección

en tiempo real de los flujos relevantes que llegan a cada intersección; estos datos son procesados

“en línea” por un computador central, el que determina planes actualizados de ciclo de semáforos, que son transmitidos a los controladores de cada intersección.

El sistema es bastante sofisticado, pues además del computador central equipado con programas computacionales apropiados y de semáforos con controladores capaces de obedecer las instrucciones, requiere de comunicación directa entre la central y el controlador de cada intersección.

Entre las opciones más conocidas en esta materia está el sistema inglés SCOOT y el australiano SCAT.

#### **2.5.2.9.4.3. Sistemas de control centralizado.**

Una mayor complejidad tecnológica representa un sistema de control centralizado de semáforos, que abre la posibilidad de administrar distintas modalidades, atendiendo diferenciadamente los requerimientos de control de áreas o ejes específicos. Esto quiere decir que, si es necesario, por ejemplo, establecer control dinámico en el centro de una ciudad, ello no significa que tal modalidad tenga que aplicarse obligatoriamente al conjunto de la red de semáforos de la ciudad y, desde luego, habrá que considerar que ni siquiera convendrá que algunas intersecciones estén coordinadas, ya que funcionalmente no integran red alguna.

La centralización del control provee la capacidad de administrar el conjunto del sistema de acuerdo a las necesidades de cada parte, pudiendo presentar además las siguientes facilidades:

- ✓ Comunicación directa con cada controlador de semáforo con fines de control de tránsito;
- ✓ Comunicación directa con cada controlador para el monitoreo de fallas;
- ✓ Implantación de planes de emergencia para la circulación de vehículos especiales;

- ✓ Administración de letreros de información variable para producir información y recomendaciones a los conductores sobre el estado de la ruta, y en casos especiales, generar cambios de recorridos, y
- ✓ Administración de cámaras de televisión para observación directa del estado de intersecciones o ejes críticos.

Es decir, al existir comunicación entre la central y cada controlador se amplían las posibilidades de administración de tránsito a aspectos no necesariamente ligado a los programas del semáforo, lo que abre el camino a una gestión más integral de las intersecciones y redes involucradas. Un sistema de control centralizado de tránsito permite no sólo la coordinación de ejes o redes de semáforos, sino que un manejo integral de los problemas de circulación mediante cámaras de televisión, letreros de información variable a la gente, detección remota de fallas y manejo de situaciones de emergencia.

Los sistemas de control centralizado de tránsito constituyen, en general, proyectos altamente rentables en términos sociales, cuando son correctamente diseñados y aplicados en ciudades que presentan congestión vial. El sistema de Santiago de Chile ha sido particularmente exitoso; su desarrollo siguió un riguroso proceso de análisis y evaluación de alternativas, luego de lo cual se implantó por etapas. Actualmente está en funciones, permitiendo notables ahorros de tiempos de viaje. La mejor demostración del efectivo servicio que presta se produjo a raíz del caos y enorme congestión que se produjo en una ocasión en que fueron sustraídos los computadores que controlan el sistema.

#### **2.5.2.10. Ordenación del tráfico – Señalización.**

##### **2.5.2.10.1. Conceptos.**

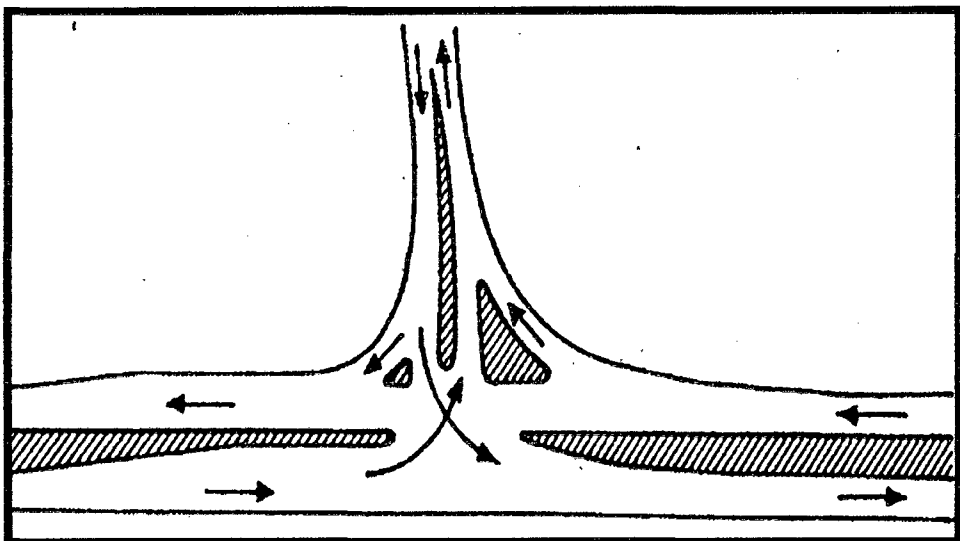
Llamamos ordenación de tráfico al conjunto de medidas, que tienden a mejorar la explotación de una carretera, siendo sus objetivos el aumentar la seguridad vial y mejorar el nivel de servicio.

Llamamos señalización a la información que se transmite a los conductores, advirtiéndole de peligros, y suministrándole indicaciones para seguir la ruta que desee recorrer.

### 2.5.2.10.2. Medidas de ordenación del tráfico.

- a) Control de accesos: Éste mejora la seguridad y la velocidad de circulación pero ello es muy costoso, pues obliga a construir calzadas de servicio que comuniquen la carretera con las propiedades colindantes.
- b) Carriles especiales: La disposición de carriles bus o taxi, y las modificaciones del sentido de circulación mejoran la circulación.
- c) Limitaciones de velocidad: Estas mejoran la seguridad y se establecen mediante señales de prohibición que señalan la velocidad máxima permitida.
- d) Acondicionamiento de intersecciones: Estas son puntos críticos tanto para la seguridad como para la capacidad; la mejor medida sería eliminarlas, como no siempre es posible, se deben canalizar, como el caso de intersección en T de la figura.

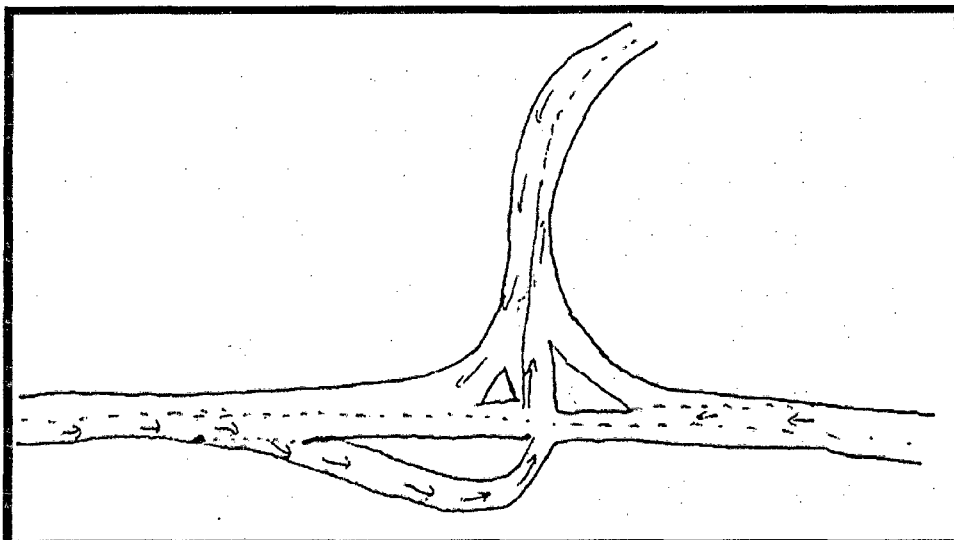
**Gráfico N° 27:** intersección en "T"



**Fuente:** Pedro de los Santos Jiménez Meseguer, Murcia, octubre, 2005. Pág. 110.

- e) Prohibición de giros: es una maniobra peligrosa, en la que se debe disponer de un carril especial, o un área de espera para los vehículos que giran (si el giro es a la izquierda), aunque en vías de intensidad elevada lo mejor es ordenar primero un giro a la derecha y un cruce de la vía por la que se circulaba, evitando así, como vemos en la figura una espera en la calzada principal.

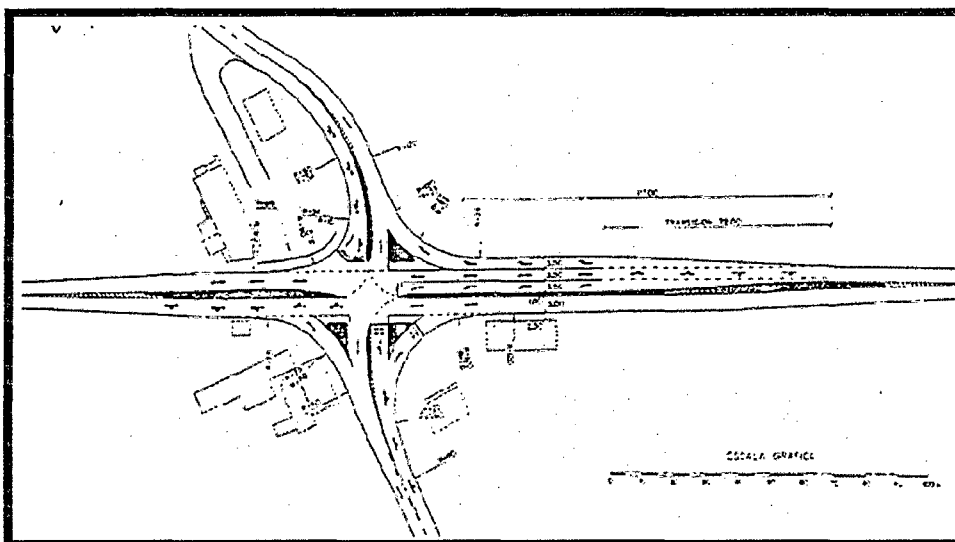
**Gráfico N° 28:** Espera en calzada principal.



**Fuente:** Pedro de los Santos Jiménez Meseguer, Murcia, octubre, 2005. Pág. 110.

f) **Prioridad en intersección:** La Ley de Seguridad vial y el R.G.C. establecen prioridad a la derecha como regla general, pero esto solo es válido para intensidades pequeñas y carreteras de igual importancia; en otros casos, si en una intersección concurren una vía principal y otras secundarias, la primera tendrá prioridad y en las secundarias se instalarán señales de "ceda el paso" o de "stop", por último, en zonas urbanas lo mejor es un semáforo como veremos más adelante. En la figura vemos un ejemplo de prioridad en una intersección.

**Gráfico N° 29:** Ejemplo de prioridad en una intersección.



**Fuente:** Pedro de los Santos Jiménez Meseguer, Murcia, octubre, 2005. Pág. 111.

**g) Prohibiciones varias:** Mejoran la seguridad y sobre todo la capacidad, las prohibiciones de parada o estacionamiento, las de carga y descarga, y las de vehículos pesados y mercancías peligrosas por determinados itinerarios.

#### **2.5.2.10.3. Regulación de la circulación.**

Es una consecuencia de la ordenación y consiste en la ejecución de las medidas que conducen a un mejor ordenamiento de tráfico en cada momento; los medios utilizados son el R.G.C. de 1.992, la nueva Ley de Tráfico de 2.002 el sistema de señalización vigente, condiciones que deben cumplir los vehículos, los agentes de circulación y los medios materiales (señales de circulación, balizamiento, semáforos, detectores).

En el caso de autopistas ciertas incidencias pueden provocar una gran congestión por lo que en ellas suele haber un centro de control en el que se reciben las informaciones de los detectores colocados, que son de lazo, y que nos dan la intensidad, densidad y velocidad; otro tipo de detectores nos da el contenido de monóxido de carbono en el interior de túneles y por medio de paneles de señalización se comunica a los conductores el mensaje a dar, que puede ser desde limitar la velocidad, cerrar el paso por algún carril, desviar el tráfico.

#### **2.5.2.10.4. Tipos de señalización.**

Excluyendo los semáforos que veremos al final de este capítulo, así como las señales de los agentes de circulación, podemos distinguir entre señales verticales, marcas viales y señales de balizamiento.

**a) Señales verticales:** Transmiten información a los conductores mediante un código universal, y se dividen en tres tipos: Señales de peligro: Tienen forma triangular con el vértice hacia arriba, indicándose el peligro con dibujos. En U.S.A. estas señales son romboidales.

**Gráfico N° 30: Señales de peligro.**



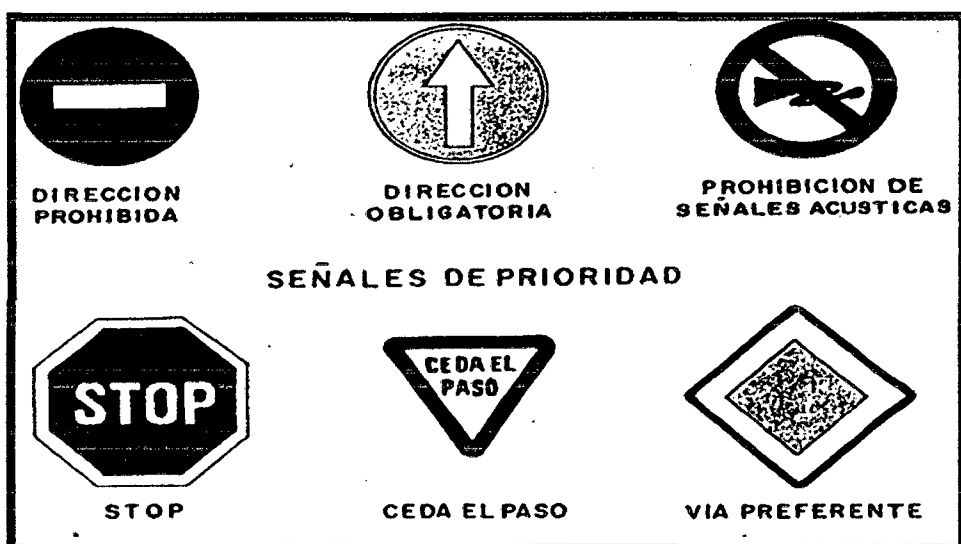
**Fuente:** Pedro de los Santos Jiménez Meseguer, Murcia, octubre, 2005. Pág. 114.

**a.1) Señales de reglamentación:** Tienen forma circular, siendo de color blanco con borde rojo si indican una prohibición, y de color azul si es obligación.

Como excepción a la forma circular, tenemos las señales de prioridad que por su importancia tienen formas especiales.

Es de señalar que cada señal de reglamentación, implica que haya otra que indique el fin de dicha reglamentación.

**Gráfico N° 31: Señales de reglamentación.**

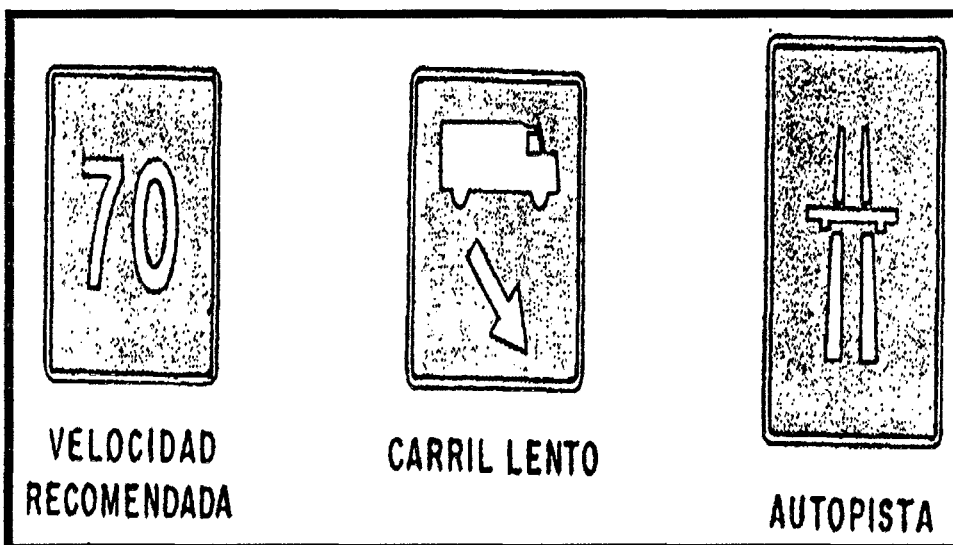


**Fuente:** Pedro de los Santos Jiménez Meseguer, Murcia, octubre, 2005. Pág. 114.



a.2) **Señales informativas:** Tienen forma cuadrada y rectangular con signos gráficos y palabras.

**Gráfico N° 32:** Señales informativas.



**Fuente:** Pedro de los Santos Jiménez Meseguer, Murcia, octubre, 2005. Pág. 114.

**Tabla N° 08:** Normalización de las dimensiones de las señales de tránsito.

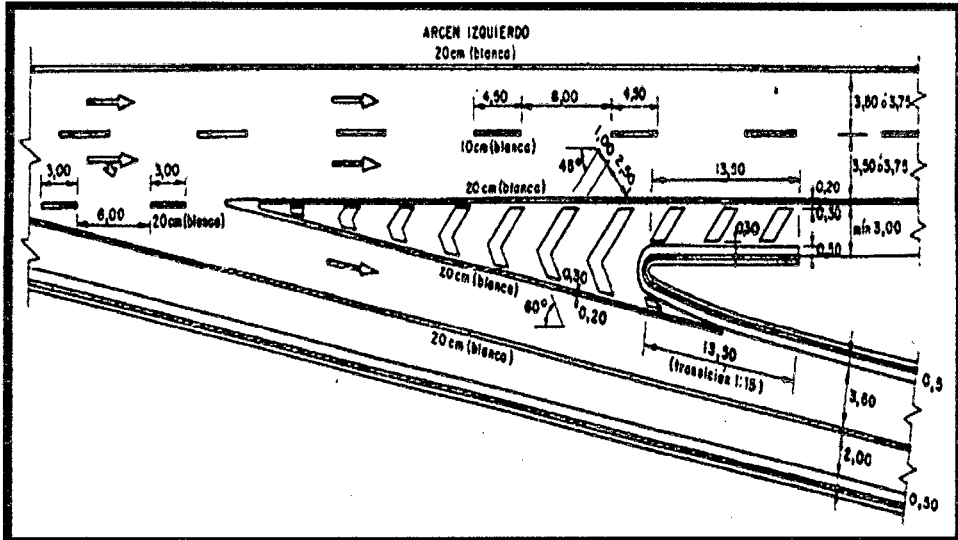
**Fuente:** Pedro de los Santos Jiménez Meseguer, Murcia, octubre, 2005. Pág. 115.

<i>Tipos de Vías</i>	<i>Dimensiones de las señales verticales</i>
Autopistas o autovías	Triangulares de 175 cm de lado. Circulares de 120 cm de diámetro. Cuadradas de 120 cm de lado.
Carreteras convencionales con arcén	Triangulares de 135 cm de lado. Circulares de 90 cm de diámetro. Cuadradas de 90 cm de lado.
Carreteras convencionales sin arcén	Triangulares de 90 cm de lado. Circulares de 60 cm de diámetro. Cuadrado de 60 cm de lado.
Calles urbanas	Triangulares de 60 cm de lado. Circulares de 40 cm de diámetro. Cuadradas de 40 cm .

b)

**Marcas viales:** Son un complemento a la señalización vertical, y según Acuerdo de Ginebra de 1.971 deben ser blancas, y sirven para encauzar el tráfico. En la figura vemos las marcas viales en una vía de salida.

**Gráfico N° 33: Señales informativas.**



**Fuente:** Pedro de los Santos Jiménez Meseguer, Murcia, octubre, 2005. Pág. 115.

**c) Señales de balizamiento:** Son dispositivos que prohíben el paso a la parte de la vía que delimitan o que guían a los usuarios para su mejor y más segura circulación; se utilizan barreras, balizas, conos, paneles direccionales.

### 2.5.3. Marco Conceptual: Definiciones de Términos Básicos.

“Para obtener una interpretación uniforme presento un vocabulario en el que figuran términos que pueden tener varias acepciones en el lenguaje común, con el fin de que sean entendidos de acuerdo con la definición que se expone:

#### 2.5.3.1. Cambio de intervalo.

Son los intervalos amarillo y todo rojo que ocurren entre fases del semáforo para proveer el despeje de la intersección antes que sucedan movimientos conflictivos.

#### 2.5.3.2. Capacidad.

Es el número de vehículos que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o una calzada durante un intervalo de tiempo dado, en las condiciones predominantes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

#### **2.5.3.3. Ciclo.**

Es cualquier secuencia completa de las indicaciones del semáforo.

#### **2.5.3.4. Conteo de tránsito clasificado.**

Procedimiento por medio del cual se obtienen datos del número de vehículos que pasan por una vía terrestre y su composición, de manera que se distingan los diferentes tipos de vehículos.

#### **2.5.3.5. Densidad vehicular.**

Es el número de vehículos que ocupa una longitud específica de una vía en un momento dado.

#### **2.5.3.6. Distancia de visibilidad de parada.**

Es la distancia mínima que requiere un conductor que se mueve en un vehículo a la velocidad de diseño, para detener su marcha sin peligro de colisión.

#### **2.5.3.7. Flujo de saturación.**

Es la máxima tasa de flujo, en un acceso o en un grupo de carriles, que pueden atravesar una intersección en las condiciones prevaletientes del tránsito, en el supuesto que dicho acceso o grupo de carriles tiene el 100% del tiempo disponible como verde efectivo.

#### **2.5.3.8. Hora pico.**

Es la hora del día que presenta la mayor demanda de circulación.

#### **2.5.3.9. Intervalo.**

Cualquiera de las divisiones del ciclo, durante la cual no cambian las indicaciones del semáforo.

#### **2.5.3.10. Longitud de ciclo.**

Es el tiempo necesario para una secuencia completa de todas las indicaciones de señal del semáforo, se expresa en segundos y se expresa por el símbolo C.

#### **2.5.3.11. Nivel deservicio.**

Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los usuarios de una vía.

#### **2.5.3.12. Tiempo perdido.**

Tiempo durante el cual la intersección no es utilizada en forma efectiva por ningún movimiento. Estos tiempos ocurren durante el cambio de intervalo (cuando la intersección es despejada), y al principio de cada fase donde los primeros vehículos formados en la cola experimentan demoras por inicio de marcha.

#### **2.5.3.13. Tránsito promedio diario anual.**

Es el número total de vehículos que pasan durante un año por un punto dado de una vía, dividido entre 365.

#### **2.5.3.14. Volumen de tránsito.**

Es el número de vehículos que pasa por un punto o una sección de una calzada o una calle en un período determinado. También se le denomina flujo o tasa de flujo”.

### **2.6. Hipótesis.**

Para el desarrollo de este proyecto de investigación he planteado la siguiente hipótesis: **“Estudio, análisis y propuesta de solución al Congestionamiento Vehicular en los Jirones Salaverry, Orellana y Shapaja, iniciando en el jirón Salaverry – intersección con los jirones 1° de Mayo y Geiden Vela hasta el jirón Shapaja – intersección con el jirón Jiménez Pimentel de la Ciudad de Tarapoto, distrito de Morales y Tarapoto, Provincia y Región San Martín”**, servirá de base para la elaboración de un estudio Técnico.

### **3. MATERIALES Y METODOS.**

#### **3.1. Materiales.**

Para el presente trabajo se ha hecho uso de lo siguiente:

##### **3.1.1. Recursos Humanos.**

- ✓ 01 Tesista Investigador
- ✓ 01 Asesor de la F.I.C.A
- ✓ 04 Personal para realizar los aforos
- ✓ 01 Personal de cómputo y dibujo

##### **3.1.2. Recursos Materiales.**

- ✓ Textos especializados
- ✓ Materiales de oficina (Papel bond, Tinta para impresora, etc.)

##### **3.1.3. Recursos de Equipos.**

- ✓ Equipos de oficina
- ✓ Equipos de computo
- ✓ Unidades de almacenamiento de datos ( USB y CD ´s)
- ✓ Cámara digital
- ✓ Impresora
- ✓ Plotter

##### **3.1.4. Recursos informativos.**

- ✓ Información de internet
- ✓ Software VISIM V8 y Hojas de Cálculo Excel

#### **3.2. Metodología de la Investigación:**

Para desarrollar el presente estudio fue necesario seguir una metodología de trabajo para obtener el diagnostico socioeconómico, diagnostico situación actual y diagnóstico del estado de las vías, las mismas que fueron programadas y coordinadas con los funcionarios de la Municipalidad de Tarapoto.

El autor del presente proyecto de investigación con capacidad técnica y de promoción social, ha aplicado instrumentos de recojo de información tales como:

- Aforos.

Los resultados comprendidos en el presente proyecto de investigación están estructuradas correspondientemente a las características de las vías.

### **3.2.1. Universo y/o Muestra.**

#### **3.2.1.1. Universo.**

Está conformada por la toma de información del tráfico vehicular en la Ciudad de Tarapoto, Distrito de Morales y Tarapoto, Provincia y Región San Martín.

#### **3.2.1.2. Muestra.**

Corresponde a muestras y estadísticas de tráfico vehicular obtenidas en los Jirones Salaverry, Orellana y Shapaja, comprendido desde las intersecciones de los Jirones 1° de Mayo y Salaverry hasta el jirón Shapaja intersección con el jirón Jiménez Pimentel de la Ciudad de Tarapoto, Distrito de Morales y Tarapoto, Provincia y Región San Martín.

### **3.2.2. Sistema de Variables.**

Para el desarrollo del proyecto se identificaron las siguientes variables.

#### **3.2.2.1. Variables Independientes.**

Los elementos constitutivos del sistema de tráfico o aquellos que por su relevancia se tuvieron en cuenta debido a que el observador tiene escasa manipulación para influir en su comportamiento; estas variables son:

- **Número de Vehículos:** Que se encuentran matriculados en la secretaria de tránsito del Municipio o Sunarp de la Ciudad de Tarapoto.
- **Dado que el Sistema de Tráfico es Dinámico a Través del Tiempo:** El tiempo se considera como variable ya que el comportamiento de los elementos del sistema cambian en función a este.
- **Delimitación Geográfica del Centro de la Ciudad:** Determinar las vías que se van a considerar para el cálculo de la capacidad vial.
- **Tasa de Llegada de Vehículos:** Para medir el flujo de vehículos hacia la zona de ubicación del proyecto se determinaron los puntos más representativos de entrada de vehículos.
- **Capacidad de las Vías:** Definido como, el número de vehículos que pueden usar un tramo vial en un periodo de tiempo determinado Cal y

Mayor (2006) esta capacidad, se establece según metodología expuesta por Box y Openlander (1985) y Highway Capacity Manual (2000). Dado que la capacidad depende de factores como la programación de los semáforos, los vehículos estacionados, los paraderos, etc. Es posible manipularle con políticas de restricción al estacionamiento de vehículos y a la reorganización de las rutas de transporte público urbano de pasajeros.

#### **3.2.2.2. Variables Dependientes.**

La única variable que dio respuesta a la aplicación de los distintos políticos orientados a mitigar la congestión del tráfico y que depende de la interacción de los demás elementos del modelo es:

- Para Box y Oppenlander (1985) y Cal Mayor (2006), el factor de la congestión desde el punto de vista macroscópico se da por la relación entre la capacidad de la vía y el número de vehículos que transitan, en ese sentido cuando el flujo vehicular excede a la capacidad vial, se forman filas y su longitud podría determinar el grado de congestión.

En ese sentido las políticas se orientan a la relación entre el efecto de la entrada de vehículos y el flujo de salida a través del tiempo.

#### **3.2.3. Tipos y Nivel de la Investigación.**

##### **3.2.3.1. Diseño del Método de Investigación.**

- **Tipo:** Investigativo aplicativo.
- **Nivel:** Básico.

#### **3.2.4. Diseño de Instrumentos.**

##### **3.2.4.1. Fuentes Técnicas e Instrumentos de Selección de Datos.**

Se utilizó Bibliografía Variada y adecuada para la Investigación, las cuáles se detallan en el marco teórico y en las referencias bibliográficas.

#### **3.2.5. Procesamiento de la Información.**

Los Procesamientos y presentación de Datos se hicieron de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas de Diseño de Carreteras, además de ello se utilizó softwares estadísticos y de simulación de tránsito para la con la finalidad de obtener resultados satisfactorios.

### **3.2.6. Análisis e Interpretación de Datos y Resultados.**

El método empleado para el Estudio Socioeconómico consistió en recurrir a fuentes existentes sobre: La producción agrícola, población beneficiaria, existencia de servicios educativos y otros, en el lugar donde se desarrollara el proyecto.

El análisis de la red vial se hizo a través del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras "**Intersecciones a Nivel y Desnivel – Capítulo 6**", así como para la interpretación de los distintos ensayos a realizarse, se hizo uso de las Normas respectivas.

Para determinar el nivel de servicio en cada punto de estudio partimos calculando la capacidad del acceso de vehículos por hora y la demora promedio que recorre el vehículo al trasladarse de una intersección inicial a una final, para ello hacemos uso de los softwares: PTV VISSIM V8 y EXCEL.

### **3.2.7. Información General del Tráfico Vehicular en la Ciudad de Tarapoto.**

El congestionamiento vehicular es un problema de todos los días que va creciendo continuamente, se presenta en casi todas las ciudades del mundo desde hace muchos años atrás y la ciudad de Tarapoto es una más de ellas que sufren de esta molestia.

Esta sección trata de reunir toda la información sobre el tráfico en la ciudad de Tarapoto, recabando en fuentes como son: Municipalidad de Tarapoto, Sunarp, Ministerio de Transportes y Comunicaciones; también en universidades como son: Universidad Nacional de San Martín y en el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática. Alcanzando así la mayor información destacada, en cada una de estas instituciones que sea relacionada con el tema del tráfico vehicular, para posteriormente analizarla y pueda servir como base para el análisis del estudio a las posibles soluciones que se podría dar en esta problemática.

#### **3.2.7.1. Municipalidad de Tarapoto y Ministerio de Transportes y Comunicaciones.**

El manejo del tránsito vehicular en la ciudad de Tarapoto, esta manejada directamente por la Municipalidad Distrital de Morales, Tarapoto y por el



Ministerio de Transportes y Comunicaciones; estas instituciones trabajan coordinadamente con el único fin de velar por la seguridad de los conductores y peatones.

#### **3.2.7.1.1. Nivel de Servicio en la Zona de Estudio**

En éste estudio se utilizó la metodología del Highway Capacity Manual (HCM), en el cual “A” es el mejor nivel y “F” es el nivel de congestionamiento o colapso.

La avenida Salaverry – Intersección jirón Rafael Díaz y Amorarca opera con un nivel de servicio “D” durante los dos períodos de modelación (VALLE, PM), adicionalmente el jirón Orellana – Intersección con el jirón Alfonso Ugarte a “F”. En promedio 03 de las 07 intersecciones semaforizadas del área de estudio están operando con niveles de servicio iguales o mayores a nivel D.

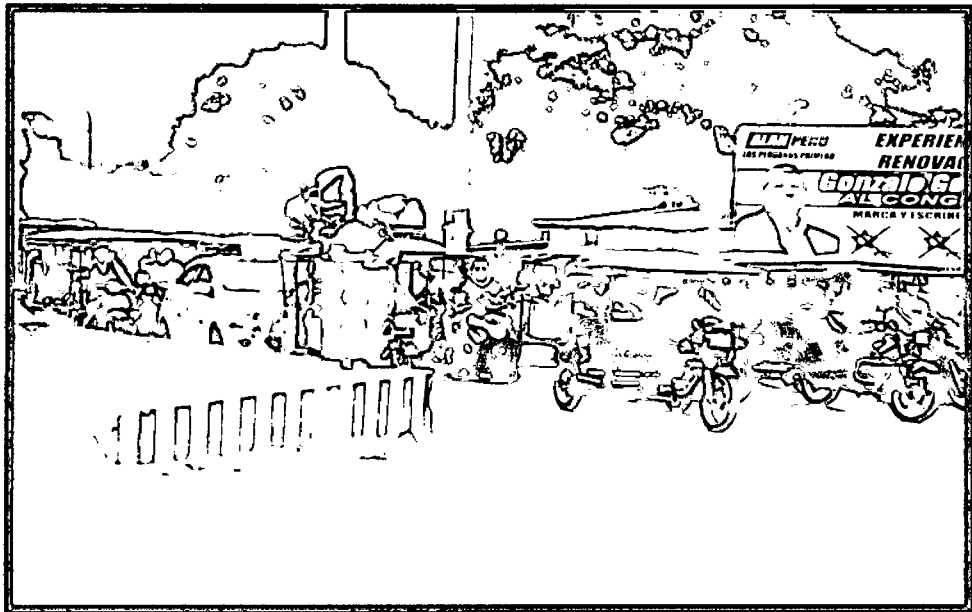
#### **3.2.7.1.2. Intersecciones con Mayor Congestionamiento Vehicular.**

Entre ellas tenemos los siguientes jirones:

##### **a) Intersección entre las calles de los jirones: Salaverry, Rafael Díaz y Amorarca.**

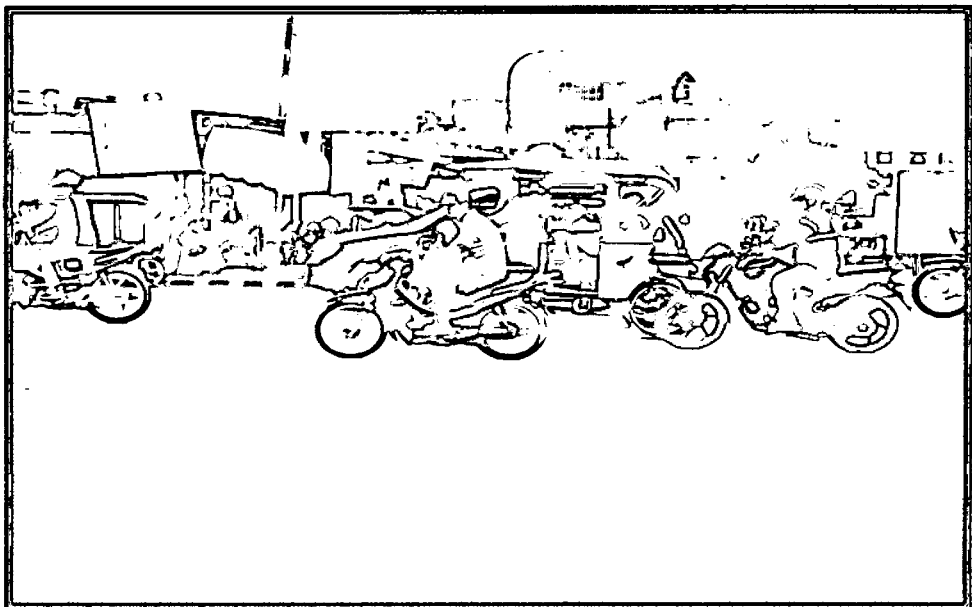
Este tramo incorpora un gran volumen de tráfico que se congestiona al llegar a la intersección que presenta un esquema en Cruz “+” o “X” con los jirones Amorarca, Salaverry y Rafael Díaz ya que en esta se produce la descarga del tráfico vehicular de los jirones Alfonso Ugarte, Calle S/N y Lorenzo Morales; En razón de que es el punto de ingreso y salida de la Ciudad de Tarapoto. Presenta una amplia sección transversal de 34.70 metros, en la actualidad no mantiene bahías de estacionamiento en ambos lados de la vía, constituyéndose un obstáculo para la libre circulación en la intersección.

**Gráfico N°34:** Punto de Aforo entre las intersecciones de los Jirones Salaverry, Amorarca y Rafael Díaz.



**Fuente:** Elaboración Propia.

**Gráfico N°35:** Punto de Aforo entre las intersecciones de los Jirones Salaverry, Amorarca y Rafael Díaz.



**Fuente:** Elaboración Propia.

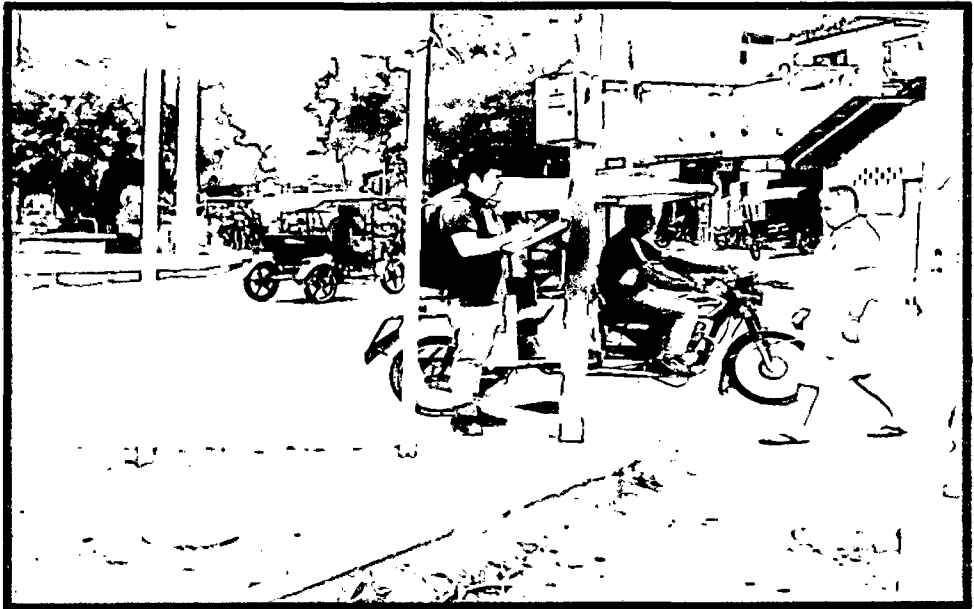
**b) Intersección entre las Calles de Jirones Orellana y Alfonso Ugarte.**

En los tramos comprendidos entre los jirones Orellana y la calle Alfonso Ugarte existe una intersección en forma de Cruz "+", con una sección transversal típica de 11.80 metros, no mantiene un ancho uniforme de

calzada y andenes peatonales a ambos lados de la calzada. Además de ello no se ha dotado de elementos ornamentales de iluminación.

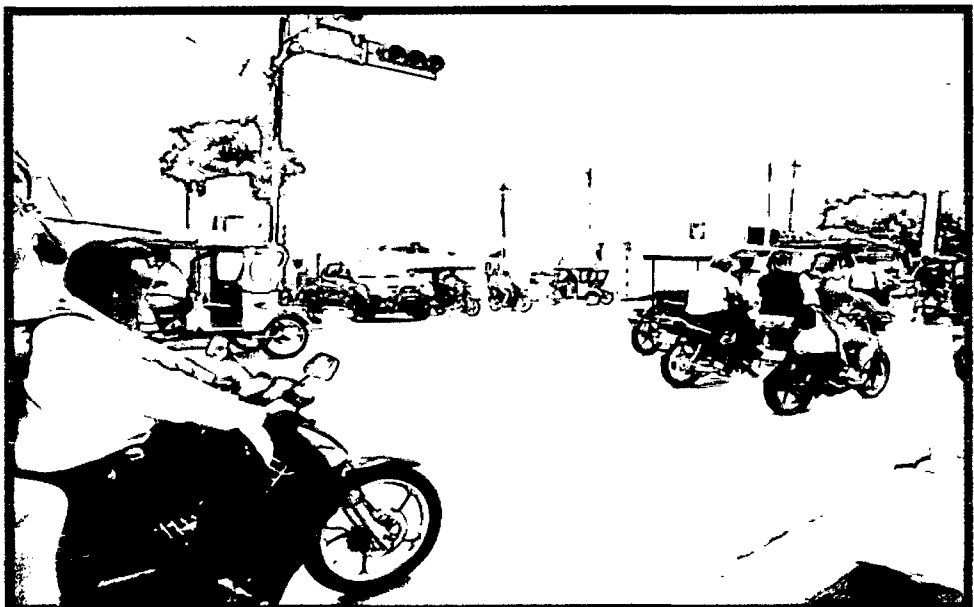
El eje de la calle Orellana en este tramo, es eminentemente transitable, debido a las instituciones educativas que se encuentran en la zona.

**Gráfico N° 36:** Punto de Aforo entre el Jirón Orellana y Jirón Alfonso Ugarte.



**Fuente:** Elaboración Propia.

**Gráfico N° 37:** Punto de Aforo entre el Jirón Orellana y Jirón Alfonso Ugarte.



**Fuente:** Elaboración Propia.

### 3.2.7.2. Mototaxistas en la Ciudad de Tarapoto.

En la ciudad de Tarapoto existen 8,971 mototaxis operando legalmente, con un promedio de vida de 3 años; ello nos indica que este parque se encuentra en un estado regular. El costo de la tarifa mínima está en base a la distancia.

**Tabla N° 09: Relación de Asociaciones y Empresas de Mototaxistas 2012-2015.**

Nº	NOMBRES Y APELLIDOS	ASOCIACION Y/O EMPRESAS	Nº VEHICULOS	RUC ASOCIACION	DIRECCION
1	EYNAR CHUMACERO REATEGUI	AMOSM	2781	20531333986	JR. ALFONSO UGARTE 952
2	WASHINGTON VARGAS SHUPINGAHUA	SANTISIMA CRUZ DE LOS MOTILONES	60	20450177025	JR. PROGRESO 655
3	LUIS CHONG RENGIFO	MOTOTAXI SEGURO	63	20450174786	JR. DANIEL ALCIDES CARRION 330
4	JULIO CLUBAS CARRUJAUCA	AMOPALMO	27	20493976151	JR. SUCRE 124
5	ABDIAS ECHAS LOZANO	TURISMO CACATACHI	114	20531516479	JR. INDEPENDENCIAS/N
6	JULIO CESAR HUAYMANA SHAPAJA	LOS GEDEONES SA	17	20494014425	JR. RAMON CASTILLA
7	LINDER VARGAS CARO	BELLO HORIZONTE	47	20493804708	JR. LUIS LOPEZ S/N
8	SAMUEL ISAAC CHACON BARDALES	AGROMOT	38	20450442462	JR. MANCO INCA 226
9	LUIS BELTRAN TORRES TANGOA	APROMOT	138	20531471271	JR. LOS ROSALES Nº 374
10	JORGE RODOLFO RAMIREZ PINEDO	MUT	300	20450277593	JR. MARQUEL AREVALO ORBE 256
11	MIGUEL GARCIA CONTRERAS	AMOSAPSAM	1578	20493802322	AV. ALFONSO UGARTE 957
12	AGUIRIO ARCE GONZALES	AMOPAL	138	20450405346	JR. TARAPOTO CDRA. 01
13	ALAN GARCIA VASQUEZ	TARAPOTO SELVA	57	20494199450	JR. CUZCO 346
14	RONDEY PIZANGO FASANANDO	ASOC. MOTOTA. VIRGEN DE LOS REMEDIOS	29	20493976401	JR. SANTA MARIA 144
15	SANTIAGO PEREZ SANCHEZ	AMOSAN SAC	841	20450379329	JR. JORGE CHAVEZ 754
16	NESTOR RAUL CONDORI CHIRIMOS	TAMOSHI MOTOR'S Y ASOC. RLU SAC	470	20542289962	JR. G. MOREY GARCIA CDR. 29
17	WILDEL PAJMA SANGAMA	AMOCIT	199	20494176247	JR. LOS ANGELES 518
18	WILDEL PAJMA SANGAMA	MANCO CAPAC Y SERVICIOS MULTIPLES SAC	20	20493817354	JR. LOS ANGELES 518
19	EUGENIO ALBERTO SILVA LUNA	TRANSPORTES HGBAN SAC	43	20493921844	JR. TIMENEZ PIMENTEL 732
20	LOIS CLARY DIAZ MONTENEGRO	FULL TRANS SAC	49	20493878736	JR. BOLOGNESI 627
21	JOSE ATILANO HERRERA TRIGOZO	ANGEL SRL	1544	20542269261	PJ. TRINIDAD TEXERA
22	NAPOLEON TRIGOZO DIAZ	PUERTO TINGANA - JUAN GUERRA	81	20493807120	JR. LA PAZ 373
23	LUIS RIKER SANTILLANA RENGIFO	ASOC. MOTOTA. BIENESTAR	206	20542307880	JR. JORGE CHAVEZ 754
24	BELTRAN LOZANO GONZALES	EMP. DE TRANSPORTE TARAPOTO DEL ORIENTE E.R.L.	14	20542204945	JR. MIGUEL GRAU 1523
25	AGUSTIN SALDAÑA WATANABE	EMPRESA DE TRANSPORTES GEAN JAPAN E.I.R.L.	7	20542375613	JR. TIMENEZ PIMENTEL N° 732
26	LENNIN MELLO PINEDO	EMPRESA DE TRANSPORTES Y TURISMO PARAISO E.I.R.L.	31	20542381427	JR. TUPAC AMARU N° 144
27	JOSE ELMELIO PEREZ GONZALES	EMP. DE TRANSPORTES HOYADA E.I.R.L.	9	20572261451	JR. BOLOGNESI 1403
28	WILDER GERARDO DIAZ SANCHEZ	EMP. DE TRANSP. JONQUAN ENMANUEL E.I.R.L.		20572262007	JR. MURASTIDAS 451
29	CESAR AUGUSTO RUCOBA DEL CASTILLO	ALBORES EXPRES S.A.C	10	20572271090	JR. F. SANCHEZ 537
30	LUIS RIKER SANTILLANA RENGIFO	CRF SAN MARTIN E.I.R.L.	47	20572294464	JR. ALFONSO UGARTE N° 1075
31	JAILY KATERINE ISRUZA CHASNAMOTE	MOTOS URBANAS S.A.C		20572285473	JR. FRANCISCO BOLOGNESI N° 627
32	SEGUNDO FELIPE LOZANO SANCHEZ	HORIZONTE MOTORS E.I.R.L.	13	20600266722	JR. TUPAC AMARU 8487

Fuente: Municipalidad Provincial de Tarapoto.

### 3.2.8. Trabajos de Campo.

El trabajo de campo está dividido en cuatro fases que son:

#### 3.2.8.1. Puntos y Horas Críticas de Congestionamiento Vehicular.

Con un frente de trabajo conformado por un equipo de 4 personas se efectuó esta fase, con el fin de definir los posibles puntos y horas críticas de congestión vehicular en los jirones Salaverry, Orellana y Shapaja,

desde las intersecciones de los jirones 1° de Mayo y Salaverry hasta las intersecciones de los jirones Shapaja y Jiménez Pimentel y posteriormente referenciarlos en un plano.

Partiendo desde una inspección visual en estos jirones a intervenir en los Distritos de Morales y Tarapoto, de la Ciudad de Tarapoto se empezó escogiendo horas pico tentativas para el estudio en el rango de: **06H45 a 07H45; 12H30 a 13H30 y de 18H30 a 19H30**, por un lapso de 7 días a excepción de sábados, domingos y días festivos o feriados, así como: caravanas, desfiles u otros eventos que alteren el tráfico que normalmente ocurre en estos horarios de muestreo.

Después de analizar y estudiar estas observaciones visuales del recorrido de los jirones: Salaverry, Orellana y Shapaja, iniciando en el jirón Salaverry – intersección con los jirones 1° de Mayo y Geiden Vela hasta el jirón Shapaja – intersección con el jirón Jiménez Pimentel de la Ciudad de Tarapoto, se pudo sintetizar que toda el área en estudio presenta un congestionamiento vehicular muy variado. En las cuales puntualmente se puede identificar que ciertas intersecciones presentan un mayor congestionamiento vehicular notable en determinadas horas específicas, las cuales se presentan a continuación.

**Tabla N° 10:** Intersecciones y Posibles Horas Críticas de Congestionamiento Vehicular.

Intersecciones en los Jirones	Horas		
	Mañana	Tarde	Noche
Salaverry, Amorarca y Rafael Díaz	06H45 A 07H45	12H30 A 13H30	18H30 A 19H30
Orellana y Alfonso Ugarte	06H45 A 07H45	12H30 A 13H30	18H30 A 19H30

**Fuente:** El Autor.

Al examinar las calles y horas tentativas con posible presencia de congestionamiento vehicular en ciertas intercesiones, se llega a definir dos horas pico, las cuales serán útiles en el proceso de la presente investigación.

A continuación las horas pico establecidas para el análisis y estudio del congestionamiento vehicular:

- 06H45 – 07H45
- 12H30 – 13H30
- 18H30 – 19H30

Siendo estas las horas en las que se observa el mayor congestionamiento vehicular en los jirones Salaverry, Orellana y Shapaja, de la ciudad de Tarapoto, llamadas “Horas Pico”.

### **3.2.8.2. Posibles Causas del Congestionamiento Vehicular.**

Al tener ya definidas las horas pico y los puntos críticos dentro del área de estudio, la siguiente fase es recopilar información detallada de las posibles causas del congestionamiento vehicular existente en las intersecciones críticas seleccionadas.

Para lo cual se realizó una inspección visual de las intersecciones seleccionadas en las horas pico definidas con anterioridad, indagando en cada intersección de estudio y recolectando la mayor cantidad de información que aporte a esta problemática.

Estas causas pueden originarse de muchas formas, ya sea por el uso obligatorio o por el uso innecesario del vehículo; una de las causas más visibles e importantes puede ser por la presencia de instituciones públicas y privadas que se encuentran concentradas en la margen de los jirones donde se desarrollara el proyecto, mismas que atraen y reúnen un mayor número de personas que hacen uso del espacio peatonal y servicios vehiculares, saturando las calles y aceras peatonales del sector.

A continuación en el tabla N° 11, se presentan las posibles causas que aportan para que se genere esta problemática.

**Tabla N° 11: Causas de los posibles congestionamientos en los Jirones Salaverry, Orellana y Shapaja.**

<b>Intersecciones en los Jirones</b>	<b>Posibles Causas de Congestionamiento Vehicular.</b>
Salaverry, Rafael Díaz y Amorarca.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingreso y salida a la Ciudad de Tarapoto.</li> <li>• Ingreso y salida a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.</li> <li>• Terminal Terrestre.</li> </ul>
Orellana y Alfonso Ugarte.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complejo Universitario UNSM-T.</li> <li>• Institución Educativa Juan Jiménez Pimentel.</li> <li>• Sunarp.</li> <li>• Instituto Superior Pedagógico.</li> <li>• Centros Comerciales.</li> <li>• Recorrido Mototaxi – Ruta.</li> </ul>

Fuente: El Autor.

### **3.2.8.3. Demanda Vehicular en los Puntos Críticos.**

Para obtener la demanda de tráfico vehicular (aforos de tráfico) se utilizó el método del “Cuento Manual”, aplicándolo en las 02 intersecciones seleccionadas, la primera ubicada en la intersección de los jirones Salaverry, Rafael Díaz y 1° de Mayo; la segunda está ubicada en la intersección de los jirones Orellana y Alfonso Ugarte, en la cual para su evaluación se tomó en cuenta: calle, tipo, sentido, giros permitidos, dirección, sitios de pare y semáforos.

Para realizar este aforo vehicular, se utilizaron formatos para la toma de datos de campo, que fueron elaborados en referencia a la tabla expuesta por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), (Formato de conteo manual vehicular). El cual es ajustado al área en el que se desarrolla la investigación, clasificando el tipo de vehículo con la siguiente nomenclatura: Livianos (L), Buses (B) y Pesados (P). Para mayor entendimiento (Formatos de aforo vehicular).

EL aforo manual, se lo realizó en cada intersección seleccionada del área en estudio (Jirones donde se desarrollara el Proyecto), durante un lapso de tiempo de una hora crítica, denominada “hora pico”, en intervalos de conteo de 15 minutos, realizando esta actividad en las dos horas pico propuestas en esta investigación, este rango de tiempo se lo ha tomado en referencia a la metodología que utilizan varios autores, entre ellos podemos mencionar a Cal y R, (2000).

#### **3.2.8.4. Velocidad en la Red<sup>29</sup>.**

Este trabajo de campo es imprescindible para el análisis posterior de la clasificación cuantitativa del nivel de servicio en intersecciones sin semáforo. Para el desarrollo de esta fase se procede a tomar el tiempo que utiliza un vehículo al movilizarse de un punto inicial a un final, realizándola en 02 intersecciones seleccionadas, las mismas que carecen de semáforos. Cabe mencionar que ésta actividad se la realizó en las horas pico definidas para el presente estudio. Posteriormente se calcula la velocidad del recorrido con la que circulan los vehículos dentro del área de estudio haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$V = e / t$$

**Donde:**

**V:** Velocidad (km/h).

**e:** Espacio recorrido (km).

**t:** Tiempo en recorrer (h).

Ésta velocidad que se obtiene en las diferentes intersecciones seleccionadas incluye todas aquellas demoras operacionales por reducciones de velocidad, el tránsito y los dispositivos de control ajenos a la voluntad del conductor.

##### **3.2.8.4.1. Nivel de Servicio: Procedimiento de Cálculo.**

Para determinar el nivel de servicio en cada punto de estudio partimos calculando la capacidad del acceso de vehículos por hora y la demora

---

<sup>29</sup> Juan Gabriel Guamán Morocho, en su estudio de tesis “ETRANLOJA: Estudio y análisis de soluciones al congestionamiento vehicular en el centro histórico de la ciudad de Loja”, Ecuador, 2012.



promedio que recorre el vehículo al trasladarse de una intersección inicial a una final, las mismas que pueden tener o carecen de semaforización.

Según Kraemer y cols (2003). Para el cálculo de la capacidad y demora promedio se utilizan las siguientes ecuaciones:

### Intersecciones sin Semáforo

$$C = 1200 + 10 VL$$

$$d = \frac{3600}{C} + 900H \left( \frac{I}{C} - 1 + \sqrt{\left( \frac{I}{C} - 1 \right)^2 + \frac{3600I}{C^2}} \right) + 5$$

#### Donde:

C: Capacidad del acceso (vehículos/hora)

VL: Velocidad libre (km/h)

d: Demora medida en el acceso (s)

I: Intensidad de tráfico en el acceso (vehículos/hora)

H: Tiempo que transcurre desde que alcanzo su actual nivel (h); normalmente  $H = \frac{1}{4}$

### Intersecciones con Semáforo

$$C = S^*(V/T)$$

$$S = 1900Nfa fvp fi fe fb fz fgd fgi$$

$$d = \frac{(T-V)^2}{2T(1-\frac{I}{S})} + 900H \left( \frac{IT}{SV} - 1 + \sqrt{\left( \frac{IT}{SV} - 1 \right)^2 + \frac{8KIT^2}{(SV)^2H}} \right)$$

#### Donde:

C: Capacidad del acceso (vehículos/hora)

S: Intensidad de saturación (vehículos/hora)

I: Intensidad en el grupo de carriles (vehículos/hora)

V: Duración de la fase verde (s)

T: Duración del ciclo (s)

N: Número de carriles o el grupo de carriles

S = 1900Nfa fvp fi fe fb fz fgd fgi: Factores de corrección (Véase tabla 6).

H: Duración del periodo de estudio (h); Normalmente  $H = \frac{1}{4}$

K: Parámetro que tiene en cuenta el tipo de regulación y la coordinación con otros semáforos,  $k=0.5$

Conocida la intensidad de tráfico en cada intersección, la capacidad y la demora media por vehículo, se procede al cálculo del nivel de servicio, el cual depende de la demora media y viene dado en la tabla, en la cual "A" es el mejor nivel y "F" es el nivel de congestión o colapso. (Capacidad y nivel de servicio e intersecciones con semáforo).

**Tabla N° 12:** Factores de corrección para el cálculo de la Intensidad de saturación.

F	Corrección por	Fórmula	Siendo
fa	Anchura del carril	$(5.4+A)/9$	A: anchura del carril (m)
fvp	Vehículos pesados	$100/(100+P)$	P: porcentaje de pesados (%)
fi	Inclinación de la rasante	$1-I/100$	I: inclinación de la rasante (%)
fe	Estacionamiento	$1-(0.1+M/20)/N$	M: movimientos de estacionamientos en una hora
fb	Paradas de autobuses	$1-B/(250*N)$	B: autobuses que paran en una hora
fz	Situación	1;0.9	En el centro urbano 0.9; en otras zonas 1.0
fgd	Giros a la derecha	$1-0.15*P$	P: porción de vehículos que giran a la derecha
fgi	Giros a la izquierda (con fase protegida)	$1/(1+0.05*P)$	P: porción de vehículos que giran a la izquierda

Fuente: Kraemer y cols. Ingeniería de Carreteras. 2003. Pág. 128.

## **4. RESULTADOS**

La información obtenida procede de fuentes que tienen crédito y de la que se ha levantado de campo.

### **4.1. Resultado de los Datos (Aforo Vehicular).**

El aforo vehicular permite conocer de manera real la capacidad y volumen que existe en cada intersección analizada, posteriormente se indagará en la problemática de la congestión vehicular, para luego poder aplicar alguna posible solución que alivie este problema que molesta tanto al conductor y al peatón que transita diariamente desde el jirón Salaverry – Intersección con los jirones 1° de Mayo y Geiden Vela hasta el jirón Shapaja – Intersección con el jirón Jiménez Pimentel.

Al conocer este volumen vehicular ya podemos ver el comportamiento del flujo de tráfico, el cual varía constantemente en cada hora pico analizada, ya que esto se debe a que algunos factores ya mencionados con anterioridad aportan a esta variación, el cual se torna un poco incómodo para el usuario.

#### **4.1.1. Análisis de Volúmenes Vehiculares.**

##### **4.1.1.1. Volumen Vehicular.**

Este volumen vehicular (que va por los Jirones Salaverry, Orellana y Shapaja) es mayoritariamente de paso, más que de acceso a viviendas o lotes que se encuentran en la vía, convirtiéndose la misma en un atajo para acercarse hacia las áreas más cercanas de la zona en estudio. (Que inicia del Jirón Salaverry - intersección con los jirones 1° de Mayo y Geiden Vela hasta el extremo del Jirón Shapaja - intersección con el jirón Jiménez Pimentel).

Los datos presentados, se pueden resumir en los siguientes gráficos, en donde se puede observar claramente la variación del flujo vehicular que va cambiando de manera muy irregular conforme a las horas pico y a las diferentes intersecciones clasificadas para esta investigación.

#### **a).- Jirón Salaverry – Intersección con el Jirón Rafael Díaz y con el Jirón Amorarca.**

Estos jirones actualmente funcionan con doble carril de circulación vehicular, en la cual están situadas la mayoría de agencias de transporte nacional más

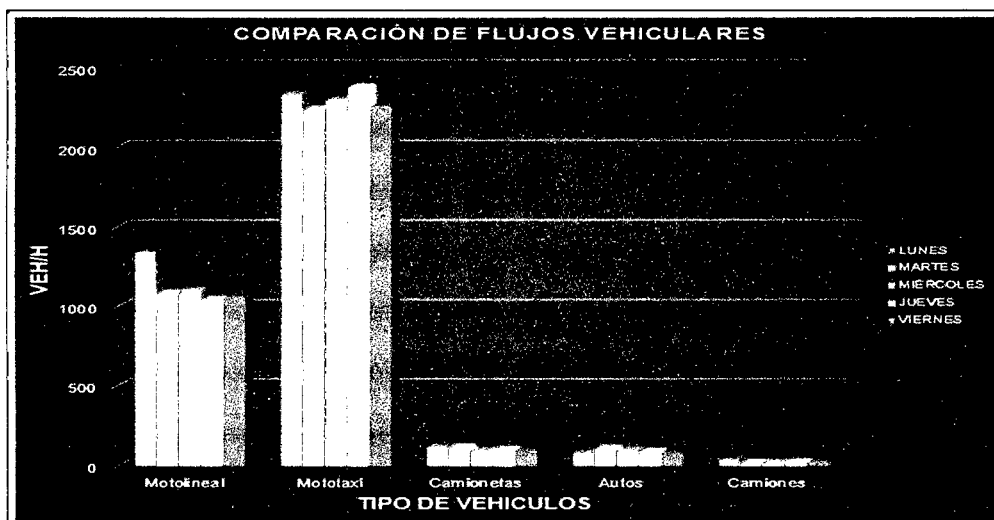
importantes, así como el acceso y salida a la universidad Nacional de San Martín de Tarapoto, pudiéndose observar en esta un flujo del tránsito muy variado.

**Tabla N° 13:** Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Salaverry - Intersección con los jirones Rafael Díaz y Amorarca; durante las horas 06.45 – 07.45, de acuerdo al sentido de vía.

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	TOTAL	%
Motolineal	1346	1088	1103	1049	1064	5650	30.75
Mototaxi	2332	2237	2298	2379	2258	11504	62.61
Camionetas	128	119	102	109	108	566	3.08
Autos	90	113	103	98	89	493	2.68
Camiones	44	25	28	32	31	160	0.87
<b>Total</b>	<b>3940</b>	<b>3582</b>	<b>3634</b>	<b>3667</b>	<b>3550</b>	<b>18373</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N° 38:** Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Salaverry - Intersección con los jirones Rafael Díaz y Amorarca; durante las horas 06.45 – 06.45, de acuerdo al sentido de vía.



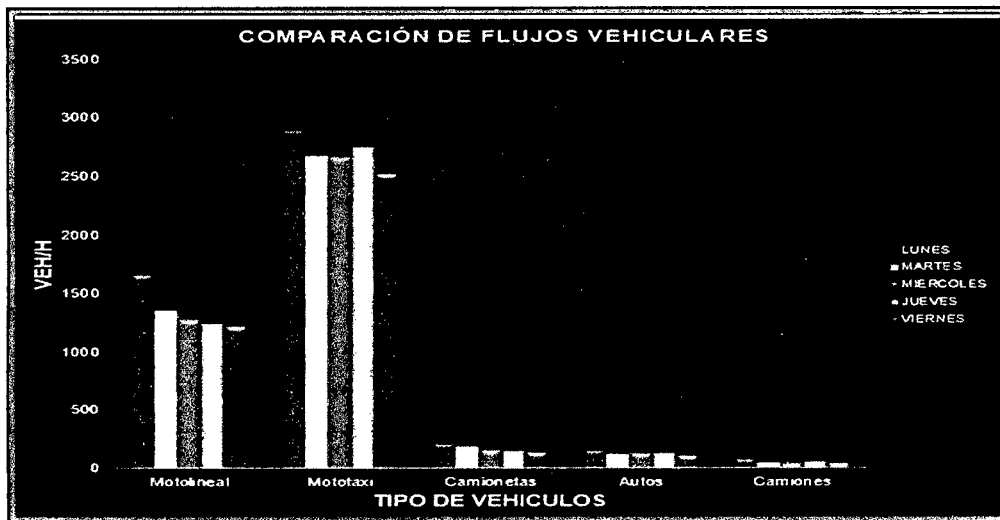
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 14:** Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Salaverry - Intersección con los jirones Rafael Díaz y Amorarca; durante las horas 12.30 – 13.30, de acuerdo al sentido de vía.

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	TOTAL	%
Motolineal	1662	1361	1279	1245	1228	6775	30.65
Mototaxi	2895	2673	2661	2748	2525	13502	61.09
Camionetas	214	187	164	152	145	862	3.9
Autos	163	120	134	130	118	665	3.01
Camiones	84	53	51	57	52	297	1.34
<b>Total</b>	<b>5018</b>	<b>4394</b>	<b>4289</b>	<b>4332</b>	<b>4068</b>	<b>22101</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N° 39:** Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Salaverry - Intersección con los jirones Rafael Díaz y Amorarca; durante las horas 12.30 – 13.30, de acuerdo al sentido de vía.



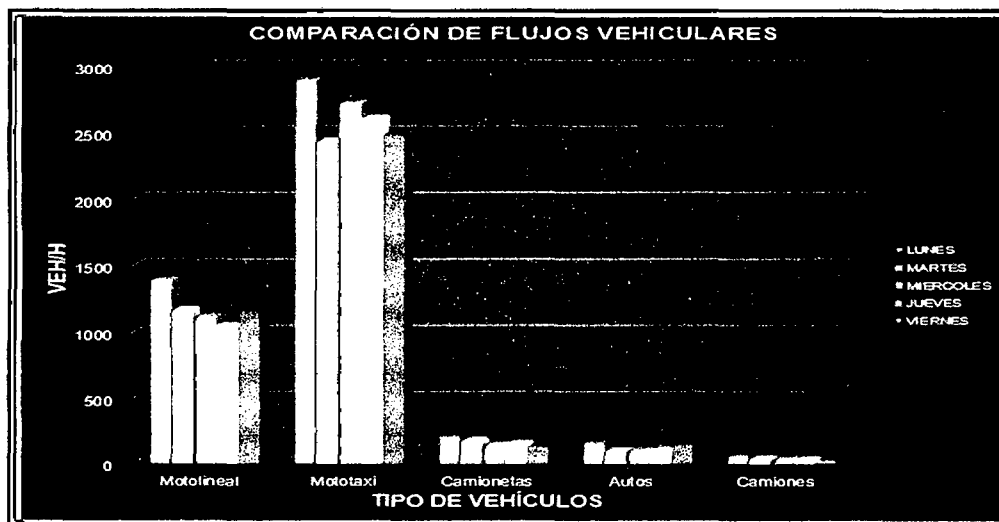
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 15:** Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Salaverry – Intersección con los jirones Rafael Díaz y Amorarca; durante las horas 18.30 – 19.30, de acuerdo al sentido de vía.

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	TOTAL	%
Motolineal	1396	1173	1117	1054	1162	5902	28.43
Mototaxi	2899	2440	2775	2612	2489	13165	63.42
Camionetas	212	182	148	161	136	839	4.04
Autos	164	107	107	110	147	635	3.06
Camiones	67	46	37	40	29	219	1.05
<b>Total</b>	<b>4738</b>	<b>3948</b>	<b>4134</b>	<b>3977</b>	<b>3963</b>	<b>20760</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N° 40:** Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Salaverry - Intersección con los jirones Rafael Díaz y Amorarca; durante las horas 18.30 – 19.30, de acuerdo al sentido de vía.

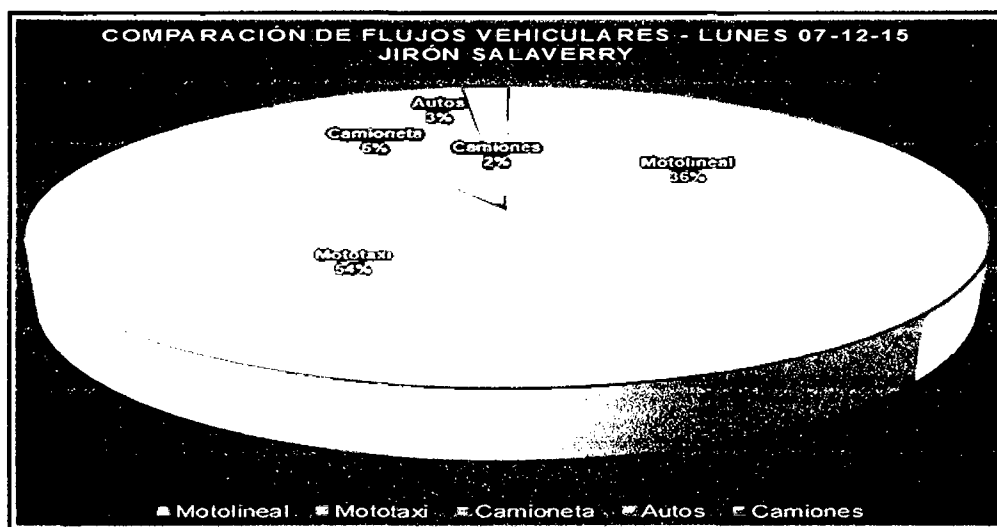


Fuente: Elaboración propia.

**Esta intersección** está conformada por los jirones: Amorarca - Salaverry – Rafael Díaz, siendo de estas la hora con mayor tránsito vehicular 12H30 a 13H30 la que alcanza un flujo vehicular total (agregando todas las aproximaciones) de 5,018 veh/h. De esta intersección la vía con mayor carga vehicular lo tiene el jirón Salaverry con un volumen de 3,359 veh/hora, volumen ligeramente superior a los 575veh/hora que posee el jirón Rafael Díaz y a los 1,084 veh/hora que posee el jirón Amorarca, sin embargo el volumen vehicular

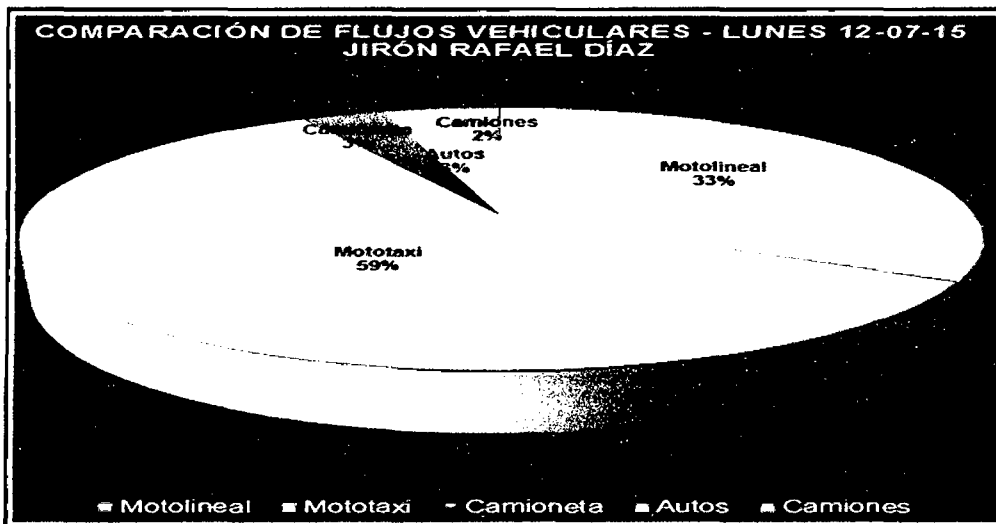
del primer jirón (Salaverry) está compuesto significativamente por mototaxis (54.54% de su volumen) en comparación al del jirón Rafael Díaz cuya composición significativamente por mototaxis (58.96% de su volumen) y del jirón Amorarca cuya composición significativamente por mototaxis (66.79% de su volumen). Esto connota al jirón Salaverry como la vía de mayor prioridad en la intersección, quedando como segunda vía de prioridad el jirón Amorarca y por ultimo quedando el jirón Rafael Díaz.

**Gráfico N° 41:** Composición del tránsito originado en el Jirón Salaverry - Intersección con los jirones Rafael Díaz y Amorarca, durante las horas 12.30 – 13.30, de acuerdo al sentido de vía.



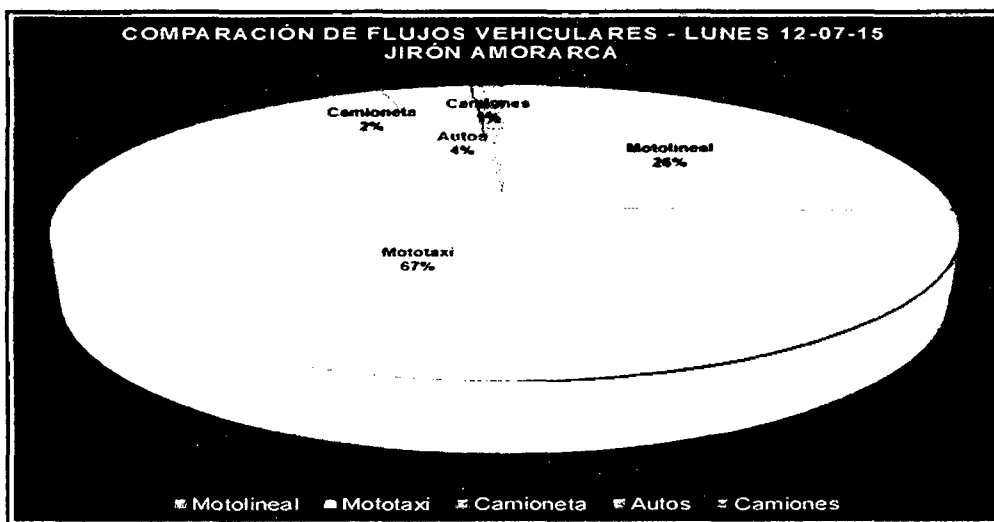
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N° 42:** Composición del tránsito originado en el Jirón Rafael Díaz - Intersección Jirón Salaverry, durante las horas 12.30 – 13.30, de acuerdo al sentido de vía.



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N° 43:** Composición del tránsito originado en el Jirón Amorarca - Intersección Jirón Salaverry, durante las horas 12.30 – 13.30, de acuerdo al sentido de vía.



Fuente: Elaboración propia.



**b).- Jirón Orellana Intersección con el Jirón Alfonso Ugarte.**

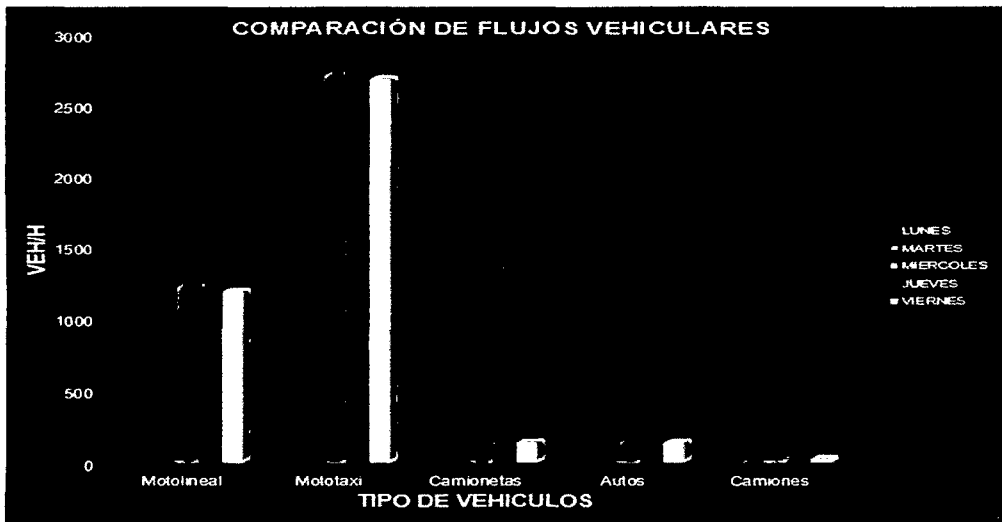
Estos Jirones actualmente funcionan con doble carril de circulación vehicular, en esta zona de estudio se encuentran ubicados e instalados centros comerciales, centros educativos e instituciones públicas. Pudiéndose observar un flujo del tránsito muy variado.

**Tabla N° 16:** Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Orellana - Intersección con el Jirón Alfonso Ugarte; durante las horas 06.45 – 07.45, de acuerdo al sentido de vía.

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	TOTAL	%
Motolineal	1148	1039	1222	1199	1192	5800	27.94
Mototaxi	2794	2630	2713	2752	2686	13575	65.4
Camionetas	62	109	129	136	148	584	2.81
Autos	107	119	144	108	148	626	3.02
Camiones	33	37	32	36	35	173	0.83
<b>Totales</b>	<b>4144</b>	<b>3934</b>	<b>4240</b>	<b>4231</b>	<b>4209</b>	<b>20758</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N° 44:** Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Orellana – Intersección con el Jirón Alfonso Ugarte; durante las horas 06.45 – 07.45, de acuerdo al sentido de vía.



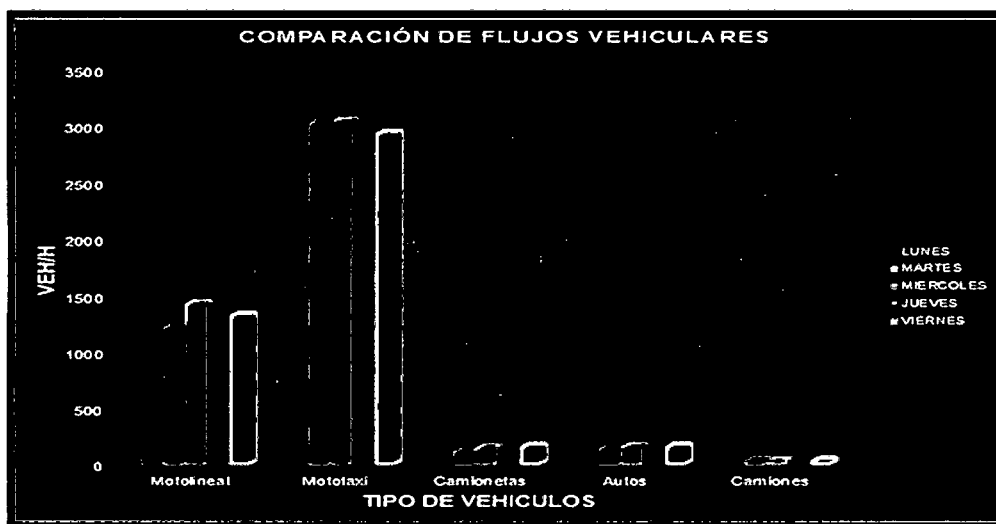
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 17:** Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Orellana - Intersección con el Jirón Alfonso Ugarte; durante las horas 12.30 – 13.30, de acuerdo al sentido de vía.

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	TOTAL	%
Motolineal	1310	1235	1444	1412	1344	6745	28.54
Mototaxi	3163	3038	3049	2963	2948	15161	64.14
Camionetas	79	125	165	159	178	706	2.99
Autos	124	151	175	134	180	764	3.23
Camiones	54	51	49	50	56	260	1.1
Totales	4730	4600	4882	4718	4706	23636	100

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N° 45:** Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Orellana – Intersección con el Jirón Alfonso Ugarte; durante las horas 12.30 – 13.30, de acuerdo al sentido de vía.



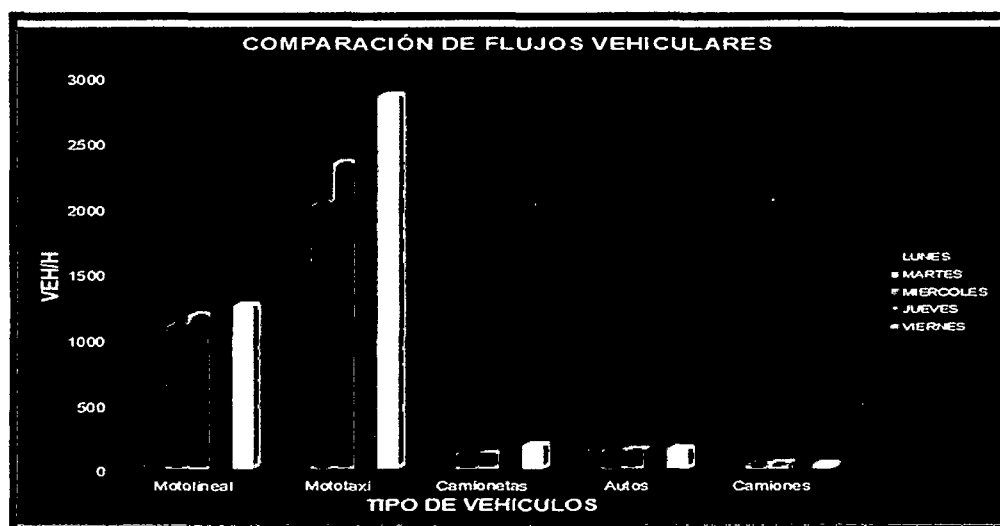
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 18:** Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Alfonso Ugarte - Intersección con el Jirón Orellana; durante las horas 18.30 – 19.30, de acuerdo al sentido de vía.

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	TOTAL	%
Motolineal	1236	1104	1191	1399	1260	6190	31.38
Mototaxi	2135	2029	2346	2487	2864	11861	60.13
Camionetas	100	124	123	177	191	715	3.62
Autos	110	146	155	148	165	724	3.67
Camiones	55	41	53	44	42	235	1.19
Totales	3636	3444	3868	4255	4522	19725	100

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N° 46:** Distribución horaria de la demanda vehicular realizado entre el Jirón Alfonso Ugarte – Intersección con el Jirón Orellana; durante las horas 18.30 – 19.30, de acuerdo al sentido de vía.

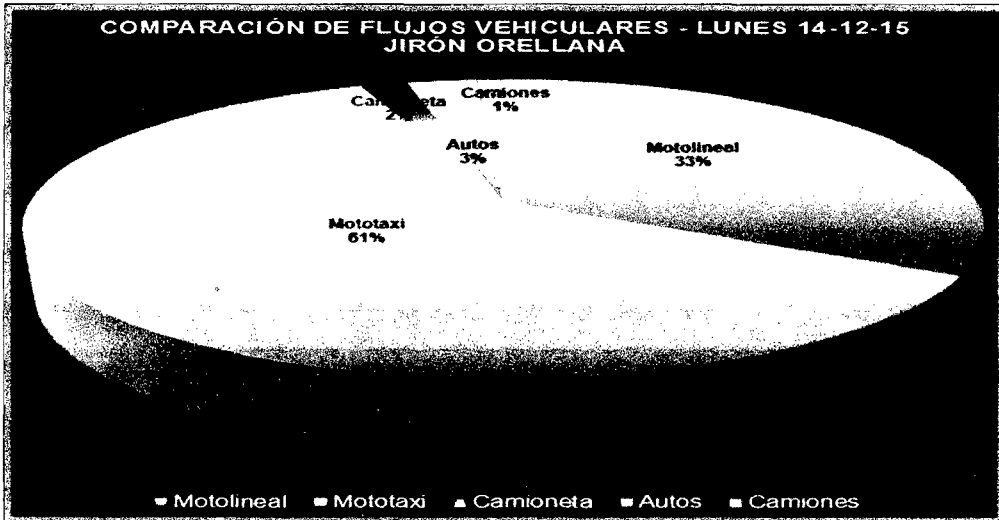


Fuente: Elaboración propia.

**Esta intersección** está conformada por los Jirones: Orellana – Alfonso Ugarte, siendo de estas la hora con mayor congestión vehicular 12H30 a 13H30 la que alcanza un flujo vehicular total (agregando todas las aproximaciones) de 4,730 veh/h. De esta intersección la vía con mayor carga vehicular lo tiene el jirón Orellana con un volumen de 2,580 veh/hra, volumen ligeramente superior a los 2,150 veh/hra que posee el jirón Alfonso Ugarte, sin embargo el volumen vehicular del primer jirón (Orellana) está compuesto significativamente por mototaxis (61.55% de su volumen) en comparación al del jirón Alfonso Ugarte

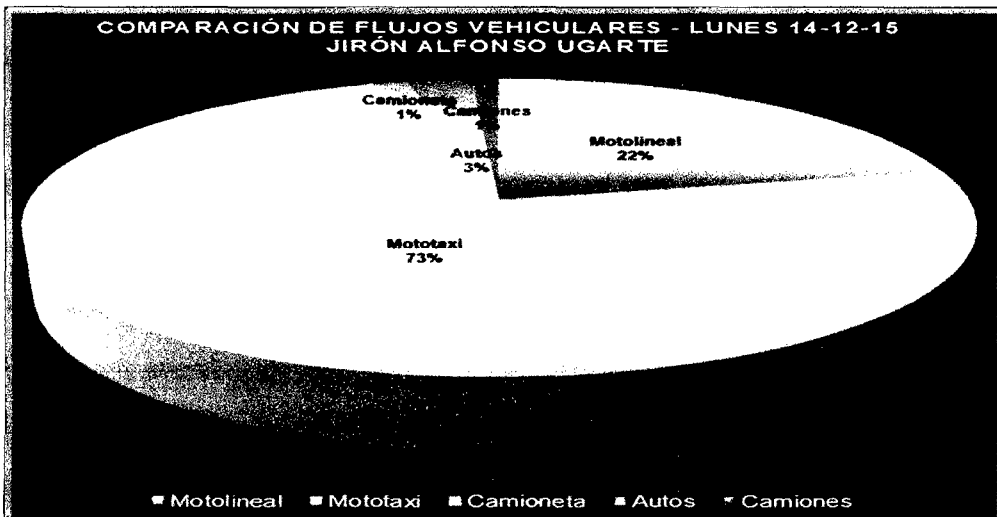
cuya composición significativamente por mototaxis (73.26% de su volumen). Esto connota al jirón Orellana como la vía de mayor prioridad en la intersección, quedando como segunda vía de prioridad el jirón Alfonso Ugarte.

**Gráfico N° 47:** Composición del tránsito originado en el Jirón Orellana-Intersección con el Jirón Alfonso Ugarte, durante las horas 12.30 – 13.30, de acuerdo al sentido de vía.



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N° 48:** Composición del tránsito originado en el Jirón Alfonso Ugarte-Intersección con el Jirón Orellana, durante las horas 12.30 – 13.30, de acuerdo al sentido de vía.



Fuente: Elaboración propia

Después de expresar los resultados obtenidos, se puede tener una idea del máximo volumen vehicular que existe en cada intersección seleccionada. Ahora es indispensable analizar los datos de tráfico con otros años como: Los recabados en el informe de tesis de grado **“La congestión del tránsito urbano en Tarapoto, causas, consecuencias y alternativas de solución”** y por la **Municipalidad Distrital de Tarapoto**, lo que significa que existe cada vez más una mayor demanda de transporte público, lo que conlleva a que se genere el congestionamiento vehicular por el exceso de vehículos en la zona de estudio, saturándose las calles y generando molestias al conductor y peatón.

Luego de obtener estos resultados que son producto del análisis respectivo, se puede observar que el mayor conflicto vehicular se concentra en las intersecciones de los jirones: Salaverry, Amorarca, Rafael Díaz; Orellana y Alfonso Ugarte, con niveles de servicio de operación muy críticas en las tres horas pico de análisis, las mismas que serán tomadas en cuenta en la aplicación de alguna medida con el fin de disminuir su nivel de congestión vehicular y calidad de vida del ciudadano.

## **5. ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.**

### **5.1. Propuestas.**

Conociendo el grado de congestión vehicular de los jirones Salaverry, Orellana y Shapaja, iniciando en el jirón Salaverry – intersección con los jirones 1° de Mayo y Geiden Vela hasta el jirón Shapaja – intersección con el jirón Jiménez Pimentel y qué en esta existen puntos específicos con tal magnitud de éste problema; se plantea estrategias enfocadas a corto y largo plazo, las mismas que se establecen dentro de un ámbito técnico y político, las cuales al aplicarlas se puede aportar a disminuir en parte esta problemática.

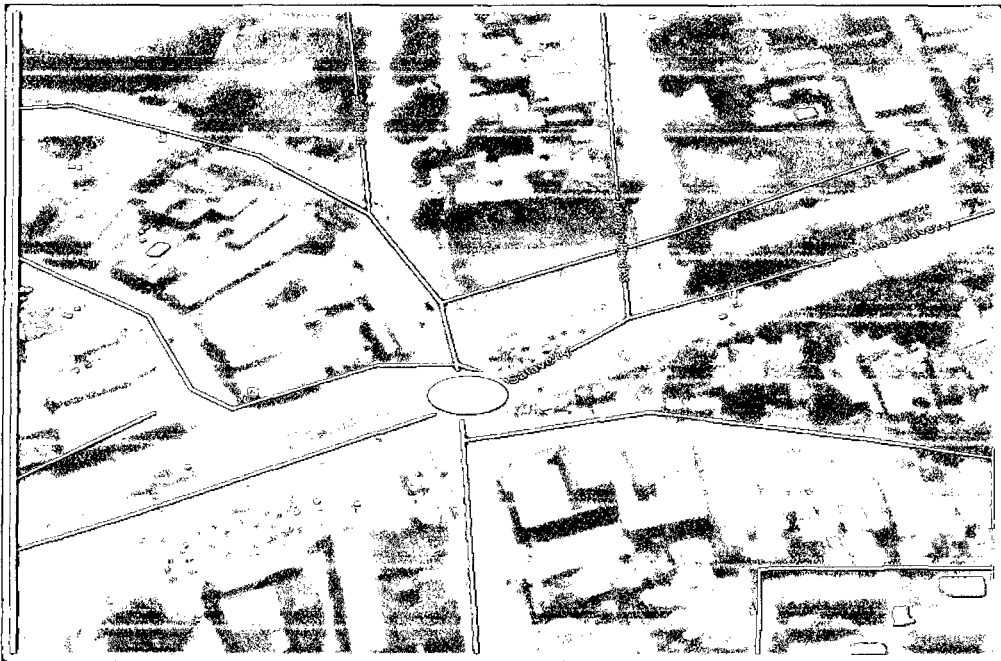
A continuación se propone para este estudio las siguientes posibles soluciones al congestionamiento vehicular.

#### **5.1.1. Construcción de Ovalo (Rotonda).**

Uno de los factores importantes para la conocer el nivel de congestionamiento es conocer el volumen vehicular que pasan por cierta sección de vía, para lo cual la construcción de un ovalo (Rotonda) de control de tráfico nos puede brindar toda aquella información requerida de manera visual cualitativa. Para lo cual se va intervenir en los siguientes escenarios, el cual podrá ser muy útil al momento de tomar una decisión de destino al transitar por los jirones en estudio.

Siendo estos jirones uno de los principales para abastecer a los locales comerciales y centros educativos que se encuentran al margen de la vía en estudio, estos a su vez son los principales contribuyentes a la generación de congestión vehicular en las horas pico de la zona de estudio. Entonces aquí nace la idea de implementar esta medida para tratar de aliviar esta problemática.

**Gráfico N° 50:** Intersección entre los jirones Salaverry, Rafael Díaz y Amorarca - Construcción de Ovalo o Rotonda.



Fuente: Google Earth

#### **a.- Disposiciones Generales<sup>31</sup>**

##### **Tamaño, posición y alineación de aproximación**

Para poder alcanzar los objetivos mencionados anteriormente, se deben optimizar estos 3 aspectos para equilibrar los principios de diseño.

Diámetro de círculo inscrito: Para el vehículo de diseño que se eligió, el diámetro más pequeño es de 40 m. Generalmente, para rotondas de varios carriles, el diámetro varía desde 45 a 100 m. Para rotondas de 2 carriles, pueden ser desde 49 hasta 55 m., para rotondas de 3 o 4 carriles, se puede obtener diámetros desde 60 a 100 m.

<sup>31</sup>Jesús Arturo Guzmán Balcazar, en su estudio de tesis "Rediseño del Ovalo el Naranjal", Perú, 2015.

**Tabla N° 19:** Especificaciones generales para el diseño de rotondas.

Configuración de rotonda	Típico vehículo de diseño	Rango de diámetro de circunferencia inscrita	
Mini-rotonda	SU-30	45-90 ft	14-27 m.
De un solo carril	B-40	90-150 ft	27-46 m.
	WB-50	105-150 ft	32-46 m.
	WB-67	130-180 ft	40-55 m.
De varios carriles (2 carriles)	WB-50	150-220 ft	46-67 m.
	WB-67	165-220 ft	50-67 m.
De varios carriles (3 carriles)	WB-50	200-250 ft	61-76 m.
	WB-67	220-300 ft	67-91 m.

**Fuente:** Adaptado de NCHRP Report 672 (2010).


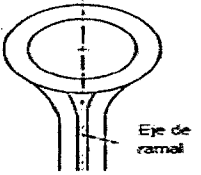
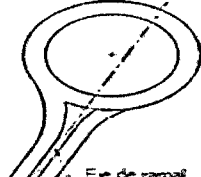
Si se escogiera el menor diámetro del rango mostrado en una zona urbana, ayudaría a un mejor funcionamiento debido a las limitaciones de derecho de paso que la rotonda exige, pero a la vez no podría permitir un mismo ángulo de deflexión y control de velocidad como sí lo haría un diámetro mayor (The Highways Agency, 2007, p. 7/2).

**Alineación de los ramales:** Este aspecto afecta a la deflexión de entrada, por lo tanto, también a la velocidad. Además afecta a la visibilidad del conductor de los otros ramales o entradas y la capacidad de que el vehículo diseño se acomode en su paso.

En la siguiente tabla se aprecian las 3 formas de ubicar los ramales con respecto al centro del óvalo.




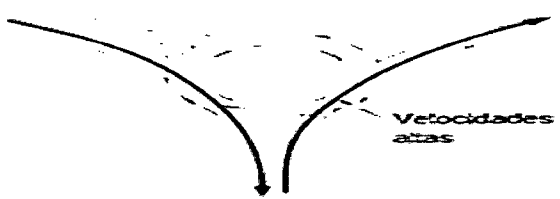
**Gráfico N° 51:** Especificaciones técnicas para el diseño de rotondas.

<p><b>Eje al lado izquierdo del centro del óvalo</b></p>		<p>Es bueno para óvalos pequeños en la que transitan vehículos largos. Es ineficiente para vehículos ligeros porque tienen velocidades altas a la salida.</p>
<p><b>Eje alineado con el centro del óvalo</b></p>		<p>Permite que las curvaturas de salida puedan llevar a los conductores a reducir la velocidad. Normalmente usado para radios grandes.</p>
<p><b>Eje al lado derecho del centro del óvalo</b></p>		<p>En estas es más complicado obtener velocidades deseadas (entrada y salida), por ello no son normalmente usadas.</p>

**Fuente:** Adaptado de NCHRP Report 672 (2010).

**Ángulo entre los ramales de aproximación:** En general, es preferible que las aproximaciones lleguen a la intersección con un ángulo aproximado de 90°; si es mayor a este, las velocidades para girar a la derecha serían elevadas y propensos a los accidentes; de la misma forma, si los ángulos son menores a 90°, los vehículos grandes dificultarían su giro (NCHRP, 2010, p. 6-20). Por lo general, el hecho que las aproximaciones lleguen de forma perpendicular a la intersección, hace que las velocidades sean bajas para cualquier movimiento deseado.

**Gráfico N° 52:** Especificaciones de ángulos para el diseño de rotondas.

<p><b>Ángulo perpendicular entre ramales</b></p>	
<p><b>Ángulo mayor a 90° entre ramales</b></p>	

**Fuente:** Adaptado de NCHRP Report 672 (2010)

### **b.- Rotondas de un solo carril<sup>32</sup>:**

En este tipo de óvalos, el radio de salida es, por lo general, más grande que el de entrada para evitar la congestión vehicular, sobre todo si es que es transitada por tráileres como el vehículo de diseño WB-65.

A continuación se explica los parámetros y consideraciones que se debe tener para este tipo de rotondas.

**Ancho de entrada:** Para poder obtener el ancho adecuado se debe tener en cuenta el flujo peatonal<sup>33</sup>, el flujo vehicular, la velocidad vehicular y el vehículo de diseño. Por lo general estos anchos van desde 4.2 a 5.5 m., pues es adecuado para el libre ingreso del vehículo de diseño; sin embargo, si el valor es menor a este rango, se debe tener en cuenta que los vehículos que utilizarán la rotonda serán de menor tamaño, y si el valor es mayor, se debe tener cuidado porque se puede interpretar como si hubieran dos carriles.

**Ancho de calzada circulatoria:** El ancho de la calzada de circulación debe ser tan amplia como el ancho de entrada o hasta un 1.2 dicho valor, este debe permanecer constante a lo largo de todo el óvalo. El ancho varía entre 4.8 y 6 m., de la misma manera, se debe procurar tener valores dentro de ese rango, puesto que se puede generar dudas en la cantidad de carriles de la calzada (The Highways Agency, 2007, p. 7/2). Para zonas urbanas, se debe buscar el ancho para dar un flujo continuo de vehículos; si es que pasan camiones (a partir de WB-62), es necesario darle el ancho suficiente para que estos puedan girar y para ello se necesita colocar un espacio adicional para el lado de la isla central. Según la ASSHTO, la distancia mínima entre la parte posterior de las llantas y el borde de la pista debe ser 0.3 m., para fines de comodidad se usa 0.6 m.

**Isla Central:** Por lo general, se prefiere que las islas centrales sean elevadas y no deben ser transitables. Pueden tener un bordillo a lo largo de todo el perímetro, como se mencionó anteriormente, para ayudar al giro de vehículos grandes (NCHRP, 2010, p. 6-25).

---

<sup>32</sup>Jesús Arturo Guzmán Balcazar, en su estudio de tesis "Rediseño del Ovalo el Naranjal", Perú, 20015.

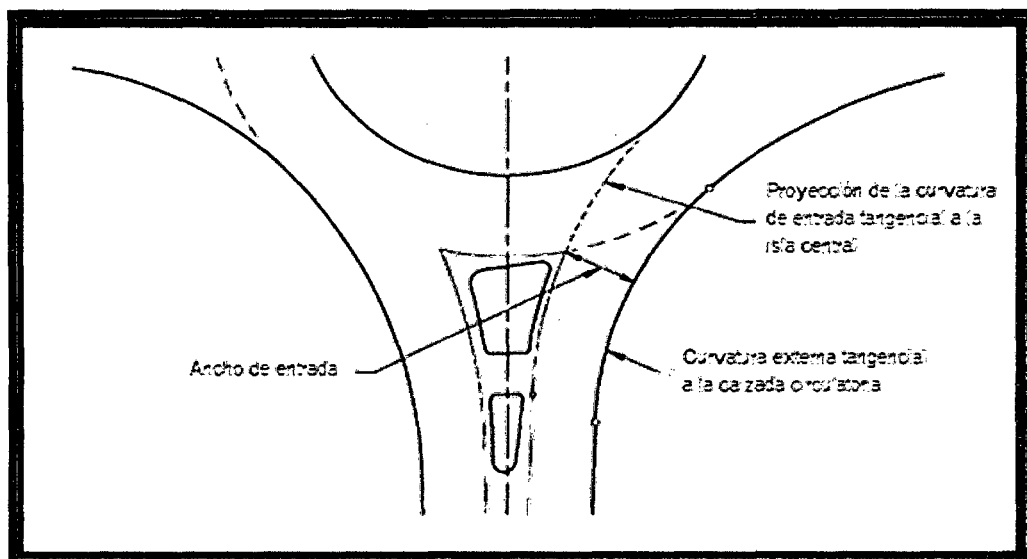
<sup>33</sup>Actualmente no influye porque los peatones usan puentes para cruzar.

La forma de la isla influye mucho en el tránsito. Cuando el óvalo tiene una forma circular, esta permite que la velocidad sea constante durante el trayecto. Si la rotonda tiene forma ovoide, esta permitiría velocidades altas en la entrada y salida en su eje más largo, mientras que en el eje corto generaría velocidades lentas para cruzar la intersección. En el caso de óvalos de un solo carril, este aspecto no es un problema, ya que el diámetro y la distancia a recorrer son relativamente pequeños y se podría obtener una velocidad casi constante. El diámetro del óvalo en zonas rurales debe ser mayor que el de las zonas urbanas, ya que este debe ser más notorio para los vehículos que, por lo general, van a velocidades altas, de esta manera, se podría cruzar el óvalo a velocidad media. El mínimo radio debe ser de 4 m., ya que menor a este se puede considerar como un mini-óvalo (The Highways Agency, 2007, p. 7/2).

**Diseño de entrada:** La longitud de la entrada se mide desde la isla divisoria hacia la curva de giro a la derecha de forma perpendicular, a veces este se confunde con la proyección de la parte posterior de la calzada de circulación.

En la siguiente figura se muestra cuál es el ancho de entrada al óvalo.

**Gráfico N° 53:** Diseño de curvatura en ovalo o rotonda.



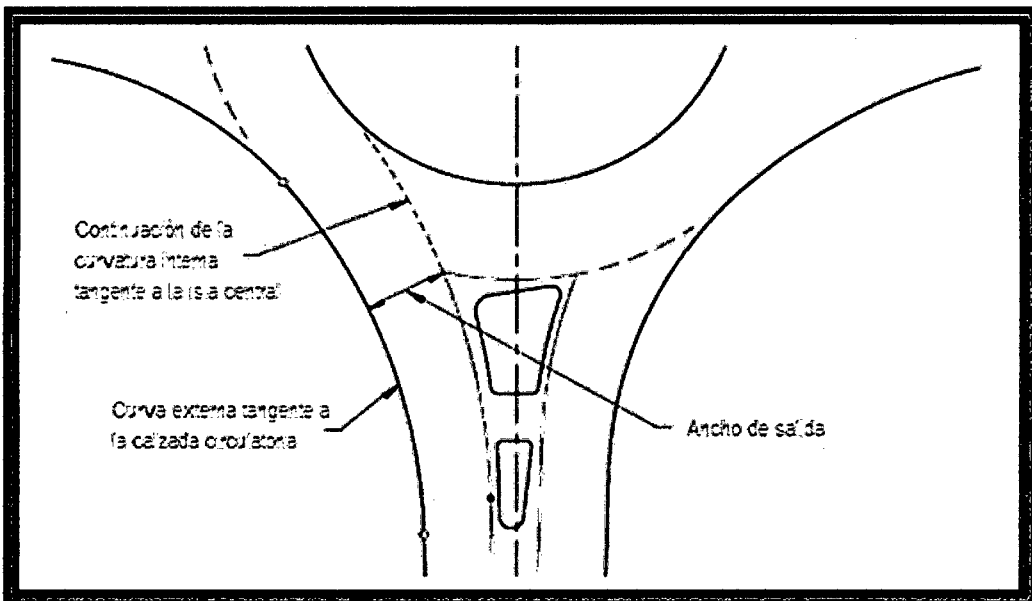
**Fuente:** Adaptado de NCHRP Report 672 (2010)

El radio de entrada debe tener la medida adecuada para evitar ingresar al óvalo con velocidades altas y ocasionar accidentes, por lo que se recomienda radios que varíen entre 15 y 30 m.

La visibilidad también es importante, para ello se juega con el ángulo de entrada que varían entre 20 y 40 grados para poder ver sin mucho esfuerzo a los vehículos que vienen a través de la calzada circulatoria.

**Diseño de salida:** Al igual que en la entrada, el ancho de salida se mide desde la isla separadora a la curva de salida perpendicularmente. Los radios de salida por lo general son mayores que los de entrada, ya que se requiere que no se congestione, pero esto se ve equilibrado con el paso peatonal en las salidas. Por lo general estos radios van de 30 a 60 m (NCHRP, 2010, p. 6-25).

**Gráfico N° 54:** Diseño de salida en ovalo o rotonda.



**Fuente:** Adaptado de NCHRP Report 672 (2010)

**Consideraciones para el vehículo de diseño:** Dependiendo de los tipos de vehículos que circularán la rotonda, se debe tener en cuenta ciertas consideraciones en el diseño. Por ejemplo, el uso de bordillos transitables alrededor de la isla central dan mayor comodidad a los vehículos pesados y largos; también, una pequeña deflexión en el terreno ayudaría a que los vehículos pequeños disminuyan su velocidad, pero para vehículos grandes significaría un problema.

El tipo de zona es una consideración importante, ya que dependiendo de este se verá qué tipo de vehículos se utilizará. Por ejemplo, para zonas agrícolas los tractores y camiones se pueden considerar como vehículos de diseño, ya que estos transitan cada minuto por dicha intersección.

Se puede diseñar óvalos para vehículos pequeños en las que también podrían transitar semirremolques; dicho óvalo permitiría que los autos se muevan libremente, podría girar hacia ambos lados sin dificultades, sin embargo, el tránsito para camiones sería en una sola dirección, ya que la rotonda diseñada es pensada para la libre movilidad de los vehículos menores.

Como se mencionó anteriormente, se debe tener cuidado en el ancho del carril, puesto que esto puede ocasionar que los usuarios interpreten una calzada con varios carriles. Para mejor comodidad de los vehículos pesados, se puede ampliar el diámetro de la isla central o simplemente se puede ampliar el ancho del carril.

**Bordillos transitables para vehículos pesados:** Este bordillo es de uso exclusivo para vehículos mayores, aquellos que necesitan de un espacio extra para poder desplazarse por el óvalo sin problemas. Este espacio debe estar diferenciado de la calzada regular para evitar que vehículos ligeros transiten sobre este, por ello se usa este espacio de otro color (a veces se usa otro material como adoquines) y está elevado con 2 o 3 pulgadas por encima de la calzada circulatoria.

### **c.- Mini-óvalos<sup>34</sup>.**

La gran diferencia con los demás tipos de óvalos, es que este tiene una isla central que puede ser transitable, sobre todo para los vehículos de gran tamaño. A continuación se muestran los aspectos básicos que debe tener este tipo de óvalo.

**Criterio de diseño:** El diámetro inscrito no debe ser superior a los 30 m., de ser mayor, la isla central deberá ser elevada y no transitable en la mayoría de casos. El mini-óvalo debe estar diseñado de tal manera que los autos sean capaces de transitarlo sin la necesidad de ir por la isla central sino por sus alrededores y que los tráileres o semirremolques sean capaces de pasar por encima de dicha isla.

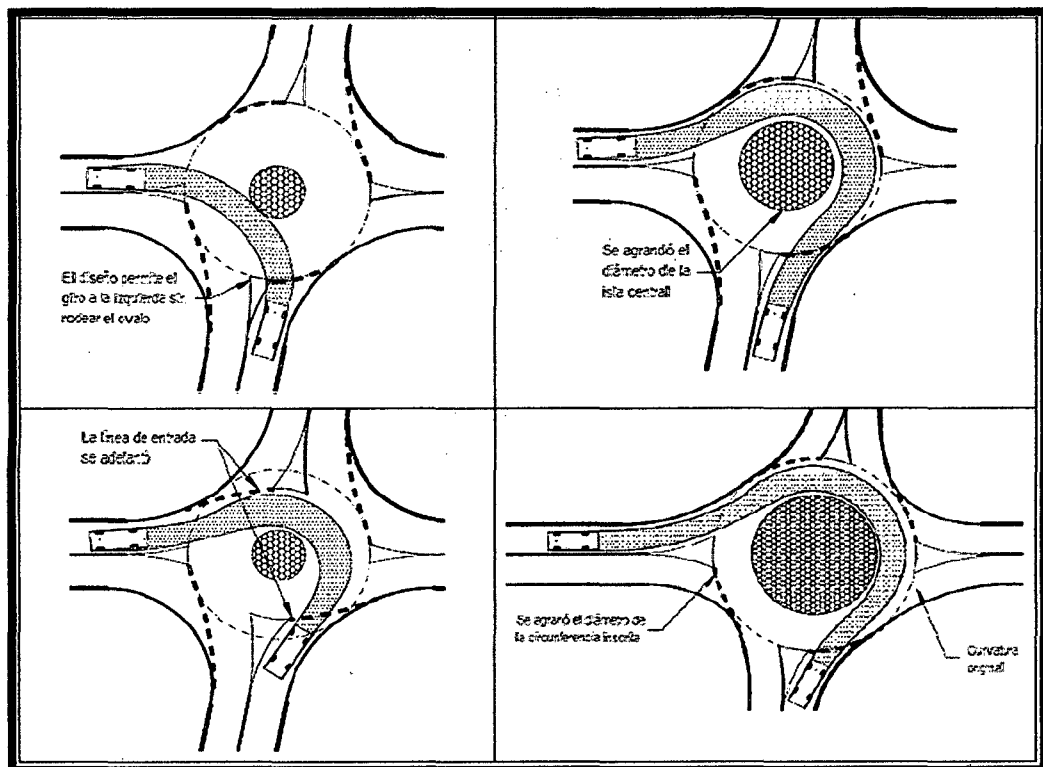
---

<sup>34</sup>Jesús Arturo Guzmán Balcazar, en su estudio de tesis "Rediseño del Ovalo el Naranjal", Perú, 20015.

Las islas centrales deben ser montables y con una altura de no más de 5<sup>35</sup> con respecto a la calzada circulatoria, de esta manera se hace más visible para los conductores. La isla central debe diferenciarse del resto, por ejemplo, en Estados Unidos se delinea el perímetro de color amarillo. Para evitar que los vehículos giren hacia la izquierda sin dar la vuelta a la rotonda, se debe delinear bien el perímetro del círculo inscrito; también se puede agrandar el diámetro de la isla central o del círculo inscrito.

A continuación se muestra las posibilidades para evitar que los vehículos giren a la izquierda sin rodear el óvalo.

**Gráfico N° 55:** Consideraciones para el diseño de ovalo o rotonda.



Fuente: Adaptado de NCHRP Report 672 (2010).

**Islas separadoras:** Se pueden usar islas elevadas si es que la frecuencia con la que los peatones cruzan es moderada. También se puede usar islas divisorias al ras de la calzada si el tránsito vehicular es lento. Es posible que se tenga una combinación de ambos, se puede tener una isla elevada para refugiar peatones,

<sup>35</sup>No puede ser mayor a 5" porque podría causar daños en los vehículos.

pero al llegar a la salida, la prolongación de la isla puede ser solo pintada y estar al ras.

**Consideraciones para peatones:** Se recomienda que las rampas que permiten el ingreso y salida entre la vereda y la calzada se ubiquen 6 metros antes de la línea de entrada, ya que en dicha distancia puede entrar un vehículo. Cuando se tiene una isla divisoria elevada, se recomienda que la parte por donde cruzarán los peatones sea al ras de la calzada. Este refugio en las islas divisorias debe ser detectable para las personas con discapacidad de visión; por ejemplo, se pueden colocar bruñas transversales y deben estar marcadas 60 cm. a cada lado de los bordes<sup>36</sup>.

**Consideraciones para mini-rotondas con 3 brazos:** Este se debe usar cuando las velocidades de los vehículos son bajas. En la parte superior de la T, la calzada transversal es parte del círculo inscrito, lo que genera que los vehículos que se trasladan por dicha vía eleven sus velocidades.

---

<sup>36</sup>Las bruñas permiten el reconocimiento de las personas con ceguera.

**Gráfico N° 56:** Consideraciones técnicas para el diseño de ovalo o rotonda.

	<p>No hay deflexión en la vía, lo que permite altas velocidades.</p>
	<p>Se puede mover el óvalo al centro de las vías, generando una deflexión en la que fue recta.</p>
	<p>Se puede generar una pequeña deflexión en la vía de ingreso para disminuir las velocidades de ingreso</p>

Fuente: Adaptado de NCHRP Report 672 (2010).

**d.- Óvalos de varios carriles<sup>37</sup>.**

Muchos principios usados para las rotondas de un solo carril también son aplicados para aquellas que tienen varios carriles, pero de una manera un poco más compleja.

Las marcas en el pavimento y la debida señalización son fundamentales para un funcionamiento óptimo del óvalo. Estos junto con el diseño geométrico deben ser diseñados de forma conjunta.

En los siguientes párrafos se muestran los aspectos que se requieren para un correcto diseño.

**Disposición y números de carriles:** En este tipo de óvalos se debe tener claro qué tantos carriles se necesitan usar para la cantidad de vehículos que se

<sup>37</sup>NCHRP,2010, p. 6-33.

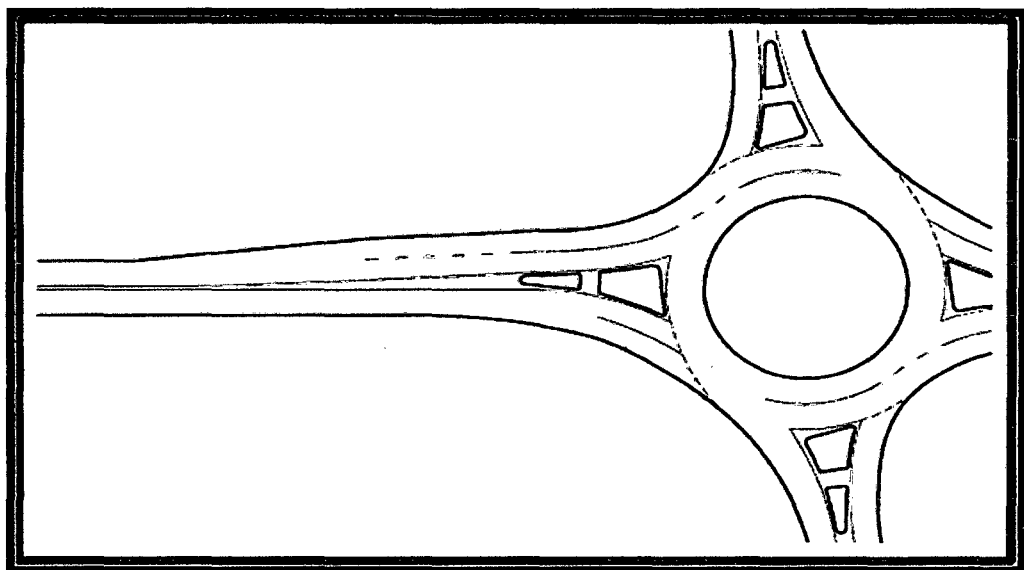


trasladarán por dicha vía, de esta forma, no se excede la capacidad de cada uno de los carriles.

El principio primordial es que el diseño genere continuidad en la entrada, circulación y salida del óvalo de tal manera que no se necesite cambios de carril durante el recorrido. Se desea lograr una balanceada utilización de los carriles, con el fin de abarcar la capacidad demandada. Además se deben analizar otras variables que puedan influir en el tránsito del óvalo, como los cuellos de botella.

**Ancho de entrada:** El ancho de entrada varía, para 2 carriles va desde 7.3 a 9.1 m. mientras que para 3 carriles el rango va desde 11 a 13 m., cuyos anchos típicos varían desde 3.7 a 4.6 m. de cada uno (NCHRP, 2010, p. 6-35). Cuando se requiere adicionar un carril más en la entrada del óvalo, se tienen dos opciones; adicionar totalmente un carril antes de llegar a la rotonda, o agrandar gradualmente el ancho de entrada. Ambos se muestran en las siguientes imágenes.

**Gráfico N° 57:** Especificaciones generales para el diseño de rotondas.

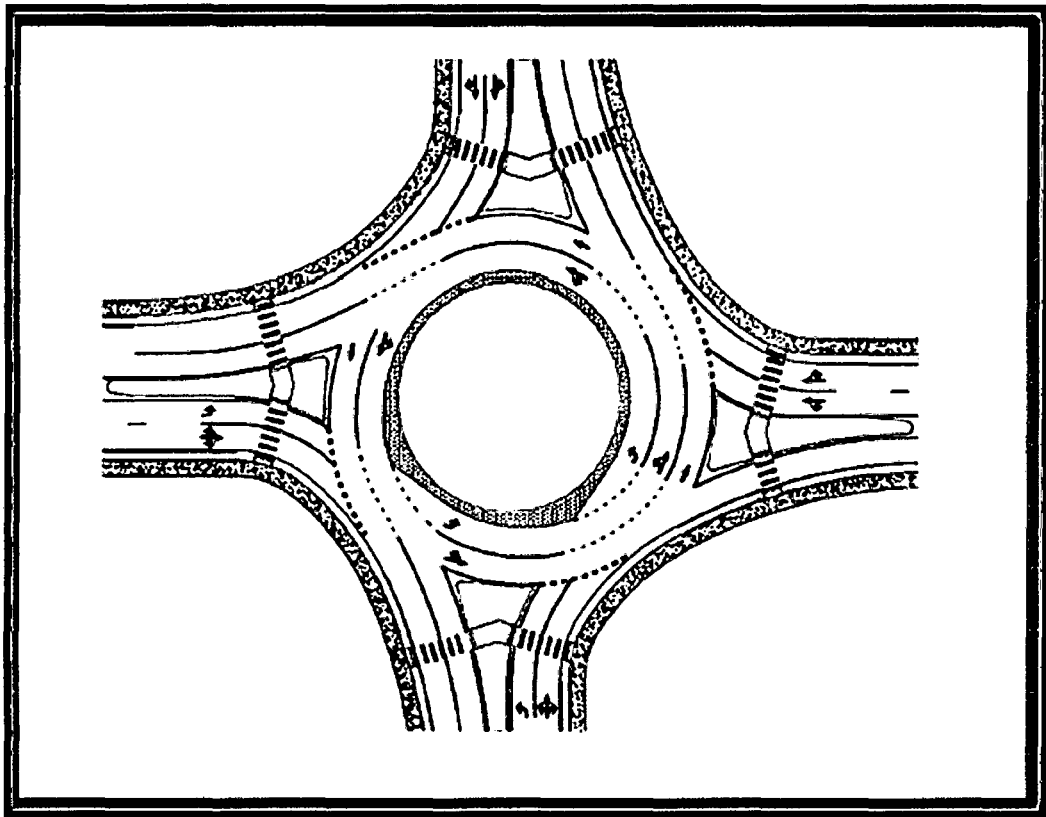


**Fuente:** NCHRP Report 672 (2010).

**Ancho de calzada circulatoria:** Si en el tráfico la cantidad de vehículos predominantes es de buses y de camiones tipo furgones y solo pocos semirremolques, entonces se podría diseñar dos carriles, uno para buses y otro

para camiones. Si la cantidad de semirremolques es considerable<sup>38</sup>, se podría optar por diseñar 3 carriles, uno para cada uno. Los anchos de carriles en la parte circulatoria suelen ir de 4.3 a 4.9 m., por lo tanto, el ancho de calzada para dos carriles irían de 8.5 a 9.8 m., mientras que el ancho para tres carriles iría de 12.8 a 14.6 m. Si en alguno de los ramales se tiene poco flujo vehicular, es conveniente que el número de carriles sea reducido. También, si es que hay mucha demanda de giros hacia la izquierda en dos entradas consecutivas, se puede agregar un carril más en la calzada de circulación para evitar la congestión en el óvalo.

**Gráfico N°58:** Diseño de ancho de calzada circulatoria en ovalo o rotonda.



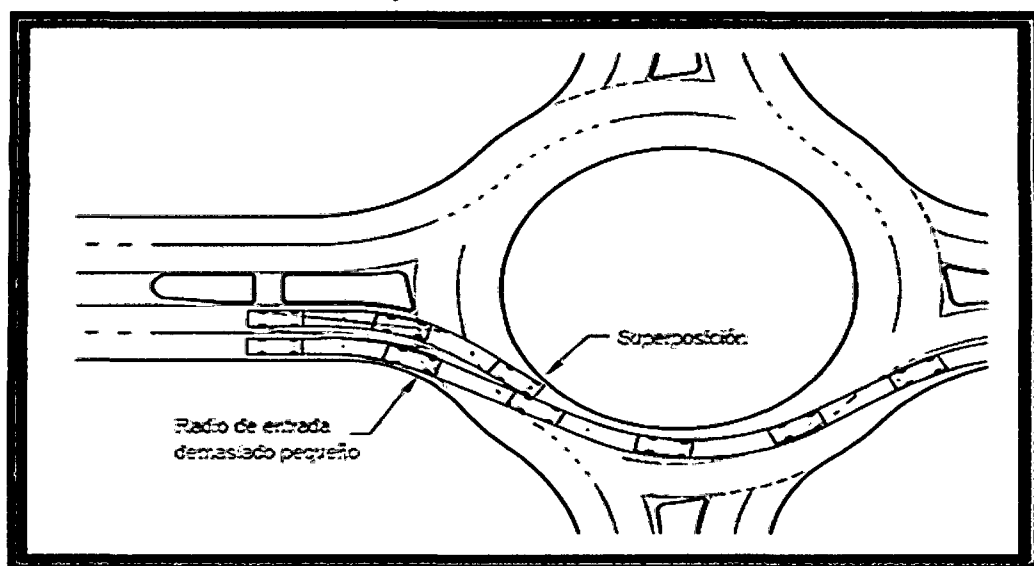
Fuente: NCHRP Report 672 (2010).

**Geometría de entrada y alineación de aproximaciones:** Pequeños radios de entrada puede reducir la velocidad de entrada, pero genera superposición entre los vehículos en la entrada a la rotonda. Los radios de entrada deben exceder los 20m., si estos son más pequeños, puede generar congestión. Los radios de mayor trayectoria deben estar en el rango de 53 a 84m. Para una velocidad promedio que va desde 40 a 50 km/h. La superposición de vehículos en el camino suele darse en las entradas, donde la geometría del carril derecho tiende a conducir a

<sup>38</sup>Mayores al 10% del flujo total.

los vehículos hacia la izquierda, y en las salidas, donde la geometría del carril izquierdo tiende a conducir a los vehículos hacia la derecha.

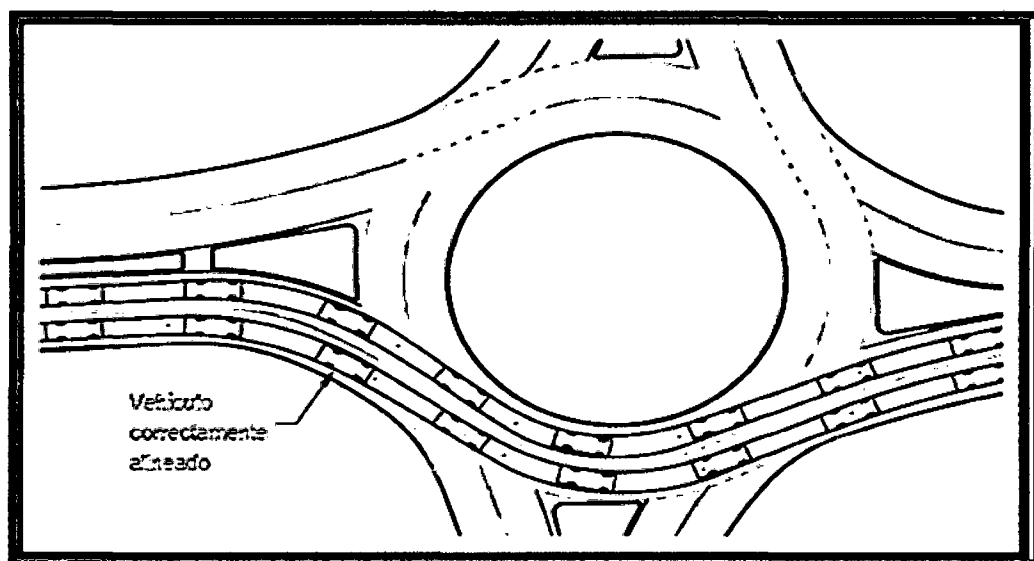
**Gráfico N° 59:** Geometría y alineación de entrada en ovalo.



Fuente: Adaptado de NCHRP Report 672 (2010).

Por ello, para evitar este tipo de problemas se debe buscar el equilibrio, de tal manera que los vehículos se desplacen de manera alineada a lo largo de la trayectoria de circulación. En la siguiente imagen, dicho equilibrio y trayectoria libre se logra agrandando el radio de entrada, siendo esta tangente a la circunferencia inscrita del óvalo.

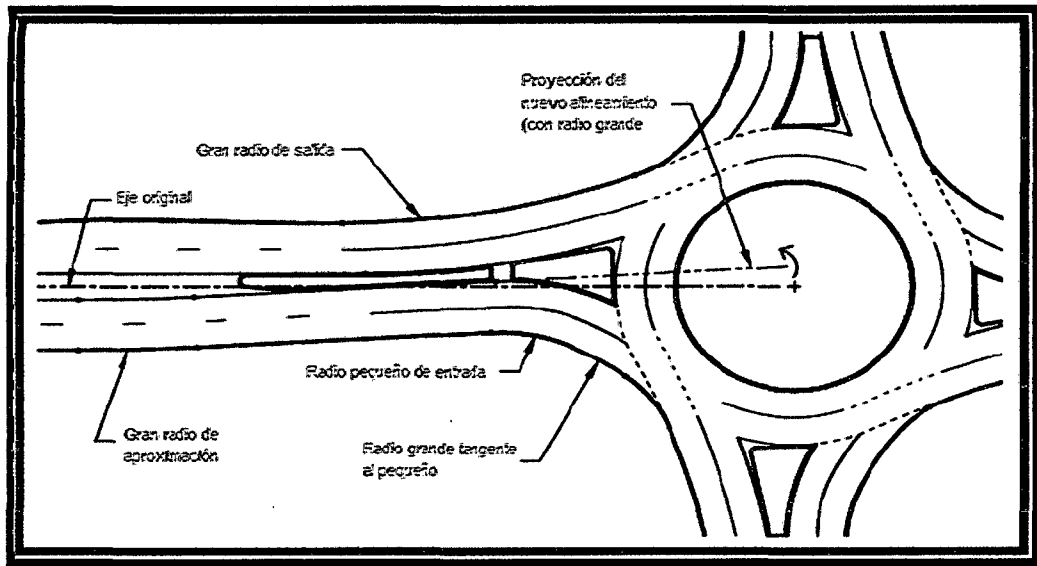
**Gráfico N° 60:** Geometría y alineación de entrada en ovalo.



Fuente: Adaptado de NCHRP Report 672 (2010)

Otra forma de lograr esto es haciendo una combinación de radios antes de llegar a la calzada de circulación. Primero, se toma un radio pequeño (20 a 35m.) y no debe estar a menos de 6m. Del borde de la calzada de circulación, luego se toma un radio grande (> 45m.) tangente al borde la calzada de circulación.

**Gráfico N° 61:** Geometría y alineación de entrada en ovalo.

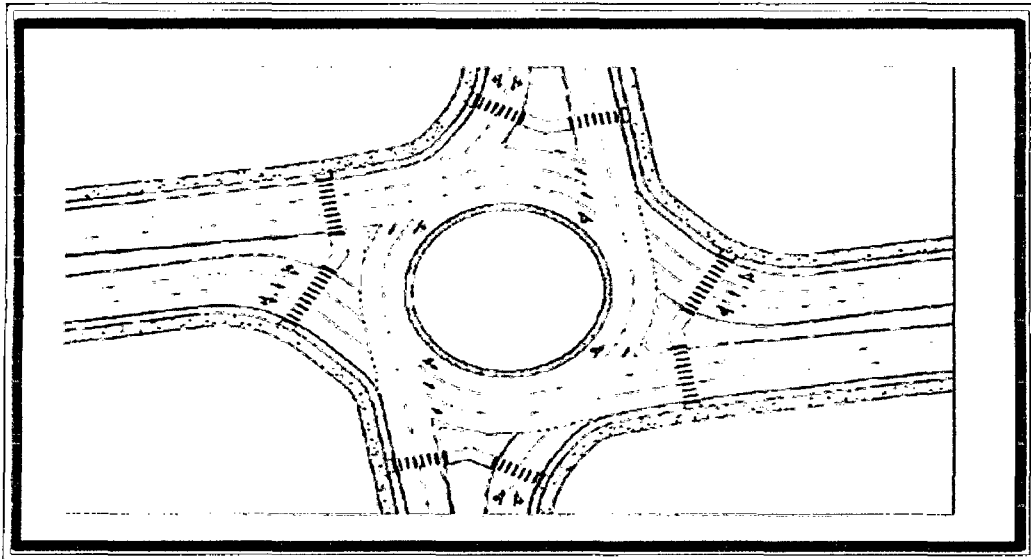


**Fuente:** Adaptado de NCHRP Report 672 (2010).

Otro método es la de ubicar al eje de uno de los ramales hacia la izquierda del centro de la isla central, esto hace que la curvatura de entrada sea mayor, sin embargo, hace que en la salida sea todo lo contrario, además de los problemas ya mencionados en los párrafos anteriores<sup>39</sup>.

<sup>39</sup>Tramos de salida casi rectos que permiten altas velocidades.

**Gráfico N° 62:** Geometría y alineación de entrada en ovalo.



**Fuente:** NCHRP Report 672 (2010).

Los ángulos típicos de entrada varían entre los 20° y 40°.

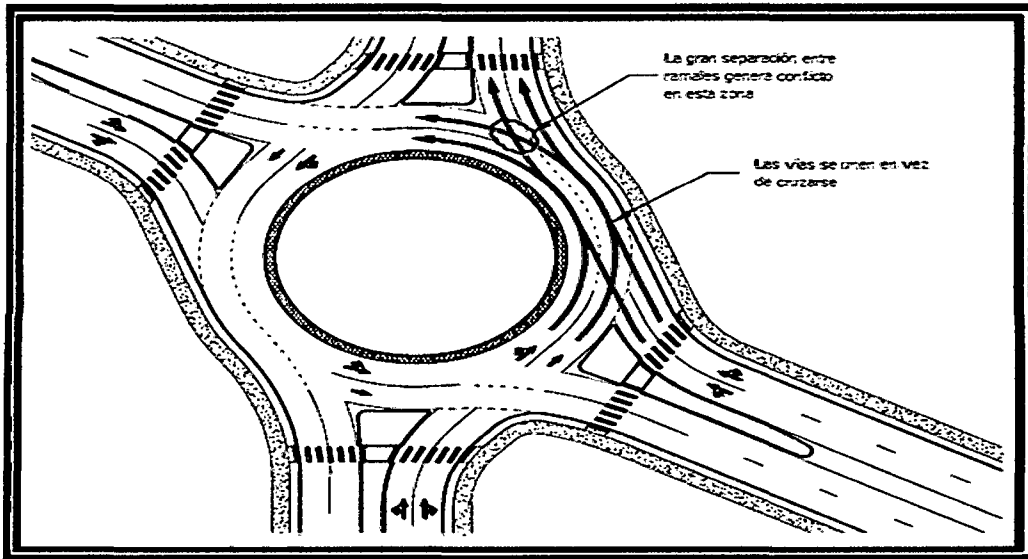
**Islas divisoras:** Estas se utilizan para dar refugio a los peatones<sup>40</sup> y también para modificar la geometría de las entradas y salidas.

**Curvas de salida:** Normalmente, los radios de las curvas de salida suelen ser mayores a los de entrada, esto para evitar congestión en dicha zona; además, un radio incorrecto puede generar superposición entre vehículos así como el mal diseño de entrada al óvalo. Un problema recurrente es tener grandes separaciones entre ramales consecutivos (entrada y salida), esto hace que los vehículos que ingresan a la circulación se unan a los que anteriormente ya estaban circulando y que pretenden ir por la próxima salida, generando un conflicto entre ambos.

---

<sup>40</sup>Para el diseño del óvalo los peatones seguirán usando puentes para cruzar.

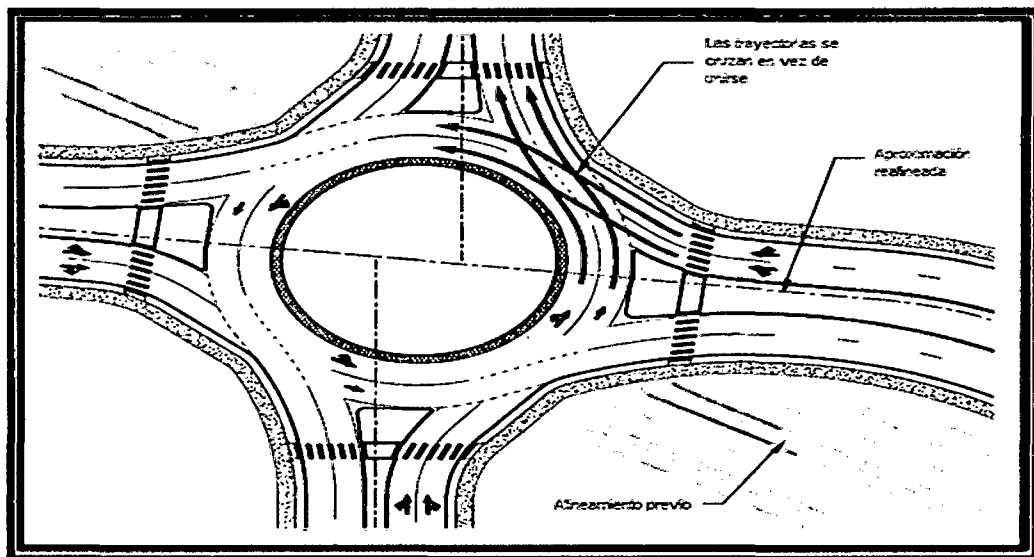
**Gráfico N°63:** Método de realizar un realineamiento de entrada en ovalo



Fuente: Adaptado de NCHRP Report 672 (2010).

Se debería buscar el realineamiento de los ramales, de manera que los vehículos que se aproximan al óvalo no se unan a aquellos que ya vienen circulando por este, sino que se crucen entre sí para evitar el tipo de conflictos que se mostraron en el gráfico N° 62.

**Gráfico N° 64:** Método de realizar ramales para solución a los conflictos en ovalo.

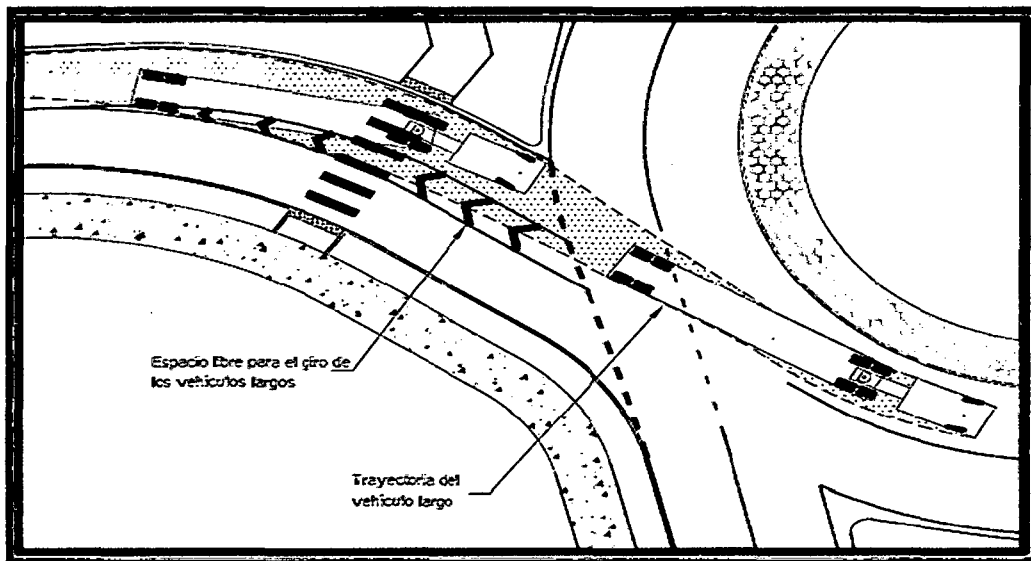


Fuente: Adaptado de NCHRP Report 672 (2010).

**Consideraciones para el vehículo de diseño:** Como se viene diciendo desde párrafos anteriores, el vehículo de diseño utilizado normalmente es aquel que tiene las dimensiones más grandes y transita con frecuencia el óvalo. Por ello, se requiere que dicho vehículo pueda cruzar la intersección sin muchas dificultades

y para ello se utilizan ciertas propuestas o consideraciones que se aplican para mayor comodidad del traslado. Una de ellas es colocar una especie de separación entre carriles, esta ayuda a que los vehículos grandes<sup>41</sup> tengan un espacio libre para girar al introducirse al óvalo. Dicho espacio puede tener hasta 1.8 m. de ancho, dependiendo del vehículo, y tiene que ser diferenciado<sup>42</sup> para evitar confusiones.

**Gráfico N° 65:** Consideraciones para el diseño de ovalo o rotonda.



**Fuente:** Adaptado de New York State Department of Transportation.

Otra forma para dar comodidad a los vehículos pesados y largos es la de ampliar el ancho del carril externo y disminuir el interno<sup>43</sup>, de esta forma dichos vehículos tienen más espacio para maniobrar sin necesidad de invadir el otro carril.

**Otro diseño práctico:** El uso de turbo glorietas también puede ser una opción. Esta se caracteriza porque los vehículos que entran al óvalo tienen que ceder el paso a aquellos que ya vienen circulando (Bulla, Lenin. 2010. Metodología para la evaluación técnica y operativa de Turboglorietas como alternativa de intersección vial en el ámbito urbano. Tesis para maestría. Colombia. Universidad Nacional de Colombia). Usualmente, los carriles de la calzada circulatoria son marcados y tienen una ligera elevación para poder guiar al vehículo durante su trayectoria.

<sup>41</sup>Vehículos largos como los semirremolques o los buses del Metropolitano.

<sup>42</sup>Se le colocan rayas en forma de "V" que indican que se puede montar.

<sup>43</sup>Para una rotonda de 2 carriles funciona lo mencionado, pero para más, se ensancha aquel que sea destinado para los vehículos pesados, que normalmente es el del medio.

#### e.- Pruebas de rendimiento.

Estas sirven para verificar que el diseño efectivamente funcionó y cumplió con las expectativas que se tenían.

Lamentablemente, en los programas determinísticos no se puede aplicar las siguientes pruebas ni tampoco verificar si funcionarían.

**Camino más rápido:** Esta sirve para saber que los radios de curvatura de las partes del óvalo<sup>44</sup> son las más óptimas y seguras para el trayecto del vehículo. Para determinar cuál es la ruta más rápida, se analiza la trayectoria del vehículo sin seguir las separaciones de los carriles ni el tráfico que pueda haber, con la cual se puede hallar una velocidad segura para el diseño. También se debe tener en cuenta el camino natural, este consiste en seguir la trayectoria en el mismo carril, ya que se asume que los demás carriles están llenos de vehículos. Para este caso, los radios de curvatura deben ser similares, pues de esa manera se mantiene una velocidad constante (NCHRP, 2010, p. 6-60). Se tiene que analizar también las velocidades para cada ruta que tomarán los vehículos en general<sup>45</sup>.

**Tabla N° 20:** Velocidad de diseño en ovalo o rotonda.

TIPO DE ROTONDA	VELOCIDAD MÁXIMA DE DISEÑO DE ENTRADA RECOMENDADA	
Mini-rotonda	20 mph	30 km/hr
Un solo carril	25 mph	40 km/hr
Varios carriles	25-30 mph	40-50 km/hr

Fuente: Adaptado de NCHRP Report 672 (2010).

Para obtener el camino más rápido se necesitan las siguientes consideraciones:

- Se debe saber la trayectoria de los vehículos. Para rotondas en general, la trayectoria en la que los vehículos se desplazan más rápido se referencia con las siguientes distancias:

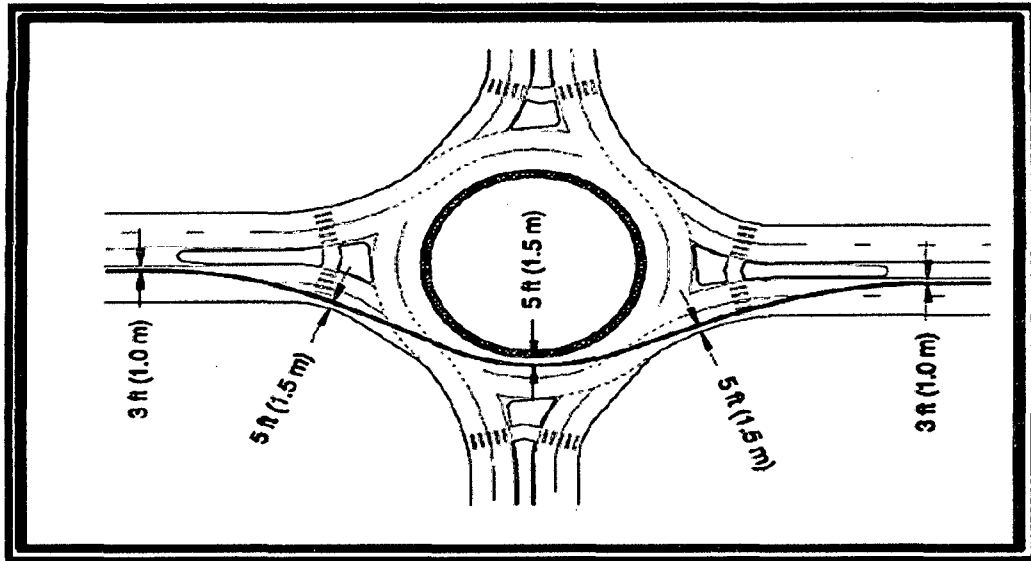
<sup>44</sup>Curvaturas de ingreso, salida, circunferencia inscrita e isla central

<sup>45</sup>Giros a la derecha, izquierda y de frente.



- 1.5 m. a las curvas de entrada y salida.
- 1 m. a las islas separadoras.
- 1.5 m. a los bordes de la isla central.

**Gráfico N° 66:** Velocidad de diseño en ovalo o rotonda.



Fuente: NCHRP Report 672 (2010).

- Se debe saber la velocidad de los vehículos para cada movimiento que se pretenda hacer. Para ello, se utilizan los radios horizontales para cada una de las rutas a tomar en el óvalo<sup>46</sup>. Existe una relación entre el radio de curvatura horizontal y la velocidad de desplazamiento, dicha relación se muestra en la siguiente ecuación, donde se considera a “e” como la pendiente<sup>47</sup>.

$$V = 3.4415R^{0.3861}, \text{ para } e = +0.02$$

$$V = 3.4614R^{0.3673}, \text{ para } e = -0.02$$

Esta ecuación presentada es la más simple e ideal que se puede presentar, pues no se tiene en cuenta otros factores como las aceleraciones o desaceleraciones que se pueden tomar en el trayecto.

**Visibilidad:** Este es un aspecto muy importante y siempre se debe considerar, ya que gracias a este el conductor manejar de forma segura y puede prevenir accidentes.

<sup>46</sup>Radio generado por la curva al atravesar el óvalo, ya sea para ir de frente o girar hacia los costados.

<sup>47</sup>2% es el valor más común tomado para la pendiente transversal.

Los siguientes puntos son los más importantes a tener en cuenta:

- **Distancia visual de parada:** Es la distancia necesaria para que un conductor se detenga desde que percibe el objeto, ya sea peatón o un vehículo detenido. Se puede determinar mediante la siguiente fórmula:

$$d = 1.468 * t * V + 1.087 * V^2/a$$

**Donde:**

d: Distancia visual de parada

t: tiempo de percepción, por lo general

V: velocidad inicial mph

a: desaceleración, por lo general es 11 ft/s<sup>2</sup>

Con dicha fórmula se obtuvo los siguientes valores:

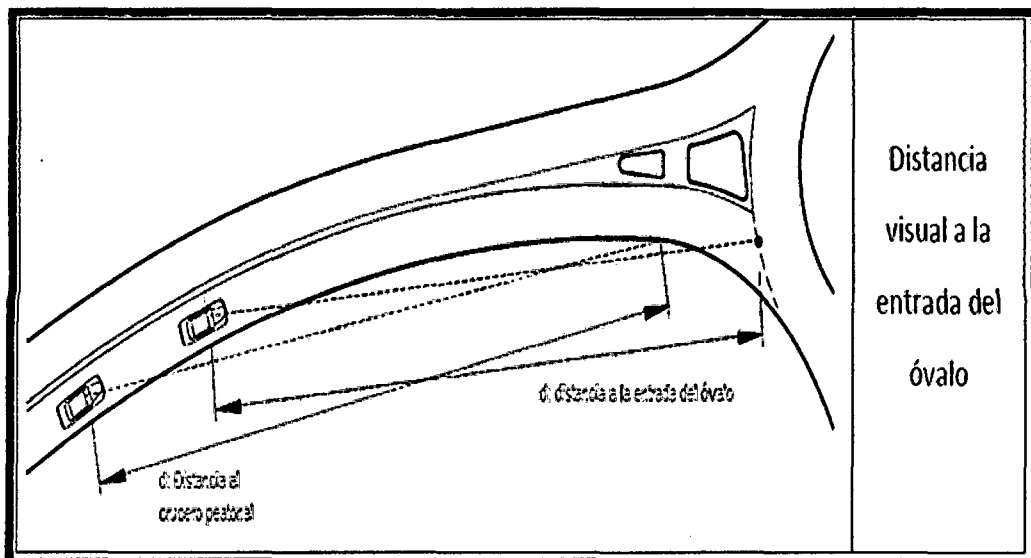
**Tabla N° 21:** Velocidades calculadas en ovalo o rotonda.

VELOCIDAD (km/hr)	DISTANCIA CALCULADA (m)	VELOCIDAD (mph)	DISTANCIA CALCULADA (ft.)
10	8.1	10	46.4
20	18.5	15	77
30	31.2	20	112.4
40	46.2	25	152.7
50	63.4	30	197.8
60	83	35	247.8
70	104.9	40	302.7
80	129	45	362.5
90	155.5	50	427.2
100	184.2	55	496.7

Fuente: Adaptada de NCHRP Report 672 (2010).

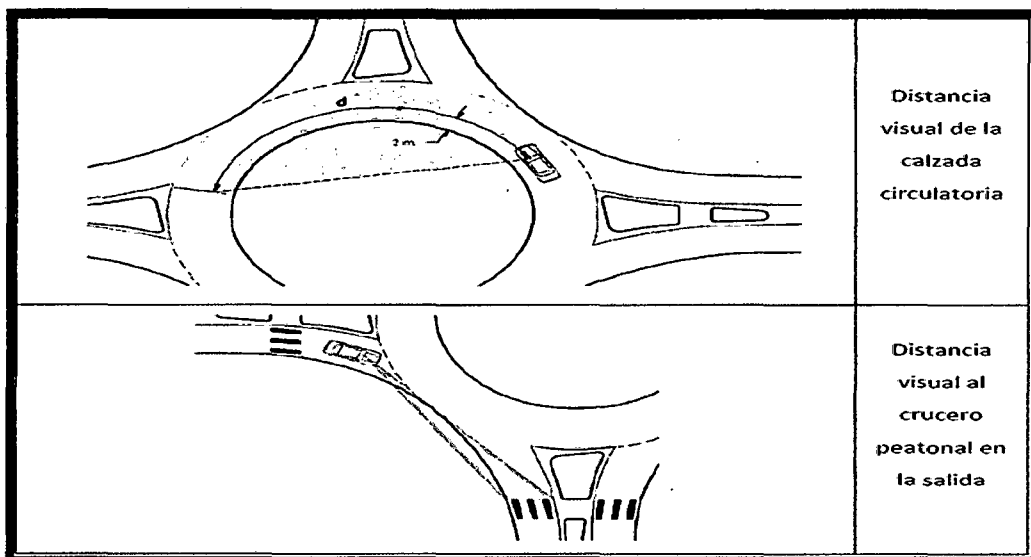
Además, de acuerdo a las velocidades usadas en el cuadro anterior, se debe verificar las distancias (d) que se presentan en el siguiente gráfico:

**Gráfico N° 67:** Distancias requeridas a conciderar en diseño de un ovalo.



Fuente: Adaptada de NCHRP Report 672 (2010).

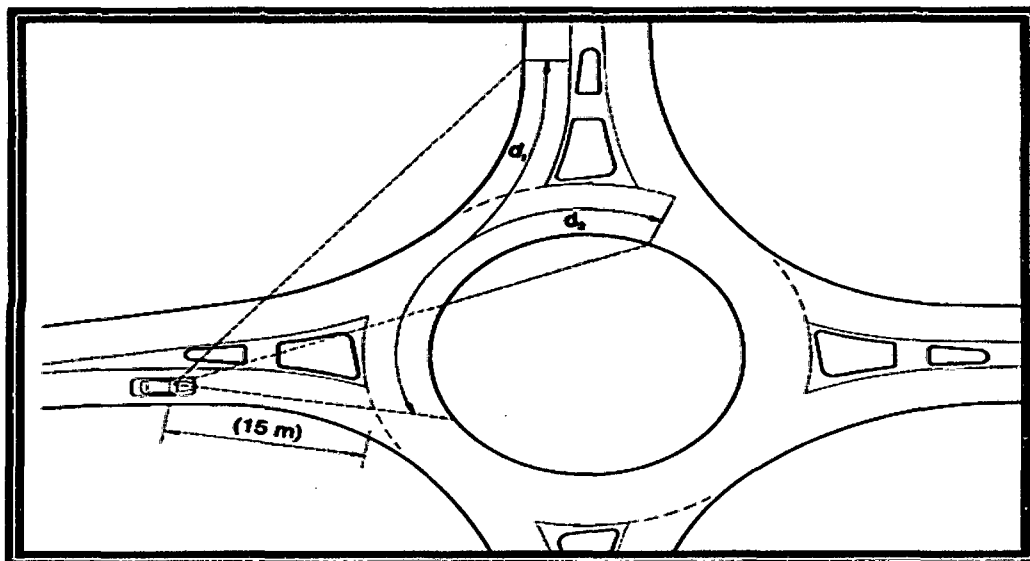
**Gráfico N° 68:** Distancias requeridas a conciderar en diseño de un ovalo.



Fuente: Adaptada de NCHRP Report 672 (2010).

- **Distancia visual a la intersección:** Es la distancia necesaria para percibir la presencia de la intersección. Los únicos lugares que debe mirar el conductor son los vehículos que se acercan de la entrada anterior y los vehículos que se aproximan por alrededor de la rotonda; estos dos puntos mencionados y el lugar del conductor forman un triángulo llamado “el triángulo de visibilidad” (NCHRP, 2010, p. 6-63). Dicha figura sirve para que el conductor pueda prevenir cualquier conflicto vehicular que pueda suceder al momento de llegar a la intersección.

**Gráfico N° 69:** Distancia visual a la intersección en el diseño de un ovalo.



Fuente: Adaptado de NCHRP Report 672 (2010).

Para que el triángulo de visión funcione de la mejor manera, la longitud desde el vehículo a la entrada del óvalo no debe exceder los 15 m., ya que el exceso de visión hace que los accidentes se incrementen; sabiendo esto, se pretende que los vehículos que ingresan reduzcan la velocidad y cedan el paso.

El ángulo de visibilidad entre dos vehículos que se aproximan al óvalo por dos ramales consecutivos no debe ser menor a  $75^\circ$ , ya que, de ser así, a aquel que está al lado derecho le va a ser muy dificultoso ver que otro vehículo también está ingresando al óvalo y tendría que sacar el cuerpo por la ventana o girar demasiado, perdiendo de vista el panorama frontal.

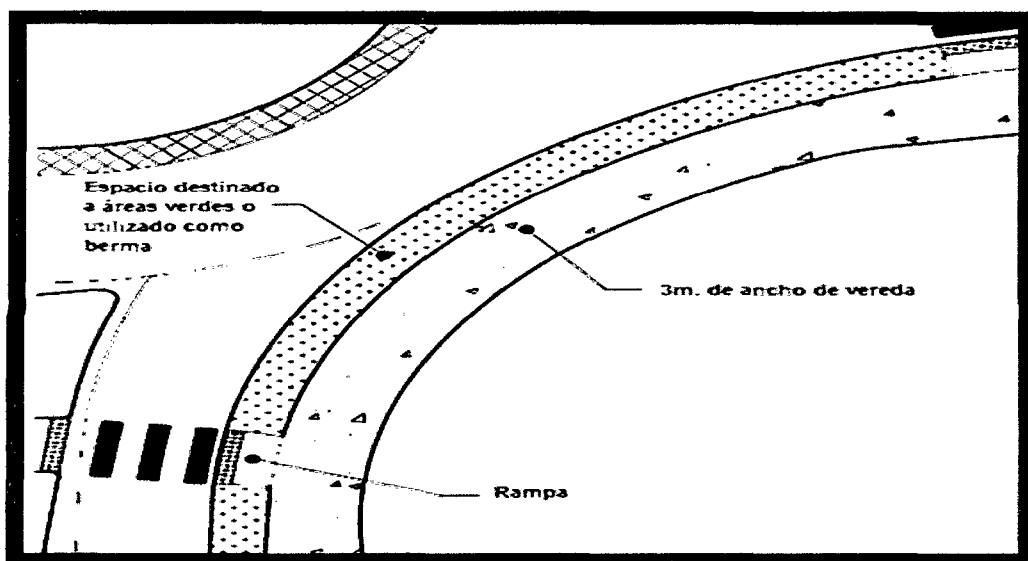
#### **f.- Detalles finales de diseño.**

**Consideraciones de diseño para los peatones:** El funcionamiento del óvalo no solo tiene que ver con que no haya congestión vehicular, sino que también que los peatones no se vean perjudicados al trasladarse a través o alrededor del óvalo.

- **Veredas:** Estas deben bordear exteriormente la calzada circulatoria<sup>48</sup>, de esta manera se da más comodidad a los peatones, ya que en estos lugares podría haber bancas, áreas verdes y entretenimiento. Además, esto ayuda a que los peatones no puedan cruzar hacia la isla central y así guiar a las personas con discapacidad.

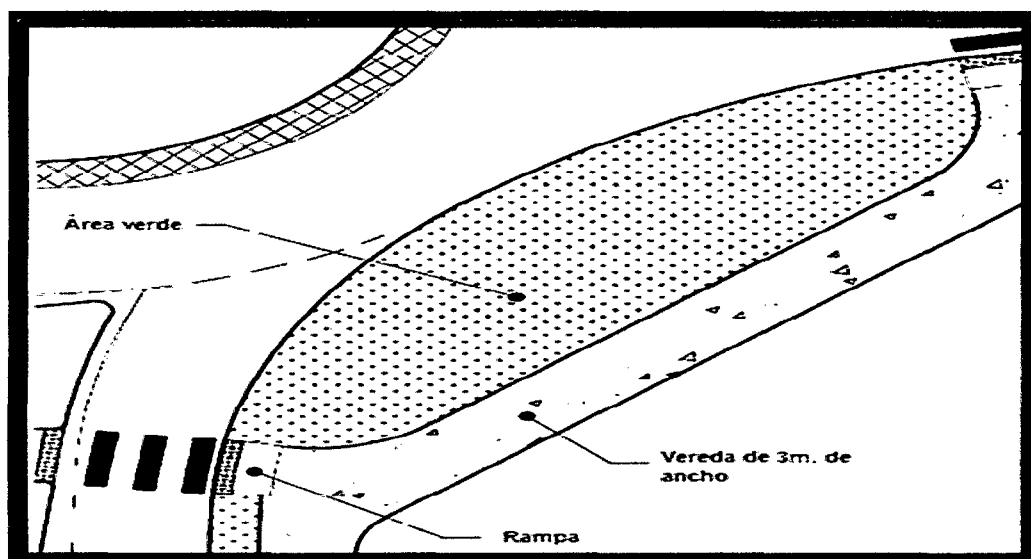
<sup>48</sup>Para el lado de las curvaturas de los ingresos y salidas de los ramales.

Gráfico N° 70: Consideraciones de diseño para los peatones en ovalo.



Fuente: Adaptado de NCHRP Report 672 (2010).

Gráfico N° 71: Consideraciones de diseño para los peatones en ovalo.



Fuente: Adaptado de NCHRP Report 672 (2010).

El ancho de vereda normalmente es 1.8 m., pero puede llegar a tener hasta 1.5 m. como mínimo, y si está junto a ciclovías, esta debe tener más de 3 m.

- **Cruceros peatonales:** En las islas separadoras, el ancho del cruceo peatonal debe ser mayor a 1.8 m. Dicho cruceo debería estar a no menos de 6 m. del borde de la calzada circulatoria, ya que en esa distancia puede entrar un vehículo. Los cruces peatonales deben ser perpendiculares a las veredas e isla divisorias, pues de esta manera se utiliza la ruta más corta. Si se genera una intersección muy angulada en la isla separadora por la unión de los

cruceros peatonales, se debería optar por tomar el cruce de manera recta, de esta manera se ayuda a los discapacitados visuales a cruzar con mayor facilidad. Uno de los cruces peatonales más seguros es el elevado, ya que hace que los vehículos reduzcan su velocidad, además las personas discapacitadas ya no tendrán que subir y bajar las rampas al momento de cruzar la calzada en ambos sentidos. Es importante mencionar que todo cruce peatonal debe estar debidamente señalizado para la prevención de los vehículos.

#### **Consideraciones a tener en cuenta para la ubicación de los paraderos:**

- **Antes de la intersección:** El paradero debe estar lo suficientemente pegado a la derecha para evitar problemas cuando otros vehículos deseen adelantar al que está parado. Para rotondas de un solo carril, es posible que el paradero se ubique en el cruce peatonal, ya que tiene visión total de todo el cruce, sin embargo, esto no aplica para rotondas de varios carriles, en este caso, los paraderos deben estar desde 15 m. antes del cruce peatonal.
- **Después de la intersección:** En este caso, el paradero debe estar después del cruce peatonal. Se pueden crear un espacio libre, muy aparte de los carriles, en la que los buses puedan detenerse, de esta manera se evitaría que las colas se prolonguen a la rotonda misma, aunque se puede generar un poco de congestión al salir de dicha retirada.

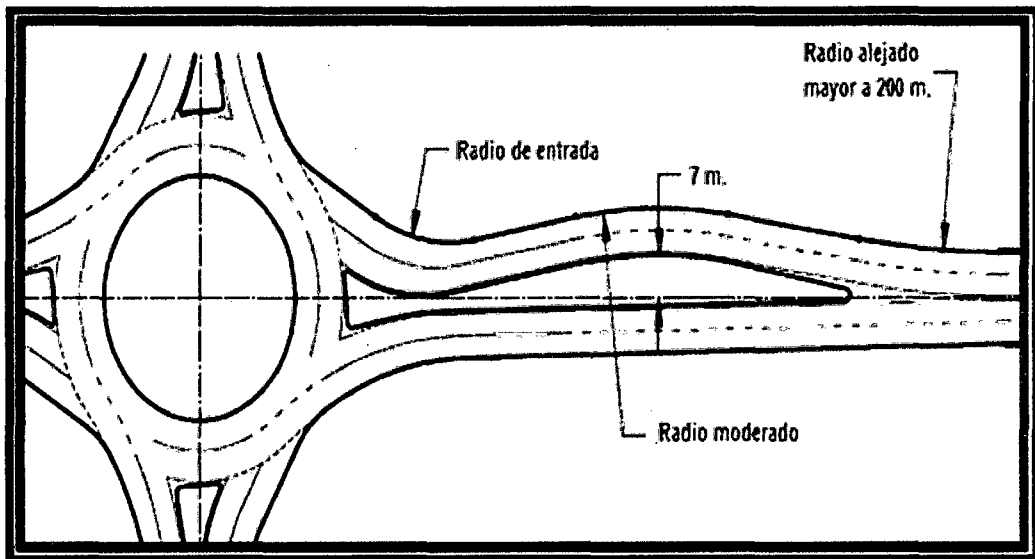
**Consideraciones para entradas con altas velocidades:** Esto normalmente se da en las zonas rurales, en la que el flujo vehicular no es muy alto y las velocidades altas.

A continuación se muestran las consideraciones a tener en cuenta para mejorar la seguridad de este tipo de óvalos.

- **Visibilidad:** Por lo general, la alineación geométrica de las entradas a la rotonda crece la visión del conductor al acercarse al óvalo. También se usan señales de tránsito para avisar que se acerca a dicha intersección.
- **Islas divisorias:** Se recomienda que estas se inicien 60 m. antes de llegar al óvalo.

- **Curvas de aproximación:** La geometría del óvalo tiene gran influencia en la reducción de velocidades, por lo tanto, también en la reducción de accidentes. Una manera de reducir las velocidades es colocando varias curvas antes de ingresar al óvalo, cada vez con radios menores conforme se va acercando a la intersección.

**Gráfico N° 72:** Consideraciones para entradas con altas velocidades en ovalo.

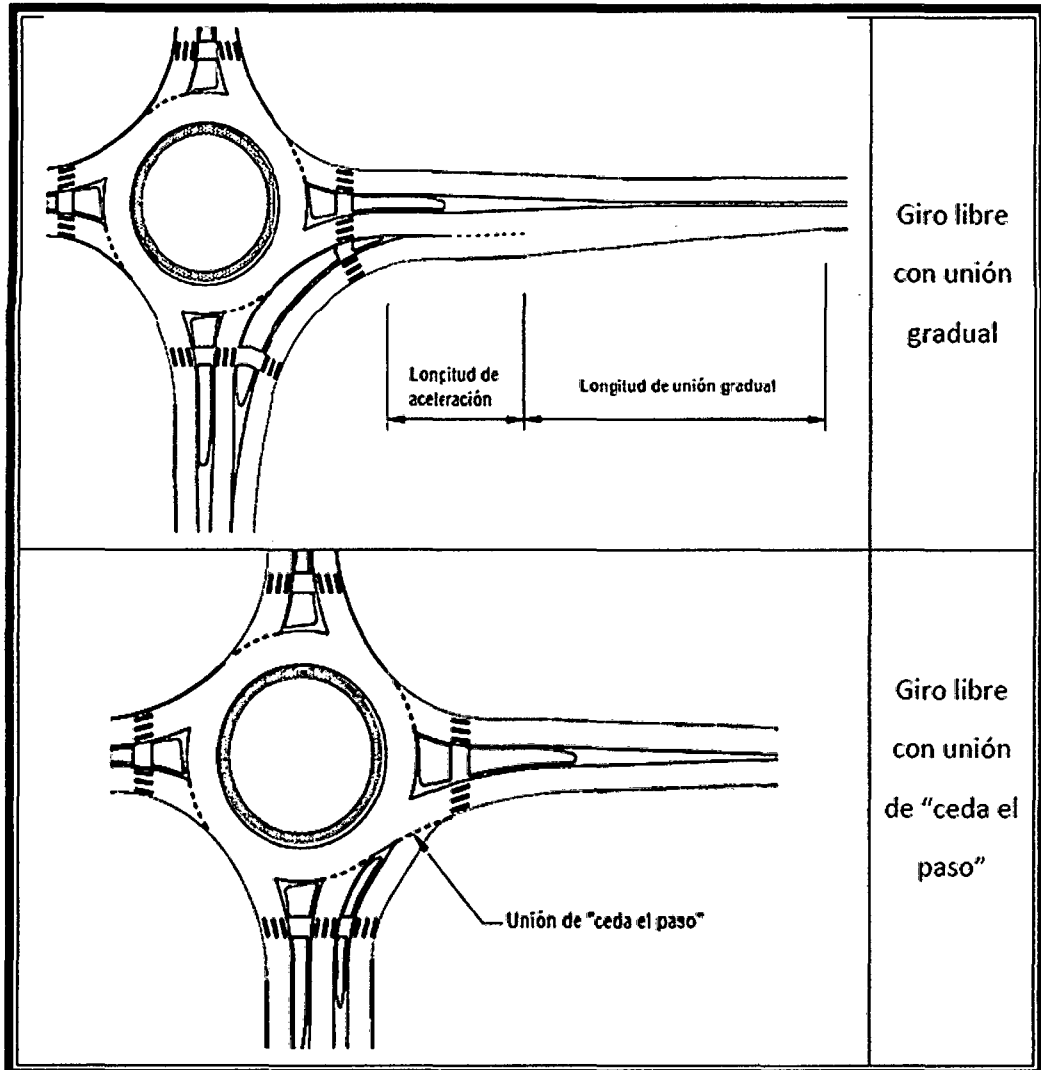


Fuente: Adaptado de NCHRP Report 672 (2010).

**Giros libres a la derecha:** Cuando el flujo vehicular que desea girar hacia la derecha es alto, una buena solución es crear un carril exclusivo para dicho propósito. Otra causa por la que se opta por esto es que existe un alto flujo vehicular que circula alrededor del óvalo.

Hay dos opciones de solución, una es crear la vía libre con una salida paralela a la calzada con la que se unirá, pero tiende a que las velocidades de los vehículos no se reduzcan. La otra opción es que dicha vía tenga una salida que ceda el paso a los que salen por el ramal al que se unirá, pero es mejor cuando se tiene un alto flujo de peatones y ciclistas.

Gráfico N° 73: Tipos de giros que se pueden realizar en ovalo o rotonda.



Fuente: Adaptado de NCHRP Report 672 (2010).

### Consideraciones verticales:

Las calzadas alrededor del óvalo y en los ramales, ya sean salidas o entradas, deben tener una gradiente hacia afuera para que el agua superficial drene hacia los laterales. Dicha pendiente suele tener un 2%, pero se puede llegar hasta el 2.5% (The Highways Agency, 2007, p. 8/7). También es usado para evitar que los vehículos pesados puedan volcarse, ya que con velocidades considerables la parte trasera tiende a jalar al vehículo y con ello los accidentes.

Existen dos métodos principales para el diseño vertical de una rotonda de varios carriles (NCHRP, 2010, p. 6-84).



- Inclinas hacia afuera: Es la más común, la calzada de circulación trabaja independientemente de las aproximaciones y admite pendientes entre 1.5% y 3%. Es mucho más aplicable en terrenos planos.
- Vías circulatorias coronadas: En esta, dos terceras partes del ancho de la calzada están inclinadas hacia la isla central, mientras que la otra tercera parte esta inclinada hacia afuera, aunque esta proporción puede ser igual (mitades de calzada). La pendiente máxima es de 2%.

#### **5.1.1.2. Ventajas.**

- ✓ Resuelven todos los movimientos, incluido el cambio de sentido.
- ✓ Reducen la peligrosidad, al disminuir la velocidad y el ángulo de intersección de los vehículos.
- ✓ Son fáciles de comprender ("vista una, vistas todas").
- ✓ Permiten controlar la velocidad de los vehículos.

#### **5.1.1.3. Desventajas.**

- ✓ Aumentan los recorridos de los peatones y funcionan mal con presencia importante de éstos.
- ✓ Son peligrosas para ciclistas, si no existe itinerario especial para ellos.
- ✓ Requieren mayor ocupación de suelo.

### **5.1.2. Construcción de Puente Peatonal.**

Un puente peatonal es una obra que permite la separación permanente del flujo vehicular con el peatonal, es decir, que estos flujos pueden cruzarse sin que se presente ninguna interferencia entre ellos, lo que disminuye el riesgo de accidentes entre vehículos y peatones.

La determinación de la necesidad de un puente peatonal usualmente no depende del diseñador, sino que muchas veces se establece de acuerdo con las condiciones del flujo vehicular que va a cruzar, y en la mayoría de las ocasiones los puentes peatonales son construidos por petición de los futuros usuarios, inversiones que en algunos casos se vuelven innecesarias ya que no se les da el uso adecuado a tales estructuras.

La construcción de puentes peatonales como solución a la movilización de personas que necesitan cruzar de un lado al otro de una vía sin que se generen conflictos entre ellos y los vehículos, se implementó hace mucho tiempo y sigue siendo una solución muy efectiva. Por esta razón, se plantean algunas modificaciones y cambios que podrían motivar y concientizar a la ciudadanía en la correcta utilización de una herramienta tan y segura como son los puentes peatonales.

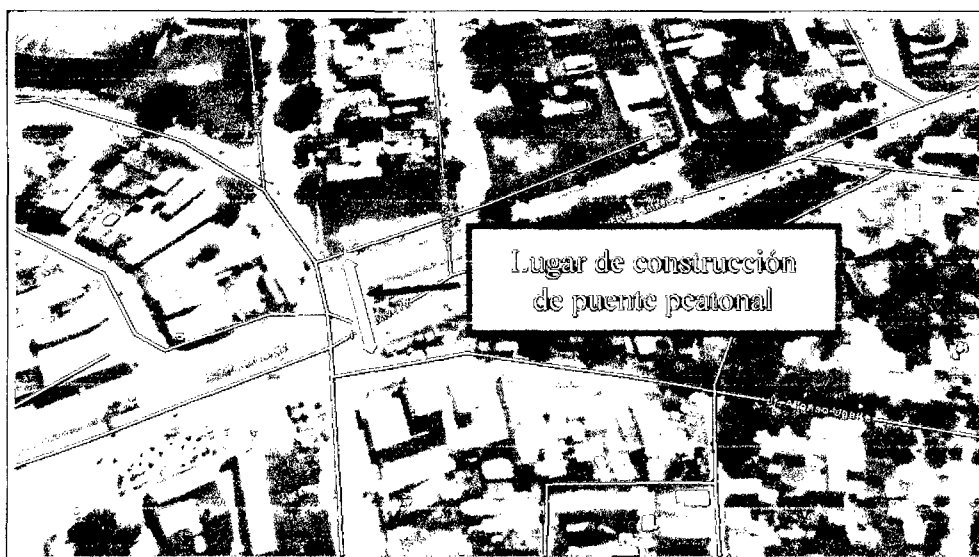
#### 5.1.2.1. Escenario.

Se construirá dos puentes peatonales en las siguientes intersecciones de acuerdo al sentido de cada vía.

- Jirón Salaverry – intersección con el Jirón Amorarca, con el jirón Rafael Díaz
- Jirón Orellana – intersección con el Jirón Prolongación Nicolás de Piérola.

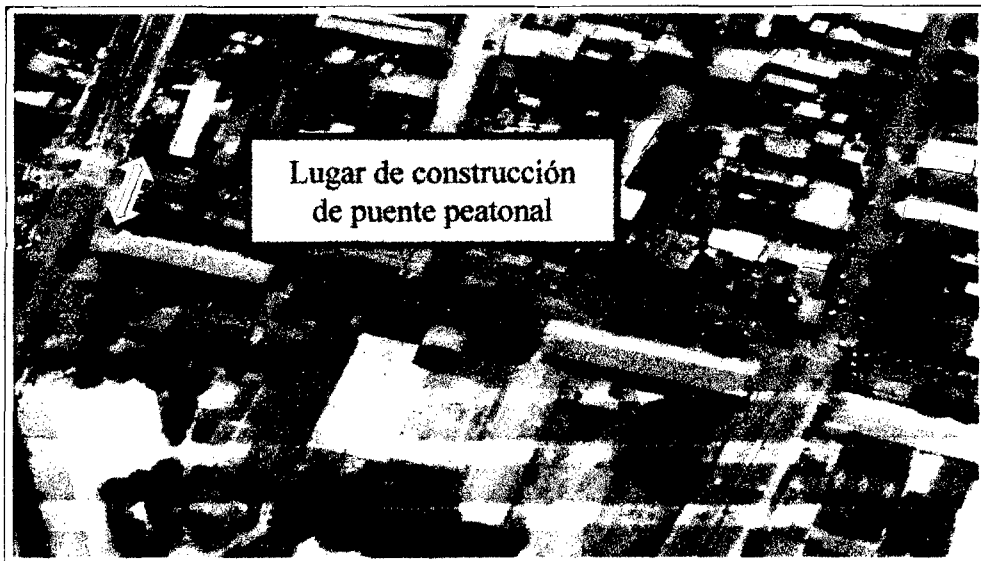
Para ello, en los siguientes párrafos se explica la teoría y consideraciones básicas que se necesitan saber para un correcto diseño.

**Gráfico N° 74:** Construcción de puente peatonal ubicado en el jirón Salaverry – intersección con el jirón Amorarca.



Fuente: Google earth – Adaptado.

**Gráfico N° 75:** Construcción de puente peatonal ubicado en el jirón Orellana – intersección con el jirón prolongación Nicolás de Piérola.



Fuente: Google earth – Adaptado.

#### **5.1.2.1.1. Descripción y Ubicación de los Puentes Peatonales.**

A continuación se hace la descripción de la ubicación de cada uno de los puentes que se construirán para la realización de este estudio.

##### **5.1.2.1.1.1. Construcción de Puente peatonal a la altura de las intersecciones de los jirones Salaverry y Amorarca.**

Este estará localizado sobre el Jirón Salaverry – intersección con el jirón Amorarca, con el jirón Rafael Díaz, ubicado en una zona donde al margen se encuentran centros educativos, oficinas públicas, centros comerciales; por lo tanto los peatones tienen como motivo principal movilizarse por motivos de trabajo y/o el estudio, aunque cabe indicar que este puente se construirá en una zona altamente comercial, y por lo tanto podría encontrarse un pequeño porcentaje de peatones que transitan por el lugar cuyo motivo de su presencia es por estar realizando compra alguna.

##### **5.1.2.1.1.2. Construcción de Puente peatonal a la altura de las intersecciones de los jirones Orellana y Prolongación Nicolás de Piérola.**

Este estará localizado sobre el Jirón Orellana – intersección con el jirón Prolongación Nicolás de Piérola, ubicado en una zona donde se

encuentran centros educativos, oficinas públicas, centros comerciales; por lo tanto los peatones tienen como motivo principal movilizarse por motivos de trabajo y/o el estudio, aunque cabe anotar que este puente se construirá en una zona comercial (centro de la ciudad), y por lo tanto podría encontrarse un pequeño porcentaje de peatones que transitan por el lugar cuyo motivo de su presencia es por estar realizando compra alguna.

**a.- Metodología técnica para definir la construcción de un puente peatonal<sup>49</sup>.**

**Localización.**

La selección del sitio adecuado para la localización de un Puente Peatonal es de gran importancia y debe analizarse cuidadosamente, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- ✓ Determinación de los sitios críticos por donde transita el mayor volumen de peatones: Se deben identificar los Colegios, Universidades, Centros Comerciales, Grandes Almacenes, Iglesias, Teatros, etc.; para darle prioridad a estos lugares.
- ✓ Avenidas donde se presente un alto flujo vehicular que impida que los peatones tengan facilidad de cruzar a nivel, y se generen entonces conflictos.
- ✓ Ubicación directa a los sitios de mayor interés, lugares atractores o generadores de viajes. Se debe realizar un estudio –matriz- de deseo de viajes.
- ✓ Menor longitud de caminata para los peatones, pues se trata de la razón primordial por la cual no se presenta un adecuado uso de los puentes peatonales, de acuerdo a la ley natural del mínimo esfuerzo y menor fatiga.
- ✓ Ubicación de paraderos de buses y taxis, pues cuando los peatones son dejados a pocos metros del puente peatonal, existe una mayor posibilidad de uso.
- ✓ Fácil acceso para los peatones.
- ✓ Sitio más seguro para ubicar el puente, donde no tengan peligro de ser asaltados, adecuada iluminación diurna y nocturna.

---

<sup>49</sup> **Adriana Jimena García Idárraga, Lina María Suárez Idárraga, en su estudio de tesis “Estudio del uso de los puentes peatonales avenida del Ferrocarril, avenida 30 de agosto y avenida las Américas municipio de pereira (risaralda)”, Colombia, 2002.**

### **b.- Diseño.**

El puente debe obedecer a un diseño Arquitectónico adecuado donde se incluyan aspectos como:

- ✓ Accesos amplios, de variados materiales y cómodos.
- ✓ Accesos amplios, de variados materiales y cómodos.
- ✓ Diseño del puente donde se incluyan accesorios impactantes para el peatón como son materas, flores naturales, obras de arte, cubiertas llamativas, publicidad de eventos culturales y de interés general.
- ✓ Pasamanos modernos y de materiales agradables al tacto.
- ✓ Rampas y escaleras seguras, con materiales antideslizantes adecuados.
- ✓ Mínima longitud posible del puente para que sea un atractivo para el peatón. Evitando que el peatón tenga que subir y luego bajar el canto o altura de la viga del puente.

El diseño estructural también juega un papel primordial, se debe analizar la estructura más conveniente en los aspectos de seguridad, que sea viable económicamente.

El tipo de material que se emplee en la estructura debe seleccionarse cuidadosamente para que cumpla la función para la que está diseñada, además debe estudiarse la ubicación dentro de las zonas de riesgo sísmico, para cumplir la normatividad vigente.

El diseño de la vía es otro punto que debe incluirse dentro del estudio, porque puede existir la necesidad de hacer alguna variación geométrica a la carretera sobre la cual se construirá el puente peatonal. El cierre del separador central, el desplazamiento de un cruce, el traslado de un giro en U, el traslado de una bahía para estacionamiento, etc.

### **c.- Mantenimiento.**

El mantenimiento es indispensable para la conservación en buen estado de las estructuras construidas. Debe incluirse dentro del estudio de viabilidad un programa de mantenimiento periódico para el Puente Peatonal donde se incluyan aspectos como:

- ✓ Eliminación permanente de la hierba, especialmente en los accesos.
- ✓ Cuidado de los andenes y zonas aledaños de manera que se cree fácil acceso hacia los puentes.
- ✓ Mantenimiento de los pasamanos donde se incluya revisión de las tuercas, empalmes y puntos de anclaje, pintura y reposición –cuando sea necesario.

#### **d.- Evaluación económica.**

Se debe hacer un estudio detallado de la inversión que se requiere para que los aspectos antes mencionados se cumplan y los peatones sean los más favorecidos con la obra.

Se deben garantizar los recursos económicos para los estudios, construcción y futuro mantenimiento del puente. De lo contrario es más recomendable pensar en otras alternativas que requieran menor inversión y tal vez mayores beneficios.

#### **e.- Estudio de Viabilidad de los Puentes Peatonales.**

Como se comenta en uno de los párrafos anteriores, es muy importante realizar un estudio de viabilidad de un puente peatonal antes de destinar recursos para su construcción, que algunas veces no es la solución apropiada al problema del cruce peatonal.

El estudio debe hacer parte de un programa de planeación de un municipio o ciudad y debe incluir aspectos tan importantes como el sitio adecuado para su localización, la cantidad de usuarios efectivos, el número de vehículos que circulan por el sector, los sitios de interés cercanos, los colegios y demás instituciones aledañas. El puente debe obedecer a un diseño adecuado tanto estructural como arquitectónicamente, porque este último es un aspecto que muy pocas veces se tiene en cuenta y es muy representativo al momento del peatón elegir si lo utiliza o no.

Otros puntos que se deben tener en cuenta son: la seguridad al transitar por el puente, la comodidad del peatón, la iluminación y la facilidad de acceso.

El tipo de material que se emplee en la estructura debe seleccionarse cuidadosamente para que cumpla la función para la que está diseñado, además por estar ubicados en una zona de alto riesgo sísmico, deben cumplir la normatividad vigente.

#### **f.- Campaña de Culturización**

Las campañas de cultura ciudadana son una herramienta fundamental en la concientización de la ciudadanía para el correcto uso de los puentes peatonales, resaltando la importancia que ellos tienen en la seguridad y protección de la vida de quienes los utilizan.

Se pueden involucrar entonces, dichas campañas, a los medios de comunicación como: televisión, radio y prensa para transmitir mensajes que motiven el uso de los puentes peatonales. La elaboración de volantes que pueden distribuirse en los semáforos, es otro aspecto que puede emplearse en la búsqueda de una cultura ciudadana.

Incluso campañas con teatreros, mimos y obras de teatro, dejan mensajes claros y de fácil recordación en la comunidad, haciendo mucho énfasis en la importancia de cruzar siempre por el puente peatonal.

#### **5.1.2.2. Ventajas.**

El presente proyecto intenta, por una parte, mejorar la calidad de vida de los habitantes de estos sectores y mejorar el foco de desarrollo impulsando el comercio.

Como impacto indirecto se trata de crear una cultura emprendedora en nuestra sociedad de forma que cada vez más se acepte como posible y positivo la creación de proyectos de carácter social, como contribución al desarrollo de una determinada zona. Al mismo tiempo se trata de crear un entorno favorable para estos habitantes de forma que se eliminen todos los problemas y discriminaciones asociados con el medio donde viven.

### 5.1.2.3. Desventajas.

Una mala ubicación de un puente peatonal determina que no sea usado por los peatones. En estos casos, el trabajo de gabinete es impecable, es decir, el dimensionamiento y diseño estructural del puente tiene que ser óptimo.

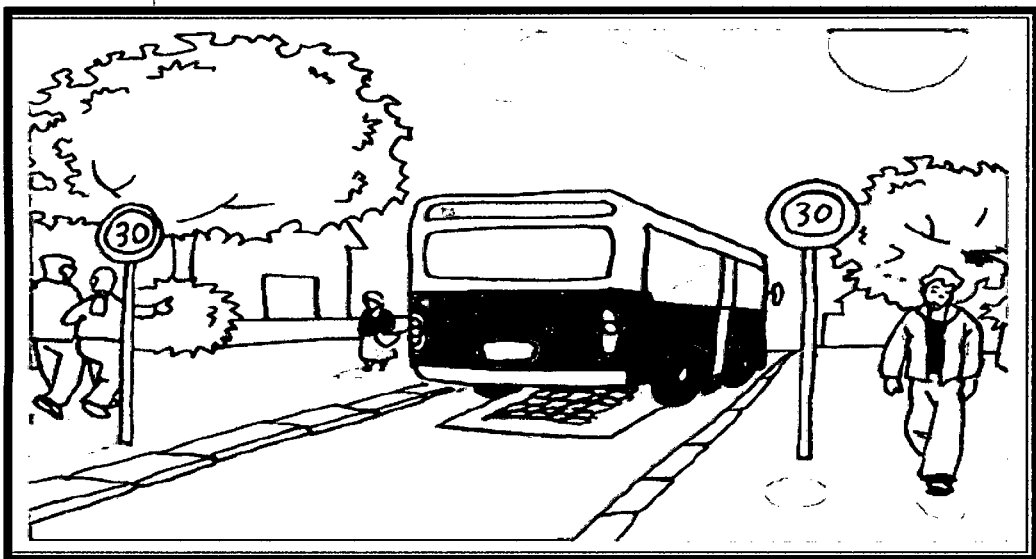
Cuando estas obras se hacen en una oficina, en base a los planos de la vía, lo más lógico es ubicar los puentes separados cierta distancia, adecuándolos cerca de una calle perpendicular a la vía principal a cruzar.

### 5.1.3. Considerar Zona 30 – Aplicación de Medidas de Tráfico Calmado.

Siendo estos jirones uno de los principales para asistir a centros educativos, centros de trabajo que se encuentran al margen de la vía en estudio, estos a su vez son los principales contribuyentes a la generación de congestión vehicular en las horas pico de la zona de estudio. Entonces aquí nace la idea de implementar esta medida para tratar de aliviar esta problemática.

Ya que una de las causas que originan la congestión vehicular nace al estacionarse para centros educativos y lugares de trabajo formándose colas vehiculares de tras del mismo y por ende toda la calle queda congestionada y aporta a que otras de tras de la acción generada sufran el mismo problema.

**Gráfico N° 76:** Los tres objetivos son seguridad vial, calidad ambiental y cohesión social.



Fuente: HERNÁNDEZ, E. Criterios de movilidad ZONAS 30. Barcelona: Fundación RACC, 2007. Página 15.



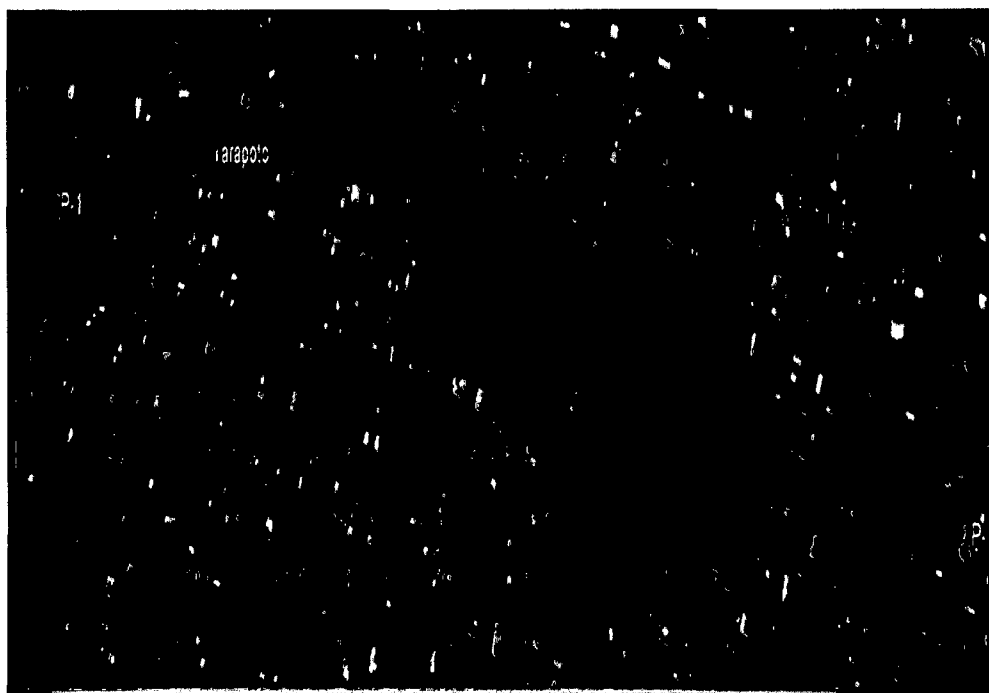
Establecer desde el jirón Salaverry – intersección con el jirón Amorarca, con el jirón Rafael Díaz hasta el jirón Shapaja – intersección con el Jirón Jiménez Pimentel, en toda su extensión, como una vía de zona 30, para lo cual todos los ingresos y salidas a la misma tendrán elementos compatibles con las de zona 30. En las entradas y salidas del jirón se elevará la rasante de la vía de circulación vehicular, equiparándola con la peatonal (veredas), esto se complementará con bolardos para delimitar las áreas por tipo de tránsito además de señalización vertical compatible.

Al interior del jirón no se generará elementos para reducir la velocidad del tráfico motorizado por considerar que las distancias de circulación al interior de las cuadras son bastantes cortas para desarrollar el incremento de velocidad.

#### **5.1.3.1. Escenario.**

Se considerará como “Zona 30” el jirón Salaverry – intersección con el jirón Amorarca hasta el jirón Shapaja – intersección con el Jirón Jiménez Pimentel.

**Gráfico N° 77:** Área a considerar como Zona 30.



**Fuente:** Google mapas - Adaptado.

#### a.- Definición<sup>50</sup>.

Las zonas 30 (medida aplicada en numerosos países europeos como Holanda, Alemania, Francia, entre otros) se conforman en una alternativa para la pacificación del tráfico vehicular, y que son aplicadas a las vías urbanas que no forman parte de la red viaria principal, pudiendo ser redefinidas con el objetivo de crear entornos urbanos más amables y tranquilos en los que los ciudadanos desempeñen sus actividades sin la presión permanente del tráfico. Estas calles o vías pertenecen a las categorías de las denominadas “**vías de estar**”, para diferenciarlas de aquellas en las que se da prioridad a la circulación de vehículos a motor, las “vías de pasar”. Las “**Zonas 30**” es el tipo de “**vías de estar**” que se implanta actualmente cuando se desea mejorar la movilidad peatonal, reducir el volumen circulatorio y la velocidad de los vehículos.

Los Jirones Salaverry, Orellana y Shapaja, el jirón Salaverry – intersección con los jirones Amorarca y Rafael Díaz hasta el jirón Shapaja – intersección con el Jirón Jiménez Pimentel, por sus características viales, urbanas y de jerarquía vial (normativa indicada por la municipalidad distrital), encaja en la definición de una vía de estar, en la cual se puede implementar medidas de tráfico calmado del tipo Zona 30.

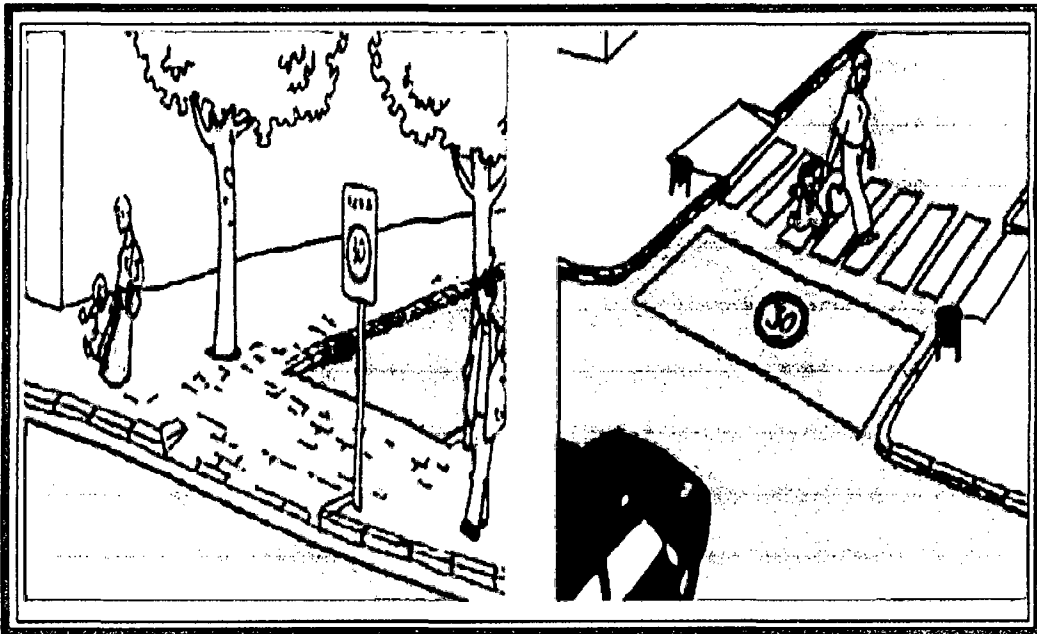
Las vías que conforman una zona 30 generalmente tienen intensidades de tráfico inferiores a los 5,000 veh/día. Por tanto, las vías de las zonas 30 deben caracterizarse por tener un tráfico básicamente de destino, es decir, que garantice el acceso a las viviendas y actividades terciarias situadas en ellas, limitándose el tráfico de paso.

Una zona 30 está delimitada mediante “puertas de entrada” y señalización específica, y en las que la velocidad máxima permitida es de 30km/h. La acera y la calzada vehicular están situadas a distinto nivel para dar mayor protección al peatón. Esta limitación de velocidad exige la implantación de elementos físicos que informen a los conductores de las características especiales de la zona, eviten la indisciplina vial e inviten a practicar una conducción adecuada a la velocidad planificada.

---

<sup>50</sup> Municipalidad Distrital de Magdalena del Mar, en su proyecto “Estudio de Tránsito y Seguridad Vial del Jirón Arequipa en el Distrito de Magdalena del Mar”, Perú, 2008.

**Gráfico N° 78:** Puertas de Entrada a Vías de Zona 30.

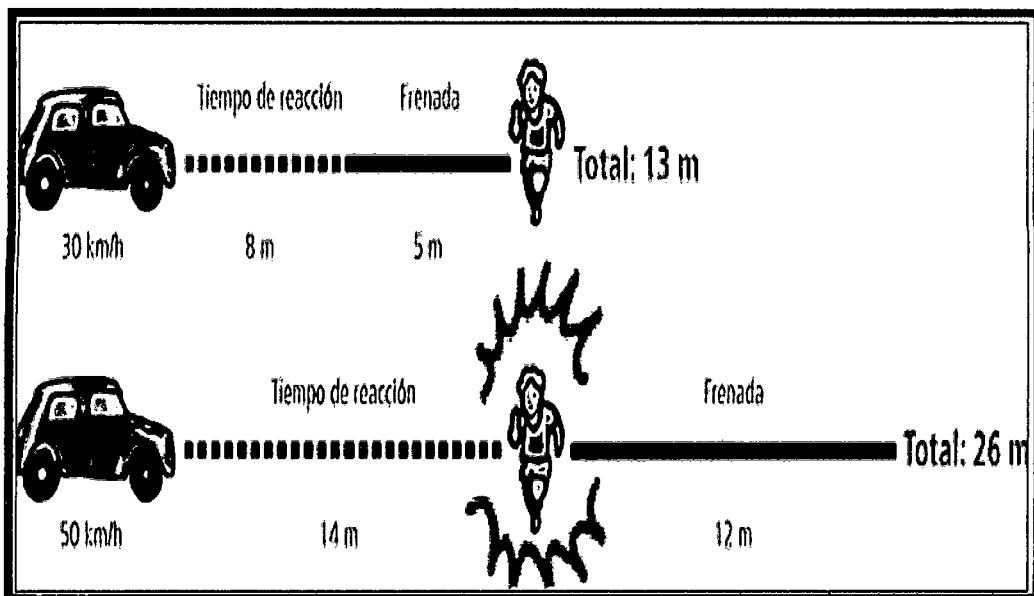


Fuente: RACC – Automóvil Club – “Criterios de Movilidad: Zonas 30”.

#### **b.- Incrementa la Seguridad Vial.**

La limitación de la velocidad máxima de circulación a 30km/h supone unas mejoras significativas en seguridad vial, reduciéndose, según lo indican estudios hechos en Inglaterra, cuando la velocidad máxima se reduce de 50km/h a 30km/h, disminuye en más de un 50% el número de accidentes, y en un 90% el de accidentes con muertos y heridos graves, esto debido a los tiempos de reacción y frenado de los conductores motorizados ante situaciones inesperadas. Sobre esto último hay que observar que el tiempo de reacción de un conductor es de aproximadamente 01 segundo y el tiempo de frenado es proporcional al cuadrado de la velocidad, es decir si la velocidad es de 60km/h el tiempo de frenado es 4 veces más que si fuera de 30km/h. Por ejemplo si un niño surge delante de un auto, que va a 30km/h, a 13mts aproximadamente del mismo, es posible que el vehículo pare totalmente antes de golpearlo, caso contrario sucedería si la velocidad fuese de 50km/h, en tal caso el conductor sólo tendría tiempo de reaccionar pero no frenar, atropellándolo inevitablemente, con presumibles consecuencias fatales.

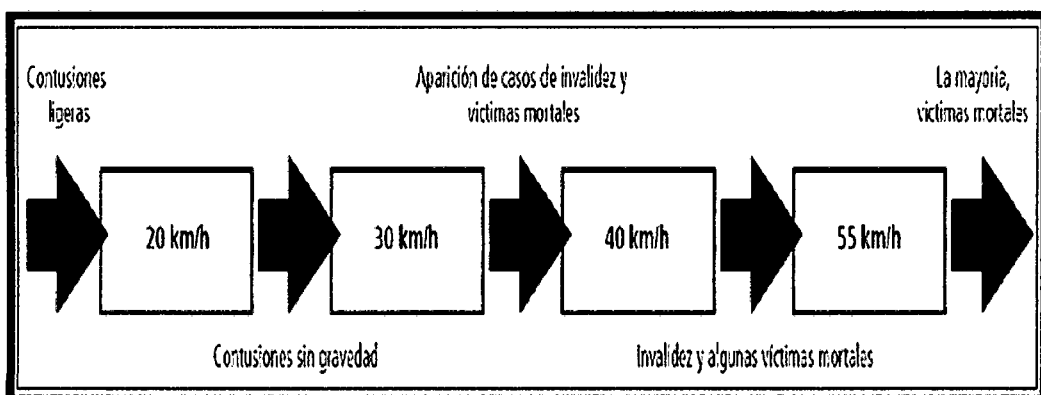
**Gráfico N° 79:** Relación de un Vehículo, tiempo de Reacción y distancia de frenado.



**Fuente:** RACC – Automóvil Club – “Criterios de Movilidad: Zonas 30”.

La gravedad de las consecuencias de los accidentes de tránsito crece en la medida que crezca la velocidad de circulación de los vehículos. Viendo la ilustración de abajo, podemos deducir que el jirón Salaverry, Orellana y Shapaja tiene riesgos de accidentes con víctimas mortales, toda vez que en ella se han registrado velocidades que superan los 55km/h.

**Gráfico N° 80:** Relación entre la velocidad de los vehículos y gravedad de los atropellos.

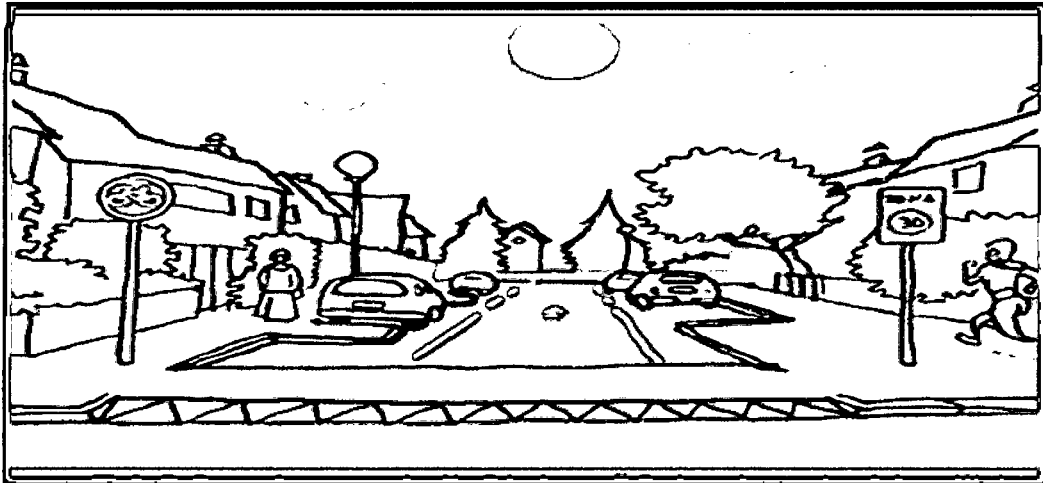


**Fuente:** Fuente: RACC – Automóvil Club – “Criterios de Movilidad: Zonas 30”.

### c.- Otras Características.

- ✓ Los vehículos pueden circular en las vías de zona 30 con el único impedimento de respetar la velocidad asignada. Igualmente se puede aparcar, a no ser que se tomen otras medidas adicionales.

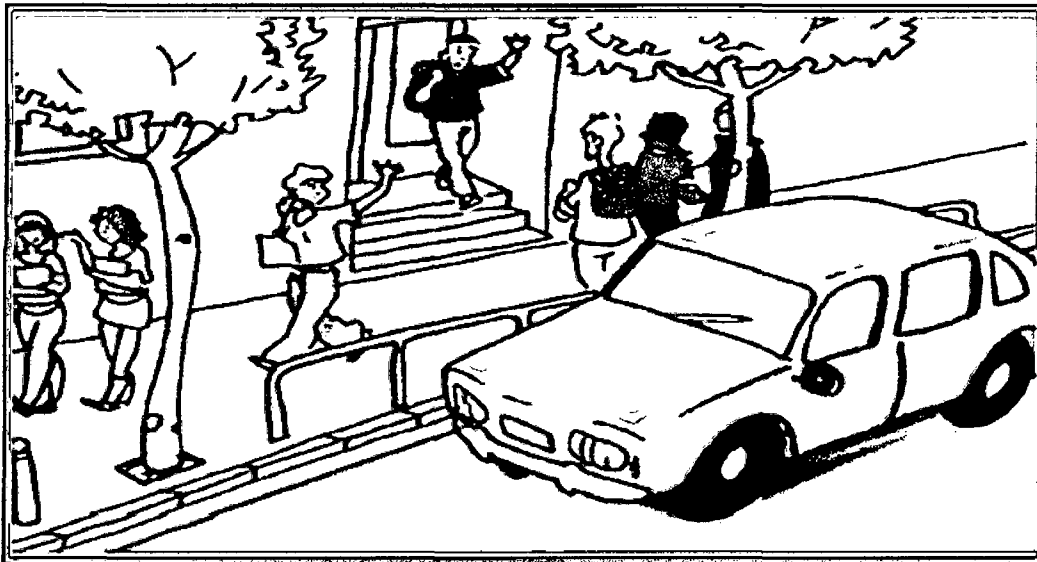
**Gráfico N° 81:** Aparcamiento en las zonas 30.



Fuente: RACC – Automóvil Club – “Criterios de Movilidad: Zonas 30”.

- ✓ En una zona 30 el conductor está obligado a ceder el paso al peatón, tanto normativa como físicamente por los elementos de reducción de velocidad implantados.
- ✓ Una velocidad reducida disminuye el estrés de los residentes, el barrio se vuelve más agradable y mejora su seguridad, más aún si se habilitan espacios de esparcimiento para los vecinos. Repercute también en la disminución del ruido (una velocidad regular, baja, sin aceleraciones bruscas, baja el nivel de ruido del vehículo automotor). Si circulan menos coches, la polución de la zona también disminuye de manera apreciable.
- ✓ La instalación de una zona 30 se acompaña muy a menudo del embellecimiento de las calles, la generación de espacios públicos y de encuentro de personas es frecuente.

**Gráfico N°82:** Mejora del entorno urbano colindante a vías de zona 30.



**Fuente:** RACC – Automóvil Club – “Criterios de Movilidad: Zonas 30”.

- ✓ No basta con situar señales de zona 30 para considerarla como aplicada, se tiene que tener el aspecto de calle tranquila sin incitar a la velocidad, siendo aplicable la ejecución de infraestructura en las entradas.
- ✓ Es usual la implantación el paso de peatones por medio de plataformas, isletas o medias calzadas, reduciendo la distancia de cruce de los mismos. Las plataformas generalmente tienen una altura de 10 a 15cm con una pendiente de 5% y un ancho de 10m, aunque estas dimensiones pueden cambiar de acuerdo a los requerimientos de la zona.
- ✓ Brindar de seguridad en las zonas escolares, bajo el principio de que “los niños están en todas partes”
- ✓ Asegurar la visibilidad entre vehículos y peatones en el momento en que estos últimos cruzan la calle. La eliminación de contenedores, arbustos, estacionamientos o cualquier otro elemento que limite la visibilidad debe ser eliminado. El mobiliario urbano debe estar dispuesto a 1.50m del borde de la vereda a fin de asegurar la adecuada visual del conductor hacia el peatón.

#### **5.1.3.2. Ventajas.**

Una velocidad reducida disminuye el estrés de los residentes, el barrio se vuelve más agradable y mejora su seguridad. Repercute también en la disminución del ruido: una velocidad regular, baja, sin aceleraciones bruscas,

baja el nivel del ruido del vehículo (motor, ruedas). Si circulan menos coches, la polución también disminuirá de manera apreciable.

La instalación de una ZONA 30 se acompaña muy a menudo del embellecimiento de las calles: plantación de árboles, por ejemplo.

### **5.1.3.3. Desventajas.**

Las medidas planteadas en las Zonas 30 afectan significativamente a los vehículos privados y a los peatones, pero también de un modo u otro, al resto de modos de transporte. El sistema de movilidad presenta un nivel de complejidad que necesariamente debe ser abordado mediante una óptica integrada capaz de contemplar las múltiples relaciones e incompatibilidades del conjunto.

## **5.2. La simulación computarizada y la seguridad vial orientadas a mejorar las facilidades de los peatones: El software PTV VISSIM.**

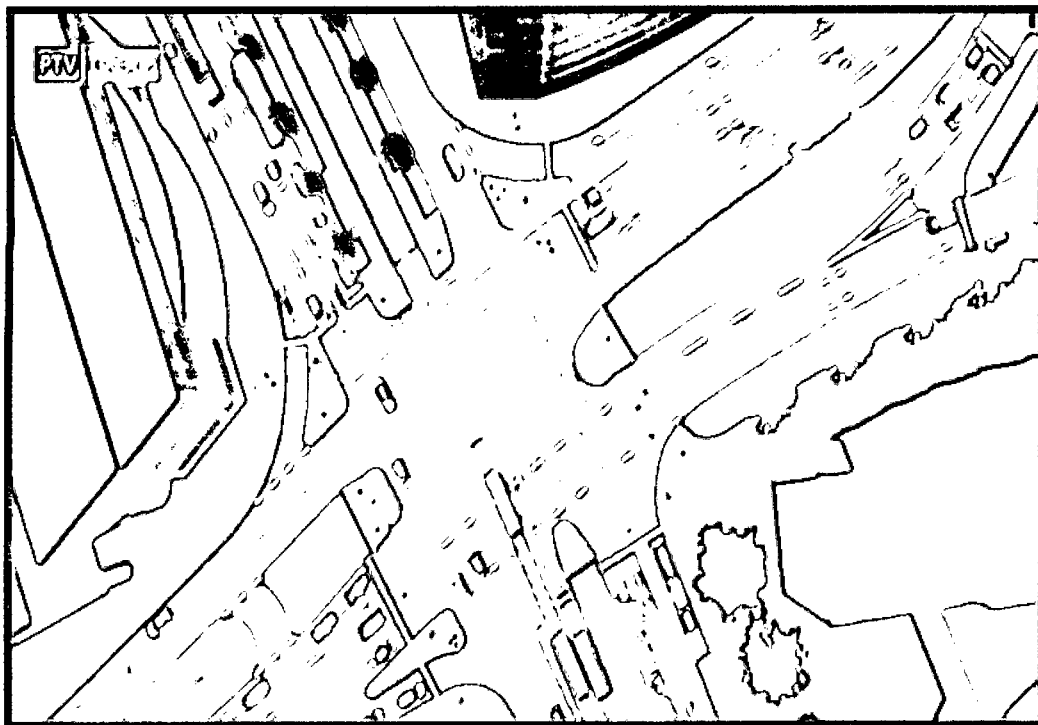
Para el desarrollo del proyecto presentado se utilizó el software PTV VISSIM para modelar la situación actual.

### **5.2.1. Introducción al Software.**

Este modelo se desarrolló en los inicios de los años 70 en la Universidad de Karlsruhe en Alemania; para 1973 se inicia la comercialización y distribución por parte de PTV América Inc. En 1995 se aplica en Norte América por primera vez en Eugene, Oregón, y en 1999 se realiza la actualización con el modelo de seguimiento de vehículos en autopista.

Vissim es un modelo de simulación microscópica de tránsito, basada en la forma conductual de los usuarios de la vía ante situaciones de tráfico vial. El software creado por la PTV (Planung Transport Verkehr AG), tiene una amplia aplicación para modelos de tráfico urbano y operación de transporte público.

**Gráfico N°83: PTV VISSIM: Estado del Arte de la Simulación Multi-Modal.**



**Fuente:** Manual PTV VISSIM 6.00.

### **5.2.2. Definición<sup>51</sup>.**

Vissim está basado en un modelo de microsimulación que se desarrolló para modelar el tránsito urbano y operaciones del transporte público, este programa puede analizar: configuración de carriles, composición del tránsito, semaforización; señal de PARE, etc. convirtiéndose así en una herramienta útil para la evaluación de varias alternativas basadas en el diseño y la planeación del tránsito y transporte.

### **5.2.3. Aplicación.**

Los resultados de VISSIM se utilizan en la definición de estrategias en el control de la semaforización para el manejo óptimo de vehículos, también para probar varias disposiciones y asignaciones de cruces complejos, lo mismo que para la ubicación de bahías de autobuses, la viabilidad de paradas complejas, la viabilidad de sitios de peaje, así mismo se encuentra que es para asignar carriles de mezclamiento, entre otros.

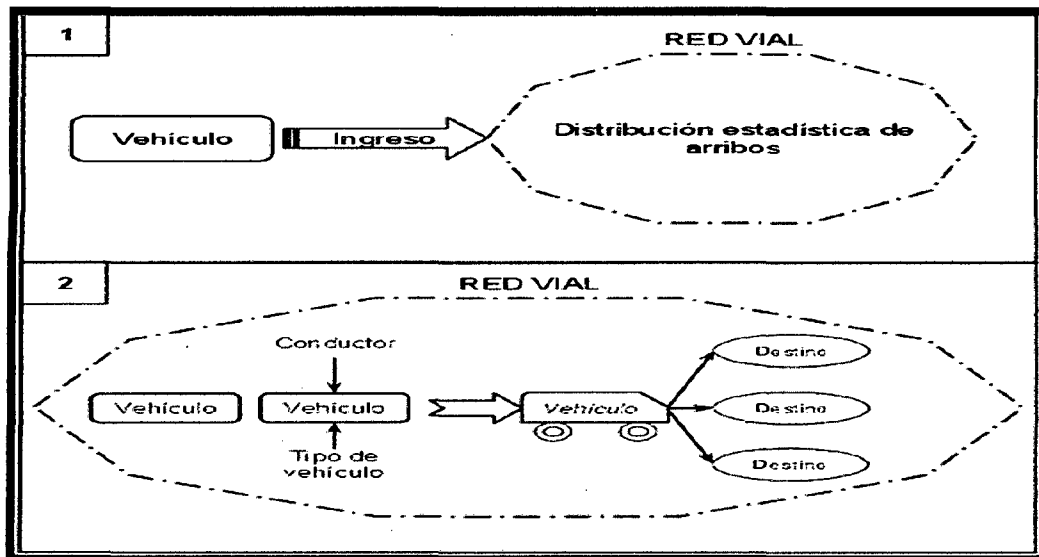
<sup>51</sup> Ketty Fontalvo Arrieta, en su estudio de tesis "MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR CON EL SOFTWARE PTV VISSIM TRAMO BOMBA EL GALLO- BOMBA EL AMPARO", Colombia ,2013.



VISSIM es un simulador multiusuario que se dirige al personal técnico responsable del control de la semaforización, operación de tránsito, planificación de ciudades e investigadores que requieran evaluar la influencia de tecnologías nuevas de control. El VISSIM es usado para simulación de tránsito y las necesidades del transporte público, esto incluye:

- ✓ Desarrollo, evaluación y ajuste de la lógica de las señales de prioridad.
- ✓ Puede usar varios tipos de lógica de semaforización. Además de la funcionalidad de la construcción de programación de tiempos fijos, hay semaforización accionada por el tránsito idéntica a los paquetes de software de semaforización instalados en el campo.
- ✓ En VISSIM algunos de ellos pueden ser incorporados, algunos se pueden añadir usando agregaciones y otros se pueden simular a través del generador externo del estado de la semaforización (VAP) que permite diseño de la lógica de control definida por la semaforización.
- ✓ Evaluación y optimización (interfaces para signal97/TEAPAC) de la operación del tránsito en una red con combinación de semáforos coordinados y actuados.
- ✓ Evaluar la viabilidad y el impacto de integrar trenes ligeros dentro de la red vial urbana.
- ✓ Es aplicado para el análisis de oscilación de velocidades bajas y áreas de mezclamiento.
- ✓ Permite la comparación fácil de alternativas que incluyen semaforización e desnivel.
- ✓ Análisis de operación y capacidad de estaciones de tren y sistemas de bus.
- ✓ Soluciones de tratamientos especiales para buses (Ej. Colas, longitud, carriles solo para bus)
- ✓ Con la incorporación de un modelo de asignación dinámica, VISSIM puede responder a un cambio de ruta dependiendo de cuestionamientos tales como es el impacto de las señales de mensaje variable o del posible tránsito dentro de los barrios vecinos para la red o para ciudades de tamaño mediano

**Gráfico N° 84:** Esquema representativo de la micro-simulación computarizada para el ingreso de vehículos a la red vial.



Fuente: Manual PTV VISSIM 6.00.

En la figura anterior en el estado N°1 el vehículo ingresa a red vial mediante una distribución estadística. En el estado N°2, dentro de la red vial, a los vehículos se les provee un tipo de vehículo, conductor y destino. Finalmente, se obtienen resultados de posicionamiento, velocidad y aceleración.

Debido a las características particulares de cada red vial asociada al modo circular, tipo de vehículos y conflictos, entre los diferentes agentes participantes de una vía, se debe de calibrar el software de micro simulación. Por otro lado, muchos de los paquetes computarizados de micro simulación dan opciones de exhibir los resultados mediante animaciones en tres dimensiones, lo cual es muy atractivo para los clientes. Sin embargo, es peligroso presentar simulaciones y darlas como válidas sin haber calibrado el software y sin conocer el marco teórico previo para realizar las modelaciones. Por ejemplo, indican Dextre y Cabrera (2010), las diferencias en calibración del 20% pueden conducir a diferencias de hasta el 50% para los resultados en situaciones futuras.

Finalmente, cabe señalar, con el fin de obtener resultados válidos y acordes a la realidad actual o futura del proyecto en evaluación se debe de iterar el proceso de análisis con el software (Dextre & Cabrera, Uso de las listas de chequeo y microsimulación para mejorar la seguridad de los usuarios vulnerables en zonas urbanas, 2010).

En la siguiente tabla daremos a conocer tres programas de computadora y nos evocaremos al programa *PTV - VISSIM* más adelante:

**Tabla N°22:** Comparación de modelos computarizados orientados mayormente a los peatones.

APLICACIÓN	SOFTWARE	EXPLICACIÓN	ANÁLISIS
Nuevo diseño geométrico	Sidra Intersection 5.1	Se busca crear un nuevo diseño a partir de los datos recomendados en la teoría.	Niveles de servicio en cada entrada.
Cambio de tipo de intersección	Synchro 8	Se hace el cambio de intersección a una tipo cruz y se prueba con varias opciones de diseño.	Niveles de servicio en cada entrada.
Micro-simulación	PTV Vissim 8.0	Se continúa usando la intersección tipo cruz y se prueba con varias opciones de diseño.	El comportamiento de los vehículos y el funcionamiento de la intersección a través de varias iteraciones.

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.2.4. Elementos De Entrada Del Modelo.

##### 5.2.4.1. Funciones De Aceleración Y Deceleración.

Vissim utiliza distribuciones estocásticas para las funciones de aceleración y deceleración las cuales dependen de la velocidad actual y representan los diferentes comportamientos en la conducción.

Para cada tipo de vehículo se asigna dos funciones de aceleración y otras dos para la deceleración; y se representan mediante gráficas. Cada gráfica

consiste de tres diferentes curvas que muestran los valores mínimos, medios y máximos de las funciones.

- **Aceleración Técnica:** Es la aceleración factible técnica para los vehículos. Es considerada sólo si una aceleración excede la aceleración deseada para mantenerla velocidad en pendientes. (Esta es la aceleración que garantizan las industrias de vehículos)
- **Aceleración deseada:** La que el conductor desea. Esta es usada para cualquier otra situación. (Medida de campo).
- **Deceleración Técnica:** Es la deceleración factible técnicamente para por los vehículos. Ésta es ajustada a pendientes por cada 1 m/s<sup>2</sup> para pendientes positivas y para pendientes negativas en - 1 m/s<sup>2</sup>. (Esta es la deceleración que garantizan las industrias de vehículos).
- **Deceleración deseada:** La que el conductor desea. Si esta es menor que la máxima deceleración técnica, entonces la deceleración deseada es usada como la máxima para la deceleración (Medida de campo).

#### 5.2.4.2. Distribuciones.

Algunos parámetros que se manejan en Vissim están representados por medio de distribuciones de naturaleza estocástica, los cuales permiten asemejarse más a las situaciones reales. Los siguientes son parámetros que corresponden a esta naturaleza:

- ✓ **Distribución de Velocidad:** Para cualquier tipo de vehículo, la distribución de la velocidad es un parámetro de gran influencia en la capacidad de las vías. Para alimentar el programa se debe tener en cuenta la velocidad deseada para cada tipo de vehículo, la cual se define, como la velocidad a la que un conductor desea viajar a flujo libre la cual puede tener pequeñas variaciones llamadas oscilaciones.
- ✓ **Distribución de Color:** Está distribución es sólo necesaria para la visualización de las gráficas, y no es un parámetro que afecte los resultados de la modelación.
- ✓ **Distribución de Modelo de Vehículos:** Está distribución modela los diferentes tipos de vehículos que se pueden encontrar en una red de acuerdo a las características de sus dimensiones, (longitud, distancia al eje

frontal, al eje trasero, 40etc.). Además se puede definir el porcentaje que cada tipo de vehículos conforma en su clase.

- ✓ **Distribución de Tiempos de Demora:** Estas distribuciones son usadas en Vissim para simular: parqueo, señales de pare, conteo en peajes, paradas de buses. Se puede ingresar mediante dos formas:
- ✓ **Distribución Normal:** Con una media y una desviación estándar.
- ✓ **Distribución Empírica:** Se definirá por medio de una gráfica similar a las distribuciones de velocidades donde se hallará un valor máximo y un mínimo y con puntos intermedios con los que se construirá la gráfica.

#### **5.2.4.3. Tipos de Vehículos.**

Se le denomina tipo a un grupo de vehículos con características técnicas y comportamiento de conducción similar, por defecto el Vissim presenta los siguientes tipos: autos, camiones, bus, bus articulado, trenes, bicicletas y peatones.

##### **5.2.4.3.1. Clases de Vehículos.**

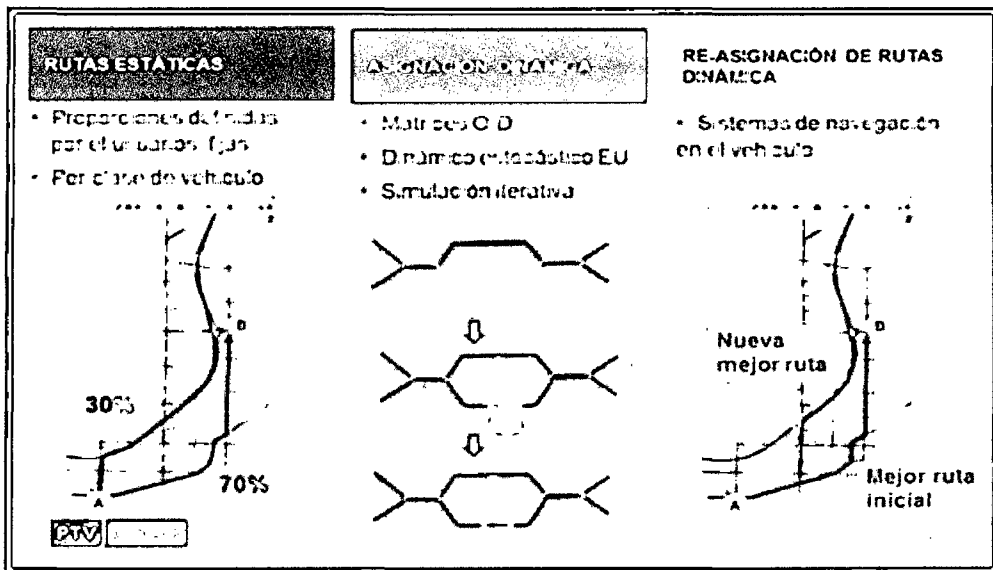
En este ítem se puede agrupar diferentes tipos de vehículos (creados previamente) que contengan ciertas características similares, para efectos de la investigación se dejarán establecidas las mismas clases que el programa trae por defecto las cuales son: Livianos, pesados, buses, trenes, peatones y bicicletas, además de crear la moto, ya que este vehículo representa un porcentaje considerable en la composición vehicular de la ciudad de Cartagena y hay que incluir los buses articulados, patrones y alimentadores, que harán parte del nuevo sistema de transporte masivo en esta ciudad.

#### **5.2.4.4. Comportamiento de Conducción.**

El comportamiento de los conductores se refleja en diferentes variables las cuales pueden ser: velocidades, distancias de seguridad, brechas, tiempos de reacción e inclusive dependen de las características físicas de los vehículos y del tipo de conductor (anciano, joven, mujer, etc.).

## Gráfico N° 85: Modelos de comportamiento estratégico – Elección de ruta.

Fuente: Manual PTV VISSIM 6.00.



En

Vissim se modela el comportamiento del conductor en cuatro fases las cuales son:

1. Seguimiento de Vehículo.
2. Cambio de Carril.
3. Movimiento lateral.
4. Control por semaforización.

Cada una de estas fases está compuesta por diferentes parámetros los cuales afectan directamente la interacción de los vehículos y por lo tanto pueden causar diferencias substanciales en los resultados de la simulación. El Vissim asigna un comportamiento de conducción a cada arco por medio del tipo de arco, por lo tanto existe para cada clase de vehículo diferentes parámetros de comportamiento de conducción.

### 5.2.4.5. Calibración del modelo al ambiente local.

Distribuciones estocásticas de velocidad y umbrales de espacio, replican características individuales de comportamiento del conductor. El modelo se debe calibrar a través de mediciones de campo periódicas y la actualización constante de los parámetros del modelo, para asegurar que se tengan en cuenta modificaciones tanto en el comportamiento de los conductores como mejoras de vehículos. El simulador de tráfico de VISSIM no solo habilita a los conductores para que consideren varios vehículos precedentes en calzadas con múltiples carriles, sino también aquellos vehículos que viajan sobre

carriles adyacentes. Adicionalmente la aproximación a un semáforo hace que los conductores se pongan en alerta máxima a una distancia de 100 m de la línea de pare.

VISSIM simula flujo de tráfico de unidades-vehículo-conductor moviéndose a través de la red. A cada conductor con sus características propias de comportamiento se le asigna un vehículo específico. El comportamiento del conductor coordina con las posibilidades técnicas del vehículo.

Comportamiento de conducción Tanto los modelos de seguimiento como de cambio de carril en VISSIM, emplean un rango extenso de parámetros. Algunos de estos pueden ser adaptados para cambiar el comportamiento de conducción básico.

Se puede definir para cada clase de vehículo una serie diferente de parámetros de comportamiento de conducción e incluso dentro del mismo tipo de vehículo.

El modelo de **seguimiento de Wiedemann** está basado puramente en la percepción y reacción de los conductores en las diferentes situaciones de tráfico. Dentro del modelo de simulación cada conductor está relacionado con su propio vehículo, es decir, está modelado separadamente. El modelo representa la percepción humana de vehículos influenciando sus propios movimientos principalmente la percepción de distancias como también las diferencias de velocidad. Éste modela como los conductores humanos reaccionan a una situación percibida cambiando su propio comportamiento de conducción. El modelo de Wiedemann, está basado en mediciones e investigaciones de la conducción humana. A continuación se describen brevemente estos parámetros:

- **Área de conducción libre:** No se puede observar ninguna interacción con el vehículo delantero. No hay influencia de vehículos observables que preceden. En este modo, el conductor busca alcanzar y mantener cierta velocidad, es decir, su velocidad deseada individual. En la realidad de la conducción a flujo libre, la velocidad no se puede mantener constante pero oscila alrededor de la velocidad deseada a raíz del control imperfecto del acelerador.

- **Área de aproximación:** Es el proceso durante el cual el conductor trata de adaptar su velocidad a la velocidad más baja del vehículo del vehículo delantero. Durante la aproximación, un conductor desacelera a tal grado hasta que la diferencia de velocidades de ambos vehículos es cero justo en el momento en el que él alcanza su distancia de seguridad deseada.
  
- **Área de seguimiento:** el conductor sigue a su vehículo antecesor sin ningún rasgo de aceleración o desaceleración consiente. El mantiene su distancia de seguridad deseada más o menos constante pero de nuevo, a raíz del control imperfecto del acelerador y la estimación, la diferencia de velocidad oscila alrededor de cero.
  
- **Área de frenado o desaceleración:** La aplicación de una desaceleración de media a alta, califica si la distancia cae por debajo de la distancia de seguridad deseada. Esto puede suceder si el vehículo que precede cambia de velocidad abruptamente o si un tercer vehículo cambia de carril en frente del conductor observado.
  
- **Conducción influenciada conscientemente:** El conductor nota que se acerca al vehículo que precede y disminuye su velocidad. El valor absoluto de su desaceleración se adapta a la situación actual y a su distancia deseada.
  
- **Conducción influenciada inconscientemente:** En este estado, la diferencia de velocidad es tan pequeña, que ésta no es percibida. El conductor intenta seguir al vehículo precedente. En caso de que la distancia del vehículo alcance un umbral de percepción, entonces el conductor intentará de nuevo acomodar su velocidad. A través de esto se forman en ésta área ondas típicas de distancia. Para calibrar el modelo se realizaron mediciones en campo basadas en procedimientos preestablecidos para determinación de demoras, colas y otros parámetros que sirvieran como condiciones de frontera, para con estos variar los diferentes parámetros de comportamiento de las unidades vehículo-conductor, en lo que se conoce como comportamiento de seguimiento del vehículo.

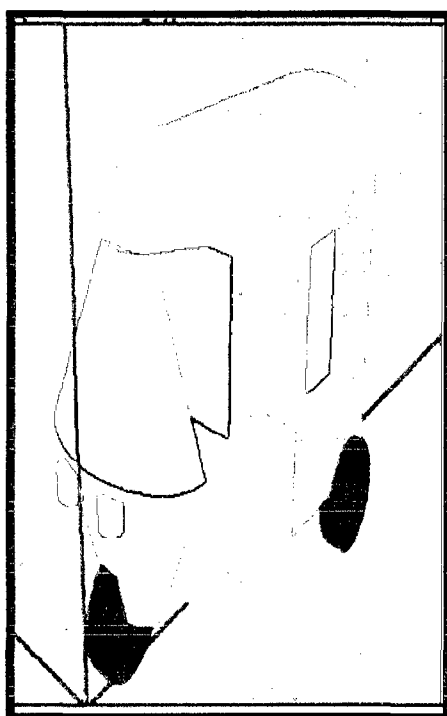


## 5.2.5. Parámetros y consideraciones en la construcción del modelo.

### 5.2.5.1. Construcciones en 3D.

La construcción del modelo de microsimulación de los Jirones ha requerido que se desarrollen construcciones en 3D de vehículos que no se encuentran incluidos por defecto en el software. El vehículo recreado para esta simulación fue el mototaxi, el cual tiene los siguientes detalles técnicos en 3D.

**Gráfico N° 86:** Detalles Técnicos del Mototaxi en animaciones en 3D.



#### Mototaxi.

Longitud	: 2.6 m
Ancho	: 1.4 m
Distancia del eje delantero:	0.3 m
Distancia del eje Posterior :	2.2 m

**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.2.5.2. Velocidades.

Se asignaron dos tipos de rangos de velocidades, la primera directamente al vehículo, de acuerdo a su comportamiento en flujo libre, pero en zona urbana, y la segunda dirigida a la vía y de acuerdo a lo observado en campo. En este último caso la vía tratada fue el Jirón Orellana, de la cual se tiene la información completa.

Las velocidades para los vehículos en el Jirón Orellana se muestran seguidos.

**Tabla N° 23:** Tabla de Velocidades Asignadas en el Modelo de Microsimulación.

Vehículos	Velocidades a flujo Libre (km/h)	Velocidades en el Jr. Orellana (km/h)		
		Cuadra 3	Cuadra 5	Cuadra 8
<b>Auto</b>	30 - 70	18 - 36	23 - 60	30 - 60
<b>Mototaxi</b>	15 - 50	30 - 36	30 - 60	26 - 60
<b>Motolineal</b>	30 - 60	30 - 40	30 - 50	30 - 80
<b>Camión</b>	30 - 60	-	-	-
<b>peatón</b>	4 - 5	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Las velocidades de la Tabla N° 17 corresponden a la del escenario base, mientras que para el **escenario con propuesta la velocidad en los Jirones: Salaverry, Orellana y Shapaja** fue asignada de manera global en el rango de 25 a 32 km/h, por el carácter de Zona 30 que se pretende dar (se asume un máximo de 32km/h dado que pueden existir situaciones donde el vehículo alcance esas velocidades).

Igualmente las velocidades de los giros del flujo vehicular han sido asignadas al modelo de acuerdo a lo tomado en campo para cada una de las intersecciones. Estas velocidades han sido consideradas validas tanto para el escenario base como para el propuesto.

**Tabla N° 24:** Velocidades de los vehículos en los giros de las intersecciones de los jirones Salaverry y Orellana.

Rango	Velocidad Intersección 1 (km/h)	Velocidad Intersección 2 (km/h)
<b>Mínimo</b>	10	8
<b>Máximo</b>	41	37

Fuente: Elaboración propia.

### **Prioridades de Paso.**

Actualmente si hay una definición de las reglas de prioridad de paso en las intersecciones de los Jirones: Salaverry, Rafael Díaz y Amorarca; Orellana y Alfonso Ugarte, teniendo todos los flujos de las aproximaciones la misma posibilidad de cruce en el momento que indique el semáforo.

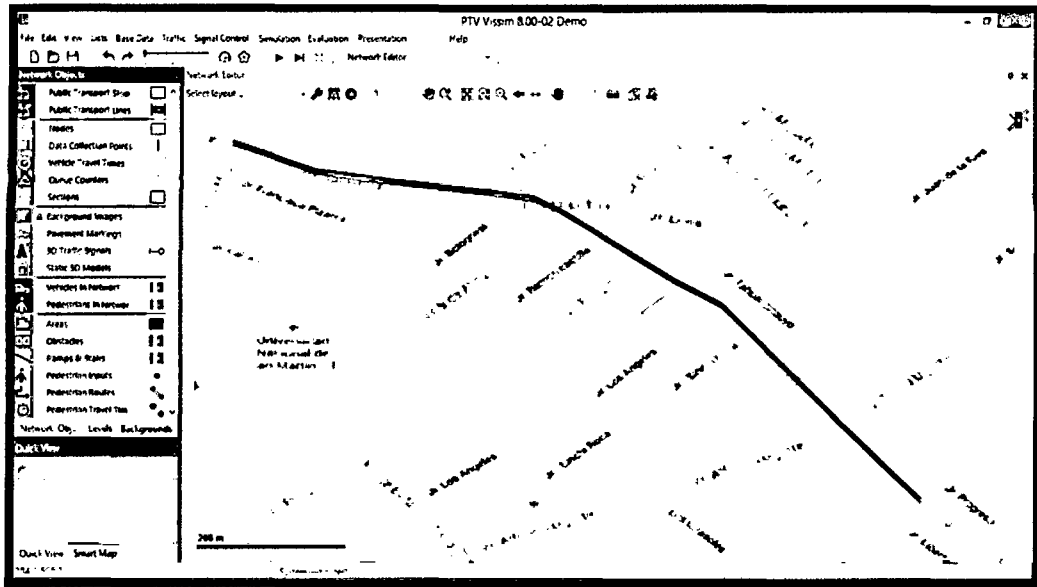
### **Flujo Vehicular en los jirones Salaverry, Orellana y Shapaja.**

Ante una reducción de la velocidad de los jirones Salaverry, Orellana y Shapaja, iniciando desde el jirón Salaverry – intersección con el jirón Geiden Vela hasta el jirón Jiménez Pimentel – intersección con el jirón Shapaja, las posibilidades de que la vía sea dejada de usar como “atajo” por vehículos de paso es muy alta, pasando a ser usada principalmente por los vehículos de las personas que residen o quieren llegar a las propiedades del jirón (comportamiento de una “vía de estar”). En base a esto se ha considerado que de manera conservadora el flujo vehicular en los jirones Salaverry, Orellana y Shapaja se verá reducido en un 50%, pudiendo en la práctica ser la reducción mucho mayor.

### **5.2.6. Creación y modelación de la red vial en el software PTV VISSIM.**

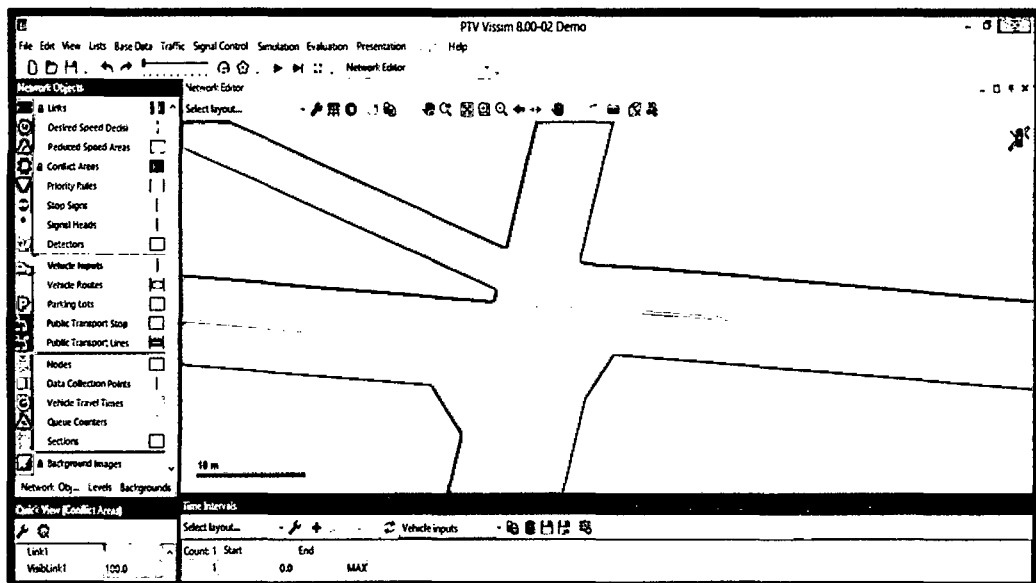
Para la realización de la modelación vial con el software PTV VISSIM se procede al análisis de todos los estudios de tránsito y del análisis de los aforos para luego introducir estos datos al programa para que este refleje las condiciones del área de estudio. Los pasos son los siguientes:

**Gráfico N° 87:** Background o imagen de fondo, sobre la cual se va a cargar la red del área de estudio.



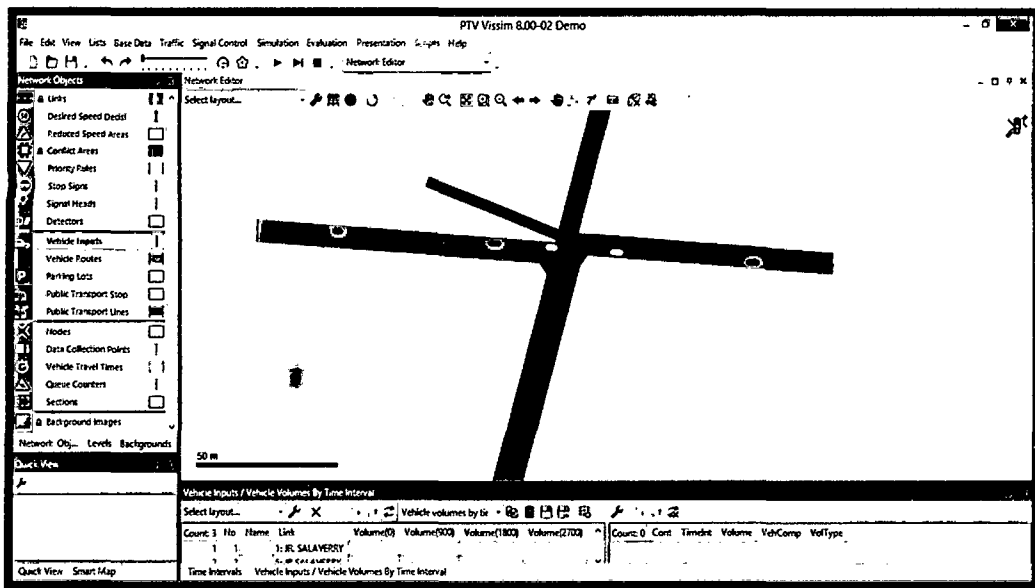
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N° 88:** Background o imagen de fondo, sobre la cual se va a cargar la red del área de estudio Jirón Amorarca – Intersección con el Jirón Salaverry – Intersección con el Jirón Rafael Díaz. Área de conflicto.



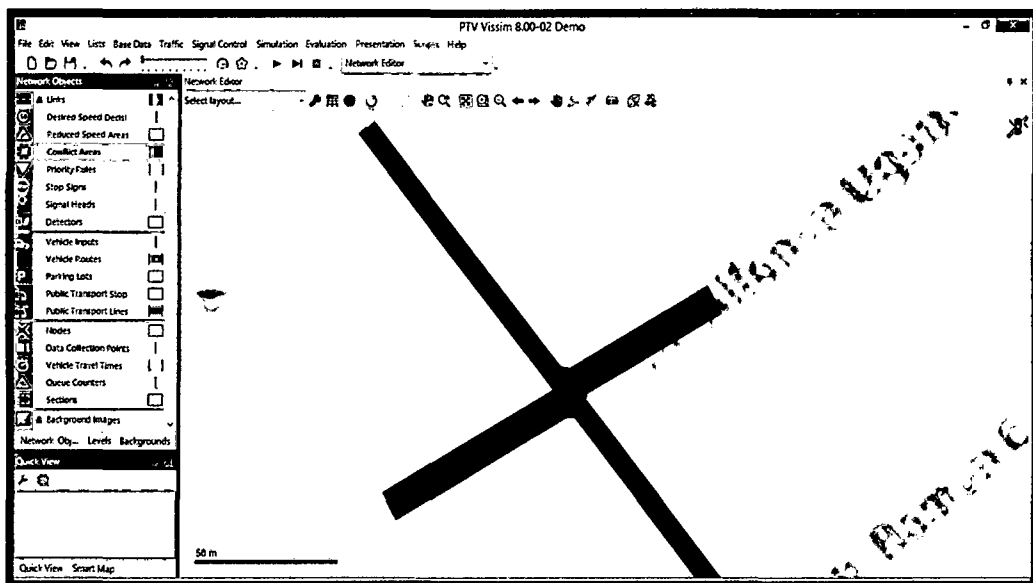
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N° 89:** Background o imagen de fondo, con el sentido de vía principal del Jirón Salaverry.



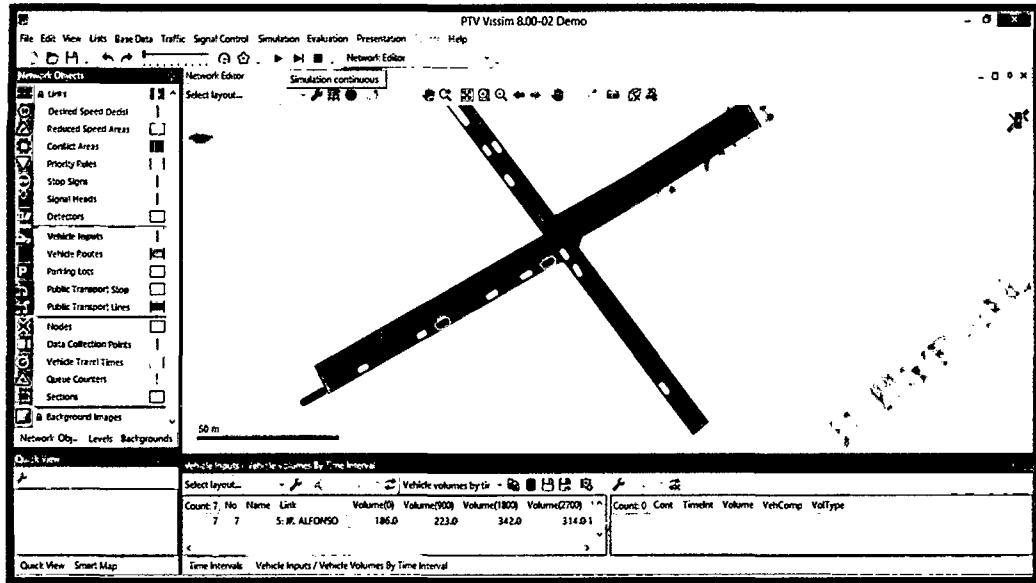
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N° 90:** Background o imagen de fondo, áreas en conflicto en Jirón Orellana – Intersección con el Jirón Alfonso Ugarte (Demostración sin semáforo).



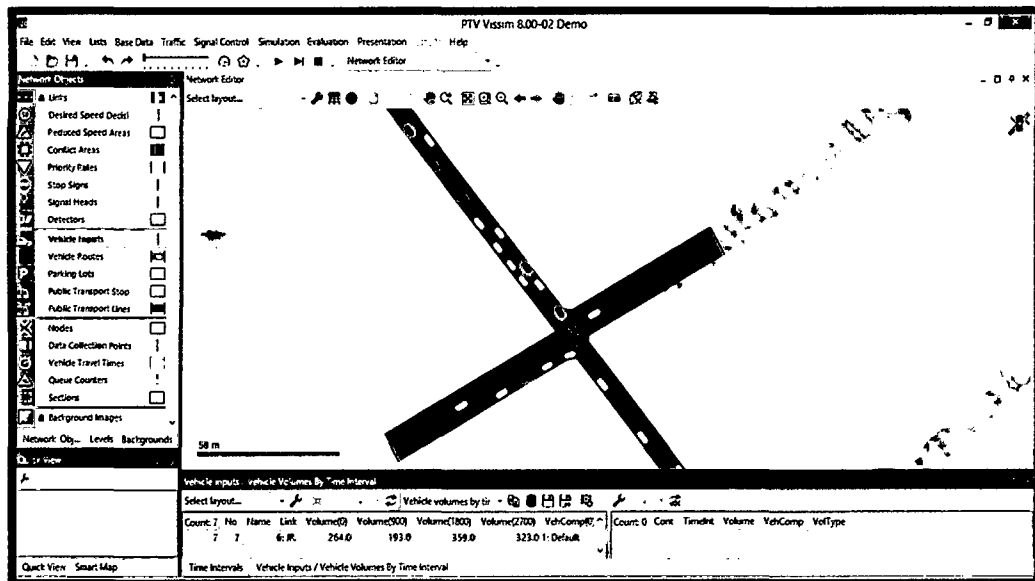
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N°91:** Background o imagen de fondo, sobre la cual se va a cargar la red del área de estudio Jirón Orellana – Intersección con el Jirón Alfonso Ugarte (Demostración sin semáforo).



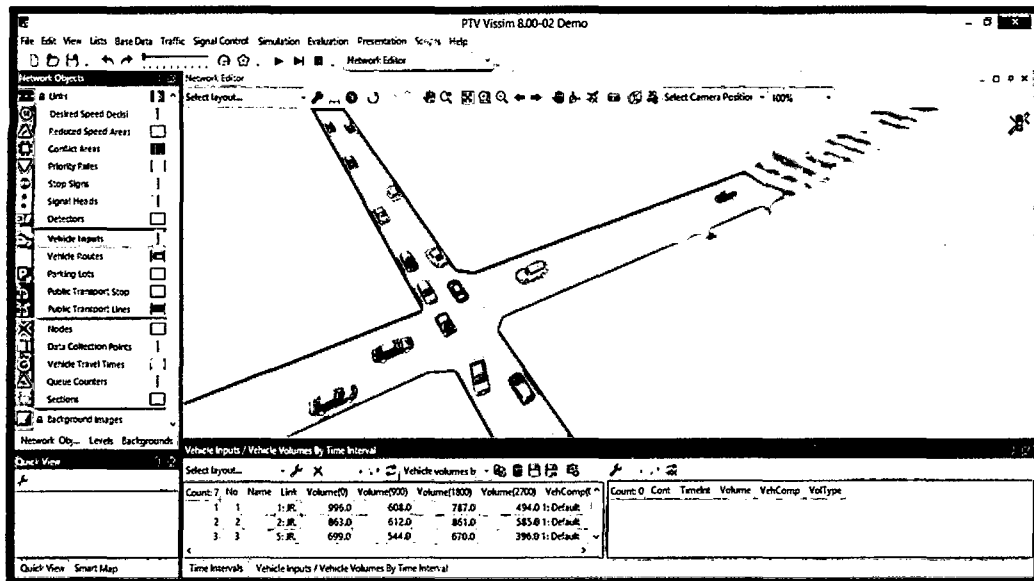
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N° 92:** Background o imagen donde podemos notar las colas que se generan cuando falla el semáforo ubicado en Jirón Orellana – Intersección con el Jirón Alfonso Ugarte.



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N° 93:** Background o imagen donde podemos notar el caos que genera cuando falla el semáforo ubicado en Jirón Orellana – Intersección con el Jirón Alfonso Ugarte.



Fuente: Elaboración propia.

Para realizar la simulación de la situación actual para las 2 intersecciones con el software PTV VISSIM, se requirió de ciertos datos, entre estos estuvieron aforos vehiculares, composiciones vehiculares, programación de los semáforos y velocidades para cada tipo de vehículo. Además para que el área de estudio reflejara las condiciones del tráfico de la ciudad de Tarapoto, se tuvieron que calibrar ciertos parámetros del comportamiento del conductor.

Los parámetros que se evaluaron para obtener los resultados de esta simulación fueron:

**Tabla N° 25: Parámetros evaluados por PTV VISSIM**

<b>Parámetros</b>	<b>Significado</b>
<b>Node</b>	Numero de nodos
<b>Movement</b>	Movimiento
<b>maxqueue</b>	Longitud máxima de cola
<b>avequeue</b>	Promedio de las longitudes de cola
<b>Delay(all)</b>	Demora por vehículo
<b>Delay(10)</b>	Demora de carro
<b>Delay(70)</b>	Demora moto
<b>Delay(30)</b>	Demora bus
<b>Delay(20)</b>	Demora camión

Fuente: Elaboración Propia.

### **5.2.7. Análisis de resultados**

El análisis de los resultados para la situación actual, nos permitió conocer los problemas de tráfico que se presentan y se presentarán si no se toman medidas preventivas para el óptimo manejo del tráfico en el área estudiada. Para el análisis de resultados se tuvieron en cuenta ciertos parámetros arrojados por el software como máxima longitudes de cola, longitudes de cola promedio, demoras. Además con base en estos resultados se realizó en **VISSIM** una alternativa de solución, la cual nos permitió dar algunas recomendaciones y conclusiones para visualizar y mejorar el problema que se supuso al principio de la investigación.

## **5.3. Verificación de la hipótesis.**

### **5.3.1. Hipótesis.**

El "Estudio, análisis y propuesta de solución al Congestionamiento Vehicular en los Jirones Salaverry, Orellana y Shapaja, iniciando en el jirón Salaverry – intersección con el jirón Geiden Vela hasta el jirón Shapaja – intersección con el jirón Jiménez Pimentel de la Ciudad de Tarapoto, distrito de Morales y Tarapoto, Provincia y Región San Martín", servirá de base para la elaboración de un estudio Técnico.

### **5.3.2. Verificación de la Hipótesis.**

Revisando la información, los pronósticos y cálculos realizados en el estudio de tráfico de la presente investigación, como es el caso del congestionamiento



vehicular en los jirones Salaverry, Orellana y Shapaja; iniciando en el jirón Salaverry – intersección con el jirón Geiden Vela hasta el jirón Shapaja – intersección con el jirón Jiménez Pimentel de la Ciudad de Tarapoto, distrito de Morales y Tarapoto, Provincia y Región San Martín. Podemos concluir que definitivamente se descongestionaría el tránsito vehicular en los jirones anteriormente mencionados.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 6.1. Conclusiones.

- ✓ El problema principal abordado en el presente estudio es el congestionamiento vehicular que presenta los jirones Salaverry, Orellana y Shapaja, iniciando en el jirón Salaverry – intersección con el jirón Geiden Vela hasta jirón Shapaja – intersección con el Jirón Jiménez Pimentel.
- ✓ Al analizar y estudiar las causas de congestión vehicular ya se puede tener una idea para identificar las horas pico (06:45 – 07:45; 12:30 – 13:30; 18:30 – 19:30), en la cual la congestión vehicular es visiblemente mayor en sus dos intersecciones de los jirones Salaverry – intersección con los jirones Amorarca y Rafael Díaz; jirón Orellana – intersección con el Jirón Alfonso Ugarte.
- ✓ Después del estudio de todas las causas que aportan al problema del tránsito, se puede concretar que la más importante y por ende la que aporta a mayorizar la problemática, es el tráfico vehicular y peatonal que atraen las instituciones públicas y privadas que están ubicadas dentro de la zona de estudio.
- ✓ Al realizar el aforo vehicular y posteriormente evaluarlo, se identifica las intersecciones de las calles con mayor congestionamiento vehicular en las horas pico del estudio, mismas que operan con niveles de servicio muy críticos iguales o mayores a “D” (En los jirones Salaverry – intersección con los jirones Amorarca y Rafael Díaz; jirón Orellana – intersección con el Jirón Alfonso Ugarte).
- ✓ La construcción del ovalo en el jirón Salaverry – intersección con los jirones Amorarca y Rafael Díaz, permitirá un correcto flujo vehicular, de tal manera se puede mejorar el nivel de servicio y funcionamiento de la intersección.
- ✓ Los puentes peatonales son infraestructuras que suprimen el conflicto peatón/vehículo, pero sancionan más a los peatones que a los vehículos, debido a que incrementan el tiempo de cruce. Además, en la mayoría de casos, son excluyentes para los peatones de la tercera edad, para los que transitan en silla de ruedas o discapacitados.
- ✓ Los diseños, enfocados a la movilidad, representan políticas que protegen al peatón, discapacitados y ciclistas como es el caso de la implementación de las Zonas 30.
- ✓ El programa de micro-simulación (PTV Vissim 8), nos permitió analizar de forma detallada el comportamiento de los vehículos a través de varias simulaciones, cada vez una mejor que la anterior por el análisis que se le pudo dar.

- ✓ El empleo del software de simulación microscópica deben realizarse para situaciones caóticas y siempre y cuando se conozca la base teórica necesaria.

## **6.2. Recomendaciones.**

- ✓ Reducir la velocidad de circulación vehicular, por medio de señalización y adecuación de la geometría vial.

La velocidad en los jirones Salaverry, Orellana y Shapaja, iniciando en el jirón Salaverry – intersección con los jirones Rafael Díaz y Amorarca, hasta jirón Shapaja – intersección con el Jirón Jiménez Pimentel será reducida a 30 km/hora, por medio de la aplicación de medidas de tráfico calmado (Zonas 30), devolviendo esta vía al uso de los residentes locales. Con esto la vía cumplirá el carácter local que le ha sido asignada, reduciendo al mínimo la circulación de vehículos de paso.

- ✓ Reducir al mínimo las áreas de conflicto de las intersecciones. Para ello las secciones viales serán uniformizadas y reducidas a lo estrictamente requerido. Este accionar eliminará los espacios muertos y generará mayores espacios para los peatones, del mismo modo reducirá la distancia de cruce (distancia de caminata vulnerable del peatón).
- ✓ Igualmente como recomendación general se debe insistir en una planificación de un mantenimiento rutinario de las vías, especialmente en lo que se refiere a la limpieza del drenaje, y al control de la superficie o capa de rodadura.
- ✓ Brindar una mayor o adicional iluminación en las intersecciones, con el fin de que los conductores identifiquen claramente cuando los peatones desean cruzar o están cruzando la calzada.
- ✓ Captura de datos relevantes con el fin de poder escoger y orientar la mejor política vial a seguir, debido a que los parámetros, para el dimensionamiento de intersecciones, veredas de aproximación, infraestructura y facilidades para discapacitados y peatones requieren del conocimiento de un gran número de datos.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

### 7.1. Referencias bibliográficas.

- AGUILAR ALDAÑO LUIS ROLANDO, “Criterios de ingeniería de tránsito para el diseño de la intersección del bulevar a la colonia Lourdes y la calzada la paz”, Trabajo de Graduación, Guatemala, 2005.
- BULL COMPILADOR ALBERTO, “Congestión de tránsito, el problema y cómo enfrentarlo, Santiago de Chile, 2003.
- CAMARGO TRIANA WILLIAM FERNANDO, “Manual y diseño para la administración del tránsito y transporte”, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Segunda Edición, Colombia, 2005.
- CÁRDENAS J. (2002). Diseño Geométrico de carreteras. (1ª. Edición). Bogotá, Colombia: ECOE. EDICIONES.
- CERQUERA ESCOBAR FLOR ÁNGELA, “Capacidad y Niveles de Servicio de la infraestructura vial”, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, Tunja – Colombia, 2007.
- CHOCONTÁ, P. (2004). Diseño Geométrico de vías. (2ª. Edición). Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- CRITERIOS DE MOVILIDAD: Zonas 30 – Una Herramienta de Pacificación del Tráfico en la Ciudad - RACC – Automóvil Club.
- GARCÍA IDÁRRAGA ADRIAN JIMENA, SUÁREZ IDÁRRAGA LINA MARÍA, en su estudio de tesis “Estudio del uso de los puentes peatonales avenida del Ferrocarril, avenida 30 de agosto y avenida las Américas Municipio de Pereira (risaralda)”, Colombia, 2002.
- GÓMEZ JOHNSON RONALD CESAR, “Texto guía de ingeniería de tráfico”, Universidad Mayor de San Simón Facultad de Ciencias y Tecnología Carrera de Ingeniería Civil, Cochabamba – Bolivia, 2004.
- GUAMÁN MOROCHO JUAN GABRIEL, en su estudio de tesis “ETRANLOJA: Estudio y análisis de soluciones al congestionamiento vehicular en el centro histórico de la ciudad de Loja”, Ecuador, 2012.
- GUZMÁN BALCAZAR JESÚS ARTURO, en su estudio de tesis “Rediseño del Ovalo el Narajal”, Perú, 2015.

- LÓPEZ ERICK, ET AL, ALARCÓN BERMÚDEZ RAÚL, “Congestión vehicular de tránsito”, Universidad cooperativa de Colombia, Villacencio Meta – Colombia, 2012.
- MENDOZA VIDAL CESAR AUGUSTO, “La congestión del tránsito urbano en Tarapoto, causas, consecuencias y alternativas de solución”, Informe de Ingeniería, 2004.
- MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MAGDALENA DEL MAR, en su proyecto “Estudio de Tránsito y Seguridad Vial del Jirón Arequipa en el Distrito de Magdalena del Mar”, Perú, 2008.
- NAVARRO UDIEL SERGIO, “Apuntes de ingeniería de tránsito”, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI - Norte), Nicaragua, 2010.
- REPORTE 572 y 672 de la NCHRP y de Design Manual for Roads and Bridges (The Highways Agency – 2007).
- TAPIA ARANDIA JUAN GABRIEL, VEIZAGA BALTA ROMEL DANIEL, “Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico, trabajo dirigido, por adscripción, presentado para optar al diploma académico de licenciatura en ingeniería civil, Cochabamba – Bolivia, 2006.
- THOMSON IAN, BULL COMPILADOR ALBERTO, La congestión del tránsito urbano: Causas, consecuencias económicas; (Desarrollado por la Unidad de Transporte de la División de Recursos Naturales e Infraestructura de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe), Revista de la Cepal -76, 2002.
- FONTALVO ARRIETA KETTY, en su estudio de tesis “Modelación del tránsito vehicular con el software PTV VISSIM tramo bomba el gallo-bomba el Amparo”, Colombia ,2013.

## 7.2. Linkografía.

- [www.civilgeeks.com](http://www.civilgeeks.com)
- [www.slidershare.net](http://www.slidershare.net)